



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



RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 166
ENERO - MARZO
2016

ISSN 1130-7102
Revista Trimestral

Entrevista con
Saki Aciman
Fundación CETMO

RUTAS TÉCNICA

¡Decelerando antes de la curva!

La explotación de las infraestructuras
viarias del Estado.

Ejecución de los trabajos de estabilidad
en terraplén del PK 167 de la autovía A-8
en Liendo (Cantabria).

Tendencias en el alumbrado de túneles de
carretera.

RUTAS DIVULGACIÓN

Iberoamerica unida por la seguridad vial

CULTURA Y CARRETERA

Música y Carretera



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 **91 337 60 00** o en cepsa.com/asfaltos



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.

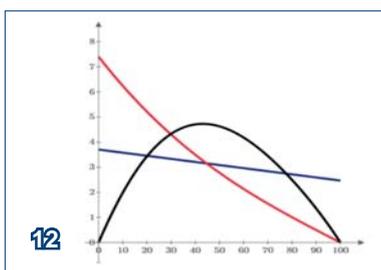


Tribuna Abierta

- 3 La mala praxis en ingeniería de tráfico y seguridad viaria**
Luis M. Xumini

Entrevista

- 6 Saki Aciman**
Presidente de la Fundación CETMO



Rutas Técnica

- 12 ¡Decelerando antes de la curva!**
Decelerating Before Reaching the Road Curve!
Sandro Rocci
- 21 La explotación de las infraestructuras viarias del Estado**
Road Network Operations of the Spanish State
Justo Borrajo Sebastián
- 28 Ejecución de los trabajos de estabilidad en terraplén del PK 167 de la autovía A-8 en Liendo (Cantabria)**
Execution of Embankment Stabilization Works in Highway A-8 (km 167) in Liendo (Cantabria)
Felipe Collazos Arias
- 38 Tendencias en el alumbrado de túneles de carretera**
Trends in Road Tunnels Lighting
Juan Manuel Sanz Sacristán



Rutas Divulgación

- 48 Iberoamerica unida por la seguridad vial**
Martín Diego Pirola

Cultura y Carretera

- 52 Música y Carretera**
Diego Valdivia



Noticias ATC

- 54 XIV Jornadas Conservación de Carreteras**
- 56 La difusión de legislación y normativa española sobre carreteras**

ATC

- 58 Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras**
- 59 Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras**
- 60 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 de estrategia:

Sandro Rocci Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid (España)

Vocales:

José Alba García	Presidente de Arcs Estudios y Servicios Técnicos (España)
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 Universidad Politécnica de Valencia (España)
Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez	Dirección General de Carreteras, M. Fomento (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Carlos Oteo Mazo	Catedrático de Ingeniería del Terreno de la Universidad de la Coruña (España)
Hernán Otoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

Comité de Revisores Técnico-Científicos. Presidentes de Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Túneles de Carreteras
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Conservación y Gestión
Luis Azcue Rodríguez	Vialidad Invernal
Gerardo Gavilanes Ginerés	Financiación
Álvaro Navareño Rojo	Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	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:

Gráficas ARIES

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



N° 166 ENERO - MARZO 2016

RUTAS
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

©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.



La mala praxis en ingeniería de tráfico y seguridad viaria

No hay que ser erudito para comprender que las infraestructuras viarias y la administración del tráfico resultan muy determinantes para la seguridad y la funcionalidad de un sistema de transporte tecnológico y complejo que presta servicio a la Sociedad.

La siniestralidad viaria sigue siendo el primer problema de seguridad pública entre todos los fenómenos violentos que matan y hieren a la Humanidad. Mejorar la calidad técnica de las carreteras y de la administración del tráfico (ordenación y señalización) es imprescindible para reducir y eliminar los riesgos y peligros innecesarios (por deficiencias técnicas) que amenazan a los usuarios de las vías; en el ámbito urbano es ya una necesidad apremiante.

Las malas prácticas no dejan de serlo porque se cumplan o se vulneren normas técnicas vigentes. Son malas prácticas porque vulneran el estado, las reglas y los fines del arte o de la técnica, y porque perjudican al interés público. Se puede hacer una mala praxis perjudicando al interés público: cumpliendo normas técnicas obsoletas, contrarias al estado, las reglas y los fines de la técnica, e incumpliendo normas técnicas válidas y actualizadas.

En el sistema de transporte viario podemos entender por interés público:

- La seguridad, la comodidad, la economía y la fluidez de la circulación de peatones, animales y vehículos, de su parada y estacionamiento.

- El aprovechamiento técnico, racional y justo del espacio viario.
- El libre ejercicio de los derechos y de las libertades.
- La guarda del espacio necesario para el acceso y maniobra de los servicios de emergencia.

Anteponer a la buena práctica profesional las normas técnicas vigentes, a menudo obsoletas y contrarias al estado de la técnica y claramente perjudiciales para el interés público definido, es aplicar el positivismo jurídico a la práctica de un arte, técnica o ciencia... Algo inadmisiblemente e injusto se mire por donde se mire: trasládese a la práctica de la medicina, y se verá con claridad la temeridad que es.

Las normas técnicas que dicta un Estado no dejan de ser una guía sobre los mínimos que exige en la calidad de su sistema de transporte. Si resulta que el Estado es poco o nada exigente, ello no es un cheque en blanco para la actividad profesional: la dejadez o la obsolescencia de la normativa técnica vigente no autoriza ni legitima a los técnicos (sean funcionarios o no) para la mala praxis profesional, contraria al estado, las reglas y los fines de la técnica que ejercen, perjudicando al interés público en el sistema de transporte, creando y manteniendo riesgos y peligros innecesarios para los usuarios por una praxis tosca y grosera, y dilapidando el dinero público que se supone es para mejorar (en el interés público) el sistema de transporte.



Foto: @InfoEmerg

Sobre este problema he hablado en varias ocasiones, citando y parafraseando a los profesores Ezra Hauer y Sandro Rocci. Para una mejor comprensión del problema sugiero la lectura del artículo "Dos mitos dañinos y una tesis" del primero de ellos, que se puede encontrar (en español) en varios sitios de Internet. Ese artículo se escribió a raíz de un Informe sobre la revisión de la seguridad de la carretera 407 en Ontario (Canadá), provocado por la actuación impecable de unos funcionarios que ejercieron sus funciones con lealtad a la Ley, a las reglas de su arte u oficio y al interés público, o sea: con lealtad a la Sociedad para la que trabajaban.

Sucedió que antes de poner en servicio la carretera 407, se le dijo a la Policía de Tráfico de Ontario que la revisara. Volvieron diciendo que en esa carretera había ciertos riesgos que amenazaban a los usuarios. La respuesta oficial inmediata fue que la carretera 407 se había construido conforme a las normas técnicas vigentes: o sea, el positivismo jurídico aplicado para enjuiciar la calidad y la corrección técnica de un sistema de transporte tecnológico y complejo como es el viario.

Pero el prestigio social de la Policía de Tráfico en Canadá obligó a la Administración a inclinarse ante el sentido común: la carretera no se abriría al tráfico mientras no se revisara su seguridad. Se reconoció implícitamente que una carretera no es segura porque se haya construido conforme a las normas técnicas vigentes: el positivismo jurídico aplicado a la corrección y a la calidad técnica saltó por los aires.

Después, Ezra Hauer se encargaría de desintegrar aún más los restos de positivismo que quedaron, mostrando la fragilidad de los argumentos (creencias y suposiciones sin justificar) empleados para dictar normas técnicas que afectan de manera directa a la seguridad viaria, que los positivistas exhiben como si fueran textos sagrados.

Las funciones de lo que se conoce como "Administración especial" (por contraposición a la Administración general o burocrática) consiste en ejercer una profesión u oficio para el interés público (ingenieros, arquitectos, maestros industriales y de obras, médicos y enfermeros, bomberos y policías, electricistas, albañiles, fontaneros, carpinteros, etc.), que obviamente tienen que cumplir los mínimos de calidad que exige la normativa técnica vigente. Pero si resulta que esa normativa es deficiente u obsoleta respecto del interés público, al estado y los fines de la profesión u oficio, el funcionario se debe a los intereses de la Sociedad para la que trabaja; y tiene exigir la mejor

calidad posible, conforme al estado y los fines de su arte, y no con respecto a los mínimos que se hayan dispuesto en las normas técnicas vigentes, a menos que esos mínimos estén actualizados.

Hay organismos de la Administración general, y también órganos políticos, que suelen poner objeciones de todo tipo cuando un proyecto de construcción, de mantenimiento o de mejora de las infraestructuras, o para la ordenación y la señalización del tráfico, no se limita a cumplir las normas técnicas vigentes; o peor aún, cuando el proyecto no se ajusta a lo que desean o consideran. Pero esos organismos y órganos, siendo legos en la materia, no tienen competencias ni conocimientos para enjuiciar y opinar sobre la calidad y corrección de una actividad técnica para cuyo ejercicio no están facultados ni de hecho ni de derecho.

Son los funcionarios de la Administración especial encargados de velar por el interés público en una materia, profesión u oficio, quienes tienen que atajar a quien pretenda perjudicar a la Sociedad (aunque sea un órgano administrativo o político) imponiendo ocurrencias de lego imprudente en una actividad técnica. Obviamente tienen que hacerlo adoptando las resoluciones administrativas que sean de su competencia, y llegado al caso solicitando el amparo de jueces y fiscales, que están para impedir actuaciones arbitrarias, injustas y definitivamente perjudiciales para la Sociedad. Hay que decir a esos órganos que dejen de vulnerar las leyes administrativas y de usurpar imprudentemente las funciones públicas de una Administración especial.

Me dejo muchos detalles en el tintero; pero mejorar la seguridad y la funcionalidad del sistema público de transporte viario (y de cualquier otro sistema), esencial para la Sociedad, depende mucho de que los funcionarios (sobre todo los ingenieros y los policías de tráfico) que lo gestionan lo hagan conforme al estado del arte y con lealtad a la Sociedad para la que trabajan. Y si para ello, además de estar al día en el estado de la técnica, tienen que emplear las potestades administrativas que les atribuyen las leyes para guardar el interés público, tienen que hacerlo sin dudar; y si ello no bastare, trasladar el problema a los jueces y fiscales para que actúen en defensa de la Sociedad.

No se debe olvidar que hablamos del primer problema de seguridad pública entre los fenómenos violentos que matan y hieren a la población en el mundo... Bien se merece imponer la razón y la justicia, poniendo en valor el interés social y la excelencia profesional. ❖



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

Entrevista a

Saki Aciman

Presidente de la Fundación CETMO

En esta ocasión el Comité Editorial ha decidido realizar la entrevista no a una persona física, sino a la Fundación CETMO. Esta entidad fue creada para dar soporte al Centro de Estudios del Transporte del Mediterráneo Occidental, y es una fundación privada sin ánimo de lucro de ámbito nacional. Será útil para los lectores de Rutas familiarizarse con los proyectos y publicaciones de esta Fundación, que en 2013 cumplió sus primeros 25 años.

La Fundación da apoyo al perfeccionamiento y desarrollo del sector del transporte, y lleva a cabo investigaciones para una gran variedad de promotores y entidades. Cuenta con representación de las principales organizaciones y asociaciones profesionales representativas del transporte español, y de las administraciones públicas con responsabilidad en el sector. A su decidido apoyo a la innovación en la gestión del transporte une el Secretariado del Grupo de Ministros de Transportes del Mediterráneo occidental, conocido como GTMO 5+5, ya que las iniciales coinciden en español y en francés.

El grupo 5+5 del Mediterráneo Occidental es un foro subregional informal que desde 1990 reúne a 5 países de la ribera Norte (España,

Francia, Italia, Malta y Portugal) y 5 países de la ribera Sur (Argelia, Libia, Marruecos, Mauritania y Túnez). Fue concebido como complemento al diálogo entre la Unión del Magreb Árabe (UMA) y las Comunidades Europeas.

La Fundación CETMO desarrolla actividades de fomento de la innovación, de análisis estratégico, de facilitación, de difusión y de formación en el sector del transporte. Animamos a los lectores a explorar su página web (www.fundacioncetmo.org)

Empecemos por presentar a la Fundación CETMO ¿qué papel cumple y qué desea aportar en el campo de las carreteras y, más en general, de los transportes?

Desde 1988 CETMO se ha consolidado como instrumento de cooperación para la mejora de las condiciones del transporte entre los países del sur de Europa (España, Francia, Italia, Malta y Portugal) y del Magreb (Argelia, Libia, Marruecos, Mauritania y Túnez).

También constituye un objetivo específico de CETMO el estudio y la difusión de las tendencias logísticas y tecnológicas que inciden en la posición estratégica y en la mejo-

“La Fundación CETMO ha anticipado tendencias y ha proporcionado información y formación”

ra de la capacidad competitiva y de la calidad de servicio del transporte de mercancías y viajeros en los países del área, mediante el apoyo en aquellos temas que requieren acciones de sensibilización, formación, difusión y análisis de escenarios, constituyendo un punto de encuentro sectorial para impulsar la innovación y la colaboración mutua entre administraciones y empresas.

En el ámbito español, la Fundación CETMO ha anticipado tendencias y ha proporcionado información y formación para facilitar la incorporación de las tecnologías de la comunicación, de las normas ISO de calidad y medio ambiente y el mejor conocimiento del transporte multimodal y de la logística, junto a una visión a medio y largo plazo sobre los retos de futuro.

¿Es la Fundación CETMO un agente social completamente independiente, o suele alinearse con algunas partes interesadas en el desarrollo del transporte en España?

Para su funcionamiento, CETMO cuenta con el apoyo del Ministerio de Fomento, de la Generalitat de Catalunya y de las entidades sectoriales que conforman el patronato de la Fundación. En colaboración con los coordinadores nacionales, que representan a los ministerios de transportes de cada uno de los diez países de la región, se establece el programa de cooperación y se implica a instituciones y organismos nacionales relacionados con el transporte en los estudios y las iniciativas promovidas.

Esta colaboración hace posible que CETMO sea hoy un referente en el estudio estratégico a nivel europeo y también mundial. Participa en organismos de Naciones Unidas, de la Unión Europea, de las instituciones de cooperación en el ámbito del Mediterráneo y se encarga del secretariado técnico del Grupo de Ministros de Transportes del Mediterráneo Occidental 5+5, lo que le permite incidir en los centros de decisión más relevantes que afectan a la cooperación euromediterránea en materia de transporte. La complejidad relacional obliga a mantener posiciones independientes, ya que ninguna de las organizaciones ni entidades que participan ostentan preponderancia sobre el resto.

¿Cómo se financia la Fundación?

La financiación procede de la colaboración en especie proporcionada por el Patronato, la participación en proyectos específicos de fomento de la cooperación financiados por instituciones europeas y las subvenciones para el ejercicio del secretariado



del Grupo de Ministros de Transportes del Mediterráneo Occidental 5+5.

¿Cuál es el papel de Saki Aciman dentro de la Fundación?

Saki Aciman, Ingeniero de Caminos - especialidad transportes, es el máximo responsable de la Fundación CETMO.

“En el transporte profesional la carretera domina el mercado, pero con una estructura que debilita su capacidad, proyección e imagen”

¿A qué actividades se orienta la fundación en el desarrollo de sus trabajos?

La cooperación para la mejora de las condiciones del transporte se concreta en actividades destinadas a analizar las tendencias del comercio y a revisar las estrategias de transporte a medio plazo entre el sur de Europa y el Magreb, así como a la promoción de infraestructuras regionales de transporte prioritarias y al estudio de los flujos de tráfico, de las cadenas de transporte y del movimiento de mercancías y viajeros en la región. En la última década, CETMO ha ampliado sus actividades a todo el Mediterráneo, colaborando con la Comisión Europea (CE) y con la Unión por el Mediterráneo (UpM) en la definición de la política euromediterránea de transporte.

Además de los análisis estratégicos y los documentos sobre “estado de la cuestión” específicos, la disponibilidad de datos sobre los flujos, las

infraestructuras y la reglamentación de los transportes internacionales resulta esencial para la planificación. Por ello, desde su creación, CETMO se fijó como uno de sus objetivos básicos fomentar el estudio y la identificación de prioridades en materia de transporte internacional en el Mediterráneo Occidental mediante la mejora constante de los datos disponibles. Con este fin, actualiza y mejora regularmente un conjunto de bases de datos que constituyen una referencia obligada para disponer de información coherente sobre estos aspectos del transporte en este ámbito regional, así como de los indicadores socio-económicos.

¿Y en la difusión o discusión de resultados y posibilidades?

CETMO desarrolla un amplio conjunto de actividades destinadas a fomentar y apoyar la innovación en la gestión del transporte. Ha realizado, dirigido y coordinado estudios técnicos, reuniones, seminarios, jornadas y cursos especializados orientados al análisis y la difusión de las características del transporte y la logística y a facilitar e impulsar la incorporación de tecnologías de la información, así como de procedimientos de gestión medioambiental y de gestión de la calidad del servicio en el transporte.

Progresivamente, ha centrado también sus actividades en el fomento de la colaboración entre administraciones y empresas y en la comprensión de los nuevos retos y de las estrategias más adecuadas para facilitar la mejora continua de los servicios de transporte.

¿Cómo ven la situación del transporte por carretera en España?

La función básica del transporte es satisfacer la demanda de movilidad de personas y mercancías.

Cuando se habla de transporte por carretera conviene tener claro

“Hay que cambiar el paradigma y dejar de abordar la siniestralidad vial como un problema solucionable mediante actuaciones energéticas y prácticas”

que nos referimos tanto a los autobuses y los camiones como a los coches.

En el transporte profesional la carretera domina el mercado, pero con una estructura que debilita su capacidad, proyección e imagen. Por otra parte, se considera que el sector sufre las consecuencias de la insuficiente coordinación y coherencia entre diversas actuaciones dirigidas a aumentar la dotación de infraestructuras, a reducir las externalidades, a mejorar la configuración de la oferta, etc.

¿Y la seguridad vial ahora y en los próximos tres años? ¿Qué es fundamental hacer ahora?

En la carretera coexisten vehículos con diferentes tamaños, potencia..., conductores con diferente experiencia y condiciones, etc. En materia de seguridad el único objetivo aceptable es que esta coexistencia sea posible sin muertos ni heridos graves.

En realidad, las muertes derivadas del tráfico (por accidentes, pero también por contaminación local) requieren un enfoque sistémico porque ocurren en el contexto de la movilidad, que a su vez constituye un “sistema complejo” que integra una gran variedad de componentes interactuando, con interdependencias no jerarquizadas y con múltiples interacciones entre ellos y diferentes estrategias de actuación, responsables, etc. Alterar el valor de una variable (por ejemplo, la velocidad) tiene consecuencias en el conjunto.

Por ello, reducir la siniestralidad vial requiere la corresponsabilidad de todos y plantear en qué grado las actuaciones relacionadas con la movilidad (el conjunto de todas ellas,

incluidas las que permiten decidir “no conducir”) contribuyen a reducir el riesgo de muerte (por accidente, por contaminación...) o a reducir la gravedad de los costes sociales.

¿Cómo describiría la situación de las infraestructuras de gran capacidad en términos de conservación y de atención a la demanda?

Durante las últimas décadas, se ha favorecido la creación y ampliación de infraestructuras, porque se consideraba prioritario reducir la congestión, generar empleo a corto plazo en el sector de la construcción, etc., pero se ha comprobado que esta estrategia no es sostenible financieramente ni es suficiente desde el punto de vista de la movilidad.

España y Portugal superan con creces a cualquier otro país europeo en dotación de vías de gran capacidad ya sea respecto a la población o al PIB. Adelantar la provisión de capacidad vial tiene unas consecuencias financieras pero comporta también externalidades positivas derivadas, por ejemplo, de reducir la siniestralidad, de la mayor fluidez, etc.

¿Cree que la cantidad de normativa es adecuada, o que hay demasiada normativa que podría mejorarse en su aplicación y enfoque?

Probablemente resulte más adecuado plantearnos si es congruente con los objetivos y si resulta suficientemente eficaz y esto depende del rigor en el cumplimiento. Si, por ejemplo, con objeto de reducir siniestros se plantea modificar las

velocidades sin variar la estrategia de control de cumplimiento, puede resultar un incremento en la varianza de velocidades en el flujo y, como consecuencia, mayor peligrosidad y riesgo de siniestro.

Aprovechar los avances de la tecnología ayuda a ganar eficacia respecto a los objetivos planteados: actualmente la identificación de vehículos mediante lectura de placas de matrícula (si cuenta con el respaldo de bases de datos suficientemente fiables) permite controlar límites de velocidad, el cumplimiento de la ITV, vigencia del seguro, etc.

¿Qué preceptos cree más urgente cambiar? ¿En qué sentido?

Un sistema de transporte eficiente y competitivo (infraestructuras y servicios) resulta clave para la economía de cualquier país, tanto por la propia aportación del transporte a la misma como por su capacidad de condicionar la competitividad de la mayoría de los sectores productivos. Pero hay que asumir que causa graves problemas, como la siniestralidad, la polución o la congestión, al tiempo que la sociedad aumenta sus expectativas sobre la calidad de vida, la seguridad y el respeto al medio ambiente, supeditando los objetivos de crecimiento al logro de un desarrollo sostenible y al servicio de una calidad de vida entendida desde aspectos humanos y sociales.

Esto requiere generalizar un continuo esfuerzo de evaluación y revisión y obliga a afrontar las dificultades para cambiar las rutinas y las dinámicas “problema puntal-solución puntal-nuevo problema pun-

tual” y las previsible inercias en las respuestas a los cambios por parte de los responsables de la gestión, los técnicos, los políticos, habida cuenta de sus propios condicionantes.

¿Qué mejoras inmediatas producirían, en su opinión, efectos positivos sobre la siniestralidad?

Es importante adoptar un enfoque global en la evaluación de la política de movilidad y de las opciones de planificación, porque un enfoque limitado puede proporcionar soluciones a un problema exacerbando otros (los esfuerzos para mejorar la eficiencia del combustible o para reducir la congestión, por ejemplo, pueden provocar aumento de tráfico con reducción de la eficiencia general del sistema de transporte y de los beneficios para la sociedad).

Los enfoques lineales, mediante actuaciones independientes dirigidas hacia los síntomas, ignorando las causas reales que subyacen a los mismos y aisladamente con respecto al contexto global, llevan a la pérdida de eficacia y de eficiencia. Uno de los mayores retos consiste en cambiar el paradigma y dejar de abordar la siniestralidad vial como un “problema solucionable mediante actuaciones enérgicas y prácticas”.

¿Qué datos deberían recogerse sistemáticamente en la red de transporte y en los actores que las emplean?

La sociedad confía en que las decisiones sobre movilidad se adoptan e implementan tras analizar y evaluar adecuadamente las posibles

consecuencias en todos los ámbitos. Pero la aceptación pública de tales decisiones está condicionada por la eficacia en la provisión de información clara, comprensible y motivada sobre los objetivos, el funcionamiento y los resultados.

Todas las actuaciones deberían superar un análisis técnico, económico y funcional que cuantifique los beneficios (y/o perjuicios) en los diferentes ámbitos de la movilidad. En realidad, es necesario evaluar todas las diferentes medidas e investigar sobre su efectividad: una vez implementada una actuación concreta, se debería cuantificar en que grado se han conseguido los resultados perseguidos.

¿Cree en la transparencia en la difusión de los datos? ¿Total, parcial, o filtrada?

¿Cómo cree que deberían hacerse disponibles los datos para llegar al grado de transparencia que usted preconiza?

¿Qué aspectos es fundamental conocer de la red y la actividad en un plazo corto?

Además de los datos que tradicionalmente se utilizan en planificación, deberían estar a disposición pública todos aquellos datos que permiten evaluar la eficacia, la eficiencia y el impacto, con la única excepción de los relacionados con la seguridad pública o con los planes de contingencia.

Para capturar el impacto de una intervención pública, la pregunta a responder no es qué ha pasado después de ponerla en marcha (muchas cosas pueden haber influido, más allá de la propia intervención, como la evolución de la economía, los cambios en la meteorología, innovaciones tecnológicas o la puesta en marcha de otros programas y políticas), sino qué es lo que ha ocurrido en comparación con lo que habría pasado si la intervención no se hubiera

“Nos planteamos si la normativa es congruente con los objetivos y si resulta suficientemente eficaz, Esto depende del rigor en el cumplimiento”

“Los sistemas de adaptación inteligente de la velocidad, los limitadores de velocidad y las grabadoras de datos de evento han demostrado eficacia en la reducción del número y la gravedad de las colisiones”

Llevado a cabo (de modo que la diferencia puede atribuirse sola y únicamente a la intervención y no a lo que haya sucedido al mismo tiempo).

¿Cuánto dinero habría que invertir en el conocimiento del estado, el funcionamiento y la relación de causas y efectos en la red y en sus usuarios?

¿Cómo cree que puede contribuir a estos avances la fundación CETMO en los ámbitos español y europeo?

La continuidad, constancia, coherencia, rigor y eficacia en actuar como “punto de encuentro” y como “laboratorio de ideas” para la mejora del transporte, tanto en el Mediterráneo como específicamente en España, constituyen un activo a disposición de las partes interesadas. La aportación al debate de ideas sobre temas sectoriales estratégicos se concreta en investigar el “estado de la cuestión”, analizar y difundir resultados. A título de ejemplo, las aportaciones más recientes publicadas son:

- “Las estrategias de tarificación vial: aspectos clave y situación en diferentes países”
- “Innovar en la gestión del transporte: Límites de velocidad para autobuses y camiones”

Ya se permite en EE.UU. la comercialización del primer camión que en autopistas circulará de manera autónoma, con una persona en los controles, pero no conduciendo. ¿Cuándo será apreciable el número de vehículos automáticos en autopistas?

¿Y en las ciudades?

¿Cree que la introducción de vehículos automáticos mejorará más la capacidad de la red, la seguridad o el nivel de servicio?

Como el riesgo de accidentes (probabilidad de daños) queda decisivamente condicionado por la proporción de los peores tandems vehículo-conductor en el tráfico, los sistemas de adaptación inteligente de la velocidad, los limitadores de velocidad y las grabadoras de datos de evento han demostrado eficacia en la reducción del número y la gravedad de las colisiones, pero la coexistencia con el factor humano en la misma vía condicionará el riesgo.

¿La velocidad cree que aumentará, permanecerá a los niveles actuales o disminuirá?

A favor de aumentar la velocidad de circulación se argumenta que la reducción de los tiempos de viaje es positiva para la productividad y que facilita que los usuarios tengan más tiempo disponible. En contra se destaca el mayor consumo de energía, más emisiones de gases contaminantes, aumento del riesgo de ocurrencia de accidentes de circulación, etc.

Matemáticamente, una mayor velocidad ayuda a reducir el tiempo de viaje. Pero, la valoración de los resultados de un cambio generalizado de la velocidad no debería ignorar los efectos que puede desencadenar en variables interdependientes ni los efectos cruzados. Generalmente, los usuarios sobrestiman el papel de la velocidad en la reducción del tiempo

de viaje, particularmente en zonas urbanas: comparando los mapas de velocidad máxima en Europa (120-130 km/h), EE.UU. (110-120 km/h) y Japón (100 km/h), no se observa relación alguna con los indicadores de competitividad de los diferentes países.

¿Qué mensaje cree que debemos transmitir para facilitar este cambio?

El aumento del riesgo se considera resultado de posibles conflictos de tráfico en un flujo con diferentes tipos de vehículos, distintas velocidades, capacidades y experiencias de conducción heterogéneas, etc. Reducir la varianza de velocidades en el flujo de tráfico es un factor clave para reducir la probabilidad de siniestros y mejorar la funcionalidad, el consumo energético, las emisiones y el nivel de ruido en el entorno.

En los otros modos de transporte (aéreo, ferroviario, marítimo y fluvial) nunca son los usuarios quienes tienen que decidir a qué velocidad pueden circular sino que la tecnología suple la falta de referencias, datos y conocimientos para tomar decisiones adecuadas en cada tramo y momento. Por contraste, la carretera no se configura y gestiona para que no falle y sea seguro sino que traslada al conductor la responsabilidad.

Es de esperar que las mejoras tecnológicas en los vehículos, las estrategias más efectivas de control de la disciplina vial y la gestión más eficiente de las vías, sea mediante mensajes vía-vehículo, señalización variable, etc. ayuden a evitar errores de valoración y redunden en disminución del riesgo. ❖



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.

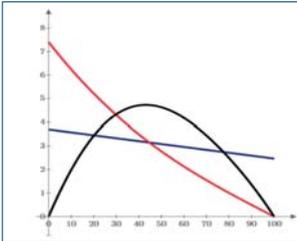


REPSOL

Inventemos el futuro

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

¡Decelerando antes de la curva!



Decelerating Before Reaching the Road Curve!

Sandro Rocci
Catedrático Emérito
Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

En el primero de una serie de artículos que va a dedicar a las curvas de transición en planta para carreteras, el autor examina las características dinámicas de diversos tipos de maniobra de deceleración, bajo dos enfoques:

- Postular *a priori* una ley que relacione directamente la velocidad con el recorrido, y de ella deducir la deceleración.
- Postular (también *a priori*) una ley que relacione directamente la deceleración con el recorrido, y de ella deducir la velocidad.

En ambos casos, se estudian leyes lineales, cuadráticas y cúbicas; y se extraen conclusiones sobre la influencia del tipo de ley considerado.

PALABRAS CLAVES: deceleración, velocidad.

Abstract

In the first paper of a series related to alignment transition curves, the Author analyzes the dynamics of several deceleration maneuvers, under two sets:

- Given the speed - distance relationship, the deceleration law is deduced.
- Given the deceleration - distance relationship, the speed law is deduced.

For both sets, several relationships are studied: linear, quadratic, cubic. Conclusions on the influence of the considered type of relationship are stated.

KEY WORDS: deceleration, speed.

1. Introducción

En el trazado en planta de una infraestructura lineal se decelera para pasar de una situación uniforme a otra más restrictiva (por ejemplo, de una alineación recta a otra circular), de manera que uno o varios parámetros relacionados con el movimiento de los vehículos varíen de una forma aceptable.

En la casi totalidad de los casos se llega a una circunferencia de radio R , dotada de un peralte P (%). Esto significa que a partir de ese punto está limitada superiormente la velocidad V (km/h) del vehículo

$$V = 3,6 \cdot \frac{ds}{dt}$$

siendo s (m) el camino recorrido y t (s) el tiempo empleado. Por ejemplo, y según las normas de trazado, el rozamiento transversal F_t movilizado en la curva circular para resistir la aceleración centrífuga no compensada por el peralte

$$F_t = \frac{V^2}{127 \cdot R} - \frac{P}{100}$$

no debe superar un cierto límite V_c (km/h) fijado por esas mismas normas.

A partir de una velocidad mayor V_0 (km/h) en la alineación que precede a la curva, es preciso recorrer una distancia D para acoplarse a la velocidad limitada V_c (km/h) en la curva circular. Para ello, es preciso imprimir al vehículo una aceleración longitudinal δ (m/s^2) negativa (se trata de una deceleración), que es un parámetro importante: de él dependen tanto sensaciones que experimentan los ocupantes del vehículo como el rozamiento longitudinal movilizado entre las ruedas y el pavimento. Su relación con la velocidad está dada por

$$\delta = \frac{V}{3,6^2} \cdot \frac{dV}{ds} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d}{ds} \left(\frac{V}{3,6} \right)^2$$

Investigaciones modernas han permitido confirmar lo que las experiencias personales de muchos de nosotros habrían sugerido: sin que haya detrimento de la seguridad¹, una buena parte de la necesaria disminución de velocidad ΔV

$$\Delta V = V_0 - V_c \geq 0$$

tiene lugar en la curva de transición anterior a la curva circular.

Situando el origen de las distancias s recorridas en el punto donde empieza a disminuir la velocidad V (km/h), se pueden considerar dos enfoques principales:

¹ Siempre que se respeten ciertas condiciones.

- Postular *a priori* una ley que relacione directamente la velocidad con el recorrido, y de ella deducir la deceleración.
- Postular (también *a priori*) una ley que relacione directamente la deceleración con el recorrido, y de ella deducir la velocidad.

El objeto de este artículo es analizar varios modelos de deceleración o de velocidad.

2. Variación de la velocidad

A continuación se estudian diversas leyes de variación de la velocidad deduciendo, en cada caso, la variación de la aceleración longitudinal en función del recorrido.

a) Lineal:

En este caso, la ley de velocidades es lineal en s :

$$V = V_0 - \frac{s}{D} \cdot \Delta V = V_0 \cdot \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{s}{D} \right)$$

y la aceleración longitudinal es

$$\delta = -\frac{V_0}{3,6} \cdot \frac{\Delta V}{3,6} \cdot \frac{1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{s}{D}}{D}$$

La mínima aceleración (máxima deceleración) se produce en el punto inicial ($s = 0$):

$$\delta_{\min} = -\frac{V_0}{3,6} \cdot \frac{\Delta V}{3,6} \cdot \frac{1}{D}$$

con lo que la aceleración sigue una ley lineal creciente (la deceleración, una decreciente) con el camino recorrido

$$\delta = \delta_{\min} + \left(\frac{\Delta V}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{s}{D}$$

hasta llegar a la máxima aceleración (mínima deceleración) para $s = D$:

$$\delta_{\max} = \delta_{\min} + \left(\frac{\Delta V}{3,6} \right)^2$$

Para que sea $\delta_{\max} \leq 0$, o sea para que no haya deceleraciones negativas ni para $s = D$, ha de ser $\Delta V \leq V_0$; o sea, ha de ser $V_c \geq 0$.

b) Cuadrática:

En este caso, la ley de velocidades es de segundo grado en s :

$$V = V_0 - \Delta V \cdot \frac{s}{D} \cdot \left[2 - \frac{s}{D} \right] = V_0 \cdot \left[1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(2 - \frac{s}{D} \right) \right]$$

y la aceleración longitudinal es

$$\delta = -\frac{2 \cdot V_0}{3,6^2} \cdot \frac{\Delta V}{D} \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right) \cdot \left[1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(2 - \frac{s}{D}\right)\right]$$

La mínima aceleración (máxima deceleración) se produce en el punto inicial ($s = 0$):

$$\delta_{\min} = -\frac{2}{D} \cdot \frac{\Delta V}{3,6} \cdot \frac{V_0}{3,6}$$

con lo que la aceleración sigue una ley de tercer grado creciente (la deceleración, decreciente) con el camino recorrido s

$$\delta = \delta_{\min} + \frac{2 \cdot V_0}{3,6^2} \cdot \frac{\Delta V}{D} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left[1 + \frac{\Delta V}{V_0} \left(1 - \frac{s}{D}\right) \cdot \left(2 - \frac{s}{D}\right)\right]$$

que se anula al final de la deceleración, para $s = D$.

Esta ley es monótona. En efecto, si hubiera un punto s_{\min} en el que la aceleración δ alcanzara un mínimo, en él debería ser

$$\frac{d\delta}{ds} = \frac{\frac{d}{ds} \left\{ \frac{s}{D} \cdot \left[1 + \frac{\Delta V}{V_0} \left(1 - \frac{s}{D}\right) \cdot \left(2 - \frac{s}{D}\right)\right] \right\}}{\frac{2 \cdot V_0}{3,6^2} \cdot \frac{\Delta V}{D}} = 0$$

o sea,

$$\frac{V_0}{\Delta V} + 2 \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right)^2 = \frac{s}{D} \cdot \left(2 - \frac{s}{D}\right)$$

cuya menor raíz es

$$\frac{s_{\min}}{D} = 1 - \sqrt{1 - \frac{2 + \frac{V_0}{\Delta V}}{3}}$$

Para que esta ecuación de segundo grado tenga raíces reales ha de ser

$$V_0 \leq \Delta V$$

lo cual, evidentemente, no es físicamente posible porque $V_c \geq 0$.

c) Cúbica:

En este caso, la ley de velocidades es de tercer grado con el camino recorrido s :

$$v = V_0 \cdot \left[1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left(3 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right)\right]$$

y la aceleración longitudinal es

$$\delta = -\frac{6}{D} \cdot \frac{V_0}{3,6} \cdot \frac{\Delta V}{3,6} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right) \cdot \left[1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left(3 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right)\right]$$

Inicialmente ($s = 0$), la aceleración es nula, y luego sigue una ley de quinto grado. Su valor también se anula al final, para $s = D$.

Esta ley de aceleración presenta un mínimo (máxima deceleración) para s_{\min} , que corresponde a la anulación de

$$\frac{d\delta}{ds}$$

o sea, a una raíz de la ecuación de cuarto grado en s

$$\left(1 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right) \cdot \left[1 - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left(3 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right)\right] = 6 \cdot \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right)^2$$

o sea

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left[\left(3 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right) + 6 \cdot \frac{\left(1 - \frac{s}{D}\right)^2}{1 - 2 \cdot \frac{s}{D}} \right]}$$

La representación de esta ecuación (Fig. 2-A) indica que si

$$0 \leq \frac{\Delta V}{V_0} \leq 1$$

s_{\min}/D está comprendida entre 0,30 y 0,50.

La máxima deceleración está comprendida entre $(V_0 \cdot \Delta V / 1000)$ y $(V_0 \cdot \Delta V / 1100)$ m/s² (Fig. 2-B)

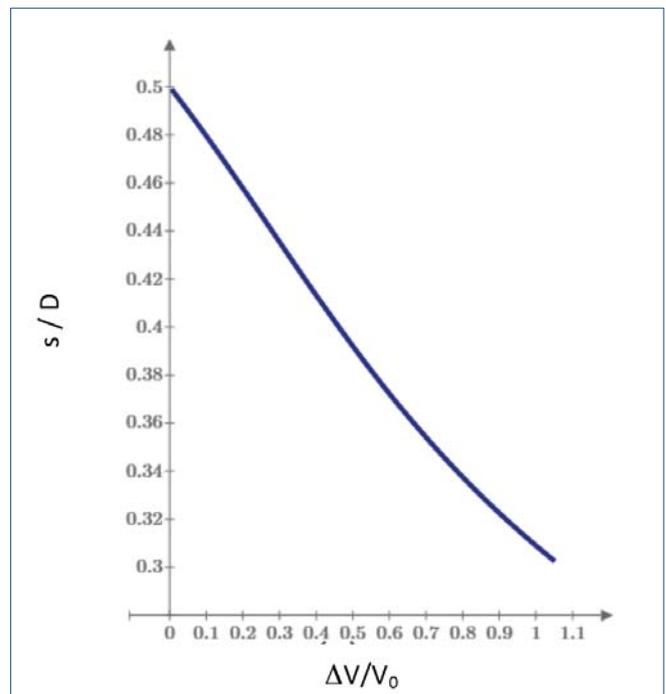


Figura 2A. Situación del punto de deceleración máxima para una ley cúbica de velocidades

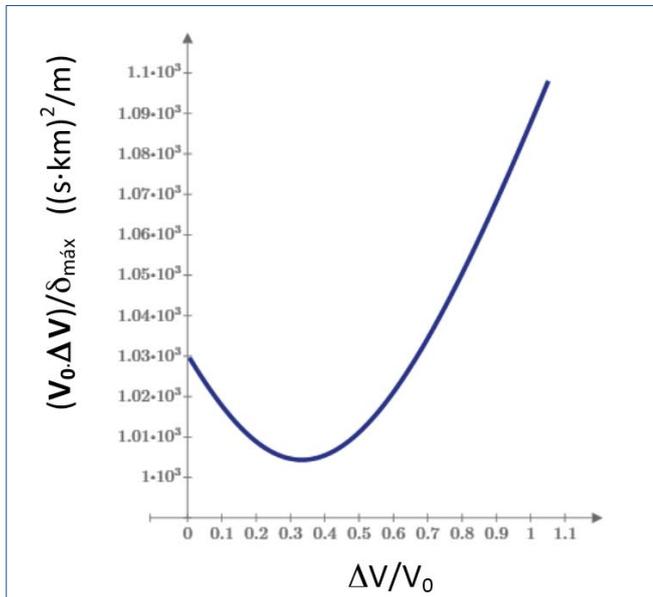


Figura 2B. Variación de la deceleración máxima en una ley cúbica de velocidades para D = 100 m

La representación de las leyes de velocidad (Fig. 2-C) permite obtener algunas conclusiones interesantes:

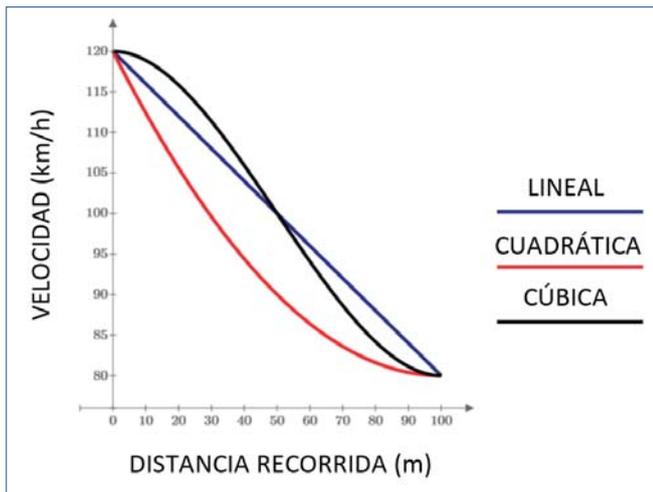


Figura 2C. Variación de la velocidad para distintas leyes $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

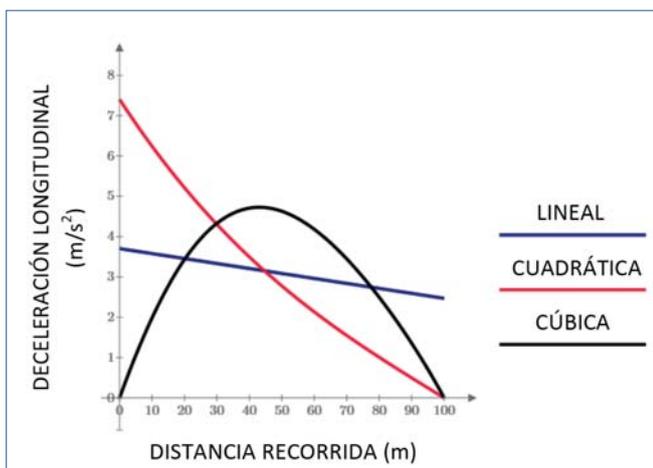


Figura 2D. Variación de la deceleración longitudinal para distintas leyes de velocidad $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$

- Para la ley cuadrática, la disminución de la velocidad es, al principio, mucho más acentuada que al final.
- Para la ley cúbica, la disminución de la velocidad es más suave tanto al principio como al final; y es más acusada hacia la mitad de D.

Asimismo, la representación de las leyes de deceleración longitudinal (Fig. 2-D) derivadas de esos modelos de variación de la velocidad permite extraer algunas conclusiones adicionales:

- Para la ley lineal de velocidades, la deceleración varía relativamente poco.
- Para la ley cuadrática, la deceleración inicial es elevada, aunque la final es nula.
- Para la ley cúbica, la deceleración es nula tanto al principio como al final, y presenta un máximo para una s comprendida entre el 30 y el 50 % de D, del mismo orden de magnitud que la deceleración media de las otras dos leyes (comprendido entre $V_0 \cdot \Delta V / 1000$ y $V_0 \cdot \Delta V / 1100$ m/s²). Lo anterior permite concluir que:
- La ley lineal de disminución de velocidades provoca deceleraciones medias que varían poco, a todo lo largo del recorrido.
- La ley cuadrática no parece conveniente, pues provoca fuertes deceleraciones al principio del recorrido, aunque éstas sean nulas al final.
- La ley cúbica proporciona deceleraciones suaves tanto al principio como al final del recorrido, y presenta una deceleración máxima entre un tercio y la mitad de éste. Esta ley parece más interesante que las anteriores.

3. Variación de la aceleración longitudinal

A continuación, se analizan diversas leyes de variación de la aceleración longitudinal

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot \frac{d\left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{ds}$$

a) Aceleración constante:

En este caso,

$$\delta = \delta_0$$

$$\int_{V_0}^V d\left[\left(\frac{V}{3,6}\right)^2\right] = 2 \cdot \delta_0 \cdot \int_0^s ds$$

Integrando, se deduce que el cuadrado de la velocidad sigue una ley lineal decreciente con el recorrido:

$$V^2 = V_0^2 \cdot \left[1 + 2 \cdot \frac{\delta_0}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot s \right]$$

Al final de la deceleración ($s = D$),

$$V_c = V_0 - \Delta V = V_0 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot \frac{\delta_0}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot D}$$

con lo que

$$\delta_0 = -\frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2$$

Al ser negativo, se trata de una deceleración. La ley de velocidades queda así (Fig. 3-A):

$$\frac{V}{V_0} = \sqrt{1 - \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2\right] \cdot \frac{s}{D}}$$

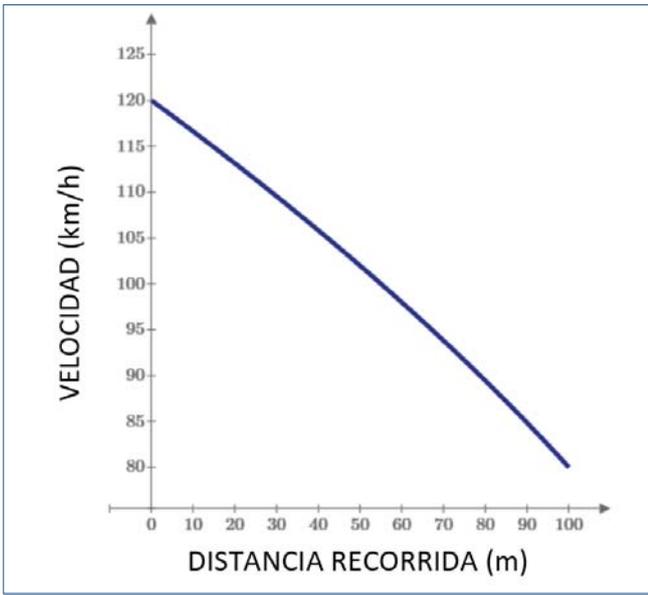


Figura 3A. Variación de la velocidad para una deceleración constante $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m; $\delta_0 = -3,09$ m/s²

b) Aceleración lineal:

En este caso, la aceleración longitudinal sigue una ley del tipo

$$\delta = \delta_0 + J \cdot s$$

Si $\delta_0 > 0$, inicialmente ($s = 0$) no habrá una disminución de velocidad, sino un aumento de la misma. Luego δ_0 no puede ser positivo: tiene que haber deceleración desde el principio.

$$\int_{V_0}^V d\left[\left(\frac{V}{3,6}\right)^2\right] = 2 \cdot \int_0^s (\delta_0 + J \cdot s) \cdot ds$$

Integrando, se deduce que el cuadrado de la velocidad sigue una ley de segundo grado en s:

$$V^2 = V_0^2 \cdot \left[1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot s \cdot \left(\delta_0 + \frac{J}{2} \cdot s\right)\right]$$

Al final de la deceleración ($s = D$),

$$V_c = V_0 - \Delta V = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot D \cdot \left(\delta_0 + \frac{J}{2} \cdot D\right)}$$

De donde

$$J = -\frac{2}{D} \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2\right]$$

Así que, para unas condiciones de contorno V_0 , ΔV y D dadas, J es una función lineal de δ_0 y, por lo tanto, hay un conjunto de soluciones compatibles con aquéllas.

La ley de aceleraciones queda así:

$$\delta = \delta_0 - 2 \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2\right] \cdot \frac{s}{D}$$

De aquí se sigue que:

• Si

$$\delta_0 = \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2$$

la aceleración será constante, y se estará en el caso a) anterior.

• Si

$$\delta_0 > -\frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 < 0$$

la aceleración crecerá (la deceleración decrecerá) con el recorrido, a partir de una aceleración negativa (deceleración) $\delta_0 < 0$ para $s = 0$.

Para que la deceleración no se anule para $s < D$, ha de ser

$$\delta_0 < -\frac{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2}{D} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2\right]$$

Por lo tanto, el valor absoluto de la deceleración inicial tiene que estar comprendida en el intervalo

$$\frac{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2}{D} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2\right] > \delta_0 > 0$$

Todas las leyes de deceleración longitudinal lineales se cruzan (Fig. 3-B) para $s = D/2$.

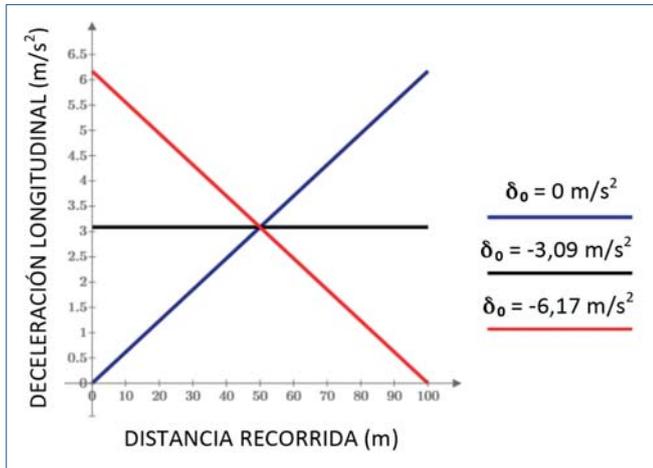


Figura 3B. Variación de la deceleración longitudinal para una ley lineal $V_0 = 120 \text{ km/h}$, $\Delta V = 40 \text{ km/h}$, $D = 100 \text{ m}$

La ley definitiva de velocidades (que depende de δ_0) queda así (Fig. 3-C):

$$v = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot s \cdot \left[\delta_0 \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right) - \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \frac{s}{D} \right]}$$

c) Aceleración cuadrática simétrica:

En este caso, la aceleración longitudinal sigue una ley del tipo

$$\delta = 4 \cdot \delta_{\text{máx}} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right)$$

Tanto inicialmente ($s = 0$) como al final ($s = D$), la aceleración longitudinal es nula. Su valor mínimo (máxima deceleración, $\delta_{\text{máx}}$) se presenta para $s = D/2$.

$$\int_{V_0}^v d \left[\left(\frac{V}{3,6}\right)^2 \right] = 2 \cdot \int_0^s 4 \cdot \frac{\delta_{\text{máx}}}{D} \cdot s \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right) \cdot ds$$

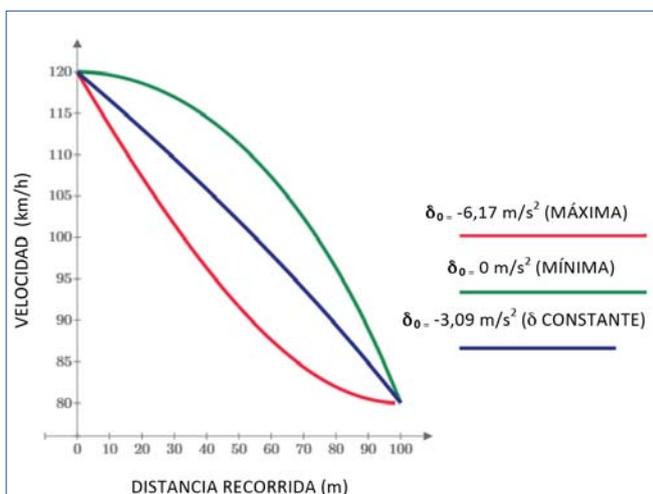


Figura 3C. Variación de la velocidad para una ley lineal de deceleración $V_0 = 120 \text{ km/h}$, $\Delta V = 40 \text{ km/h}$, $D = 100 \text{ m}$

Integrando, se deduce que el cuadrado de la velocidad sigue una ley de tercer grado en s:

$$v^2 = V_0^2 \cdot \left[1 + \frac{8}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot \frac{\delta_{\text{máx}}}{D} \cdot s^2 \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \cdot \frac{s}{D}\right) \right]$$

Al final de la deceleración ($s = D$),

$$V_c = V_0 - \Delta V = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{8}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot \delta_{\text{máx}} \cdot D \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right)}$$

De donde

$$\delta_{\text{máx}} = -\frac{3}{2} \cdot \left[\frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \right]$$

La ley de aceleraciones queda así (Fig. 3-D):

$$\delta = -6 \cdot \left[\frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \right] \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{s}{D}\right)$$

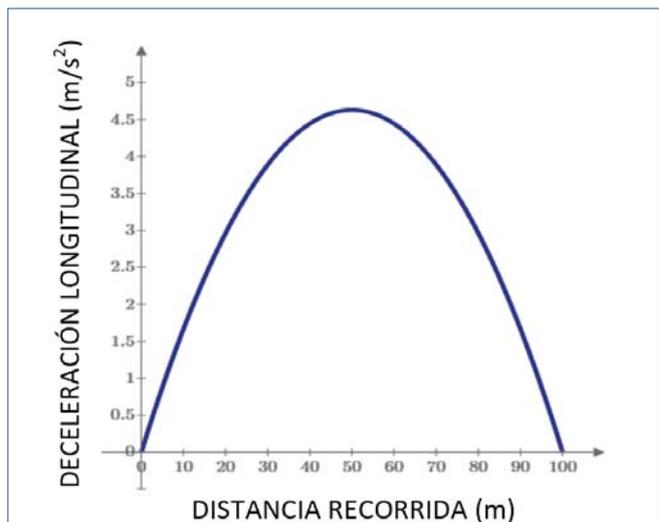


Figura 3D. Variación de la deceleración longitudinal para una ley cuadrática simétrica $V_0 = 120 \text{ km/h}$, $\Delta V = 40 \text{ km/h}$, $D = 100 \text{ m}$

La ley de velocidades queda así (Fig. 3-E):

$$v = V_0 \cdot \sqrt{1 - 6 \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2 \right] \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \cdot \frac{s}{D}\right)}$$

d) Aceleración cuadrática asimétrica:

En este caso, la aceleración longitudinal sigue una ley del tipo

$$\delta = \delta_0 + J \cdot \frac{s}{D} \cdot \left[2 - \frac{s}{D} \right]$$

Si $\delta_0 > 0$, inicialmente ($s = 0$) no habrá una disminución de velocidad, sino un aumento de la misma. Luego δ_0 no puede ser positivo: tiene que haber deceleración desde el principio.

$$\int_{V_0}^V d \left[\left(\frac{V}{3,6} \right)^2 \right] = 2 \cdot \int_0^s \left(\delta_0 + J \cdot \frac{s}{D} \cdot \left[2 - \frac{s}{D} \right] \right) \cdot ds$$

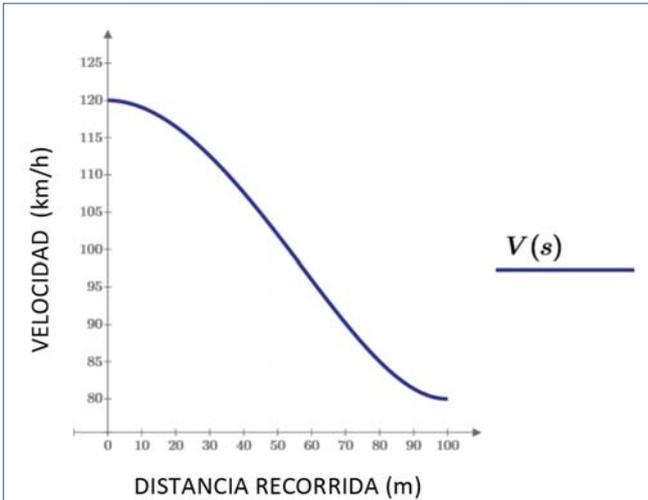


Figura 3E. Variación de la velocidad para una ley de deceleración cuadrática simétrica $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

Integrando,

$$V^2 = V_0^2 \cdot \left[1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot s \cdot \left[\delta_0 + J \cdot \frac{s}{D} - \frac{J}{3} \cdot \left(\frac{s}{D} \right)^2 \right] \right]$$

se deduce que el cuadrado de la velocidad sigue una ley de tercer grado en s :

$$V = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot s \cdot \left[\delta_0 + J \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{s}{3} \right) \right]}$$

Al final de la deceleración ($s = D$),

$$V_c = V_0 - \Delta V = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot D \cdot \left(\delta_0 + \frac{2}{3} \cdot J \right)}$$

De donde

$$J = -\frac{3}{2} \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 \right]$$

Así que, para unas condiciones de contorno V_0 , ΔV y D dadas, J es una función lineal de δ_0 y, por lo tanto, hay un conjunto de soluciones compatibles con aquéllas.

La ley de aceleraciones queda así:

$$\delta = \delta_0 - \frac{3}{2} \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 \right] \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(2 - \frac{s}{D} \right)$$

De aquí se sigue que:

- Si

$$\delta_0 = -\frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2$$

la aceleración será constante, y se estará en el caso a) anterior.

- Si

$$\delta_0 > -\frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 < 0$$

la aceleración crecerá (la deceleración decrecerá) con el recorrido, a partir de una aceleración negativa (deceleración) $\delta_0 < 0$ para $s = 0$.

Para que la deceleración no se anule para $s < D$, ha de ser

$$\delta_0 > -3 \cdot \frac{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2}{D} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 \right]$$

Por lo tanto, el valor absoluto de la deceleración inicial tiene que estar comprendida en el intervalo

$$3 \cdot \frac{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2}{D} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 \right] > \delta_0 > 0$$

Todas las leyes de deceleración longitudinal cuadráticas se cruzan (Fig. 3-F) para

$$\frac{s}{D} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \cong 0,4226$$

La ley definitiva de velocidades (que depende de δ_0) queda así (Fig. 3-G):

$$v = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2 \cdot D \cdot s}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot \left\{ \delta_0 \cdot \left[1 - \frac{3 \cdot s}{2 \cdot D} \cdot \left(1 - \frac{s}{D} \right) \right] - \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{s}{D} \right) \right\}}$$

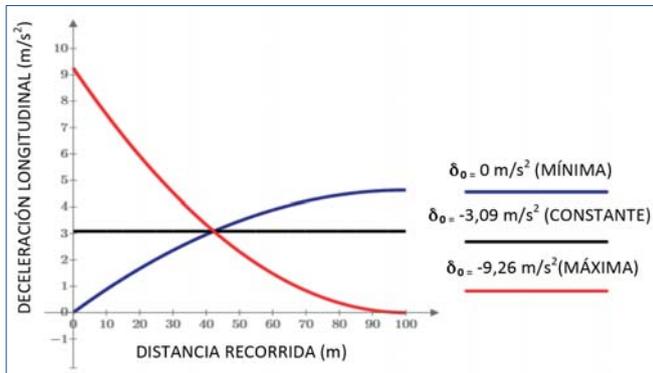


Figura 3F. Variación de la deceleración longitudinal para una ley cuadrática asimétrica $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

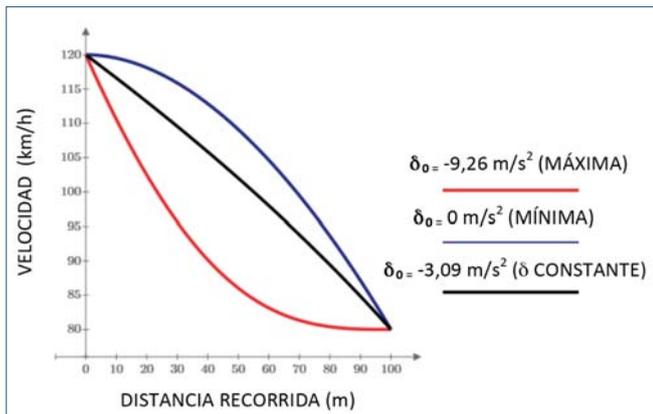


Figura 3G. Variación de la velocidad para una ley de deceleración longitudinal cuadrática asimétrica $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

e) Cúbica:

En este caso, la ley de aceleraciones longitudinales es de tercer grado en s

$$\delta = \delta_0 + \left[J \cdot \left(\frac{s}{D} \right)^2 \cdot \left(3 - 2 \cdot \frac{s}{D} \right) \right]$$

Si $\delta_0 > 0$, inicialmente ($s = 0$) no habrá una disminución de velocidad, sino un aumento de la misma. Luego δ_0 no puede ser positivo: tiene que haber deceleración desde el principio.

$$\int_{V_0}^V d \left[\left(\frac{V}{3,6} \right)^2 \right] = 2 \cdot \int_0^s \left(\delta_0 + J \cdot \left[\frac{s}{D} \right]^2 \cdot \left[3 - 2 \cdot \frac{s}{D} \right] \right) \cdot ds$$

Integrando,

$$V^2 = V_0^2 \cdot \left[1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot s \cdot \left[\delta_0 + J \cdot \left(\frac{s}{D} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{s}{D} \right) \right] \right]$$

se deduce que el cuadrado de la velocidad sigue una ley de cuarto grado en s :

$$V = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2 \cdot D}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left[\delta_0 + J \cdot \left(\frac{s}{D} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{s}{D} \right) \right]}$$

Al final de la deceleración ($s = D$),

$$V_c = V_0 - \Delta V = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2} \cdot D \cdot \left(\delta_0 - \frac{J}{2} \right)}$$

De donde

$$J = -2 \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 \right]$$

Así que, para unas condiciones de contorno V_0 , ΔV y D dadas, J es una función lineal de δ_0 y, por lo tanto, hay un conjunto de soluciones compatibles con aquéllas.

La ley de aceleraciones queda así:

$$\delta = \delta_0 - 2 \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{s}{D} \right)^2 \cdot \left(3 - 2 \cdot \frac{s}{D} \right)$$

De aquí se sigue que:

- Si

$$\delta_0 = - \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2$$

la aceleración será constante, y se estará en el caso a) anterior.

- Si

$$\delta_0 > - \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2 < 0$$

la aceleración crecerá (la deceleración decrecerá) con el recorrido, a partir de una aceleración negativa (o sea, una deceleración) $\delta_0 < 0$ para $s = 0$.

Para que la deceleración no se anule para $s < D$, ha de ser

$$\delta_0 > -2 \cdot \frac{\left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 \right]$$

- Si

$$\delta_0 < - \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6} \right)^2$$

la aceleración será decreciente (la deceleración será creciente con el recorrido), y será mínima (máxima) para $s = D$.

Por lo tanto, el valor absoluto de la deceleración inicial tiene que estar comprendida en el intervalo

$$-2 \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2\right] < \delta_0 < 0$$

Todas las leyes de deceleración longitudinal cúbicas se cruzan (Fig. 3-H) para $s = D/2$.

La ley definitiva de velocidades (que depende de δ_0) queda así (Fig. 3-I):

$$v = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{2 \cdot D}{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2} \cdot \frac{s}{D} \cdot \left\{ \delta_0 - 2 \cdot \left[\delta_0 + \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0}\right)^2}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot \left(2 - 3 \cdot \frac{s}{D}\right) \right\}}}$$

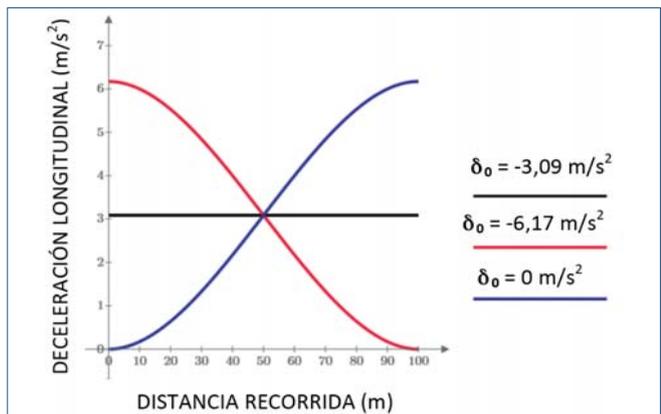


Figura 3H. Variación de la deceleración longitudinal para una ley cúbica $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

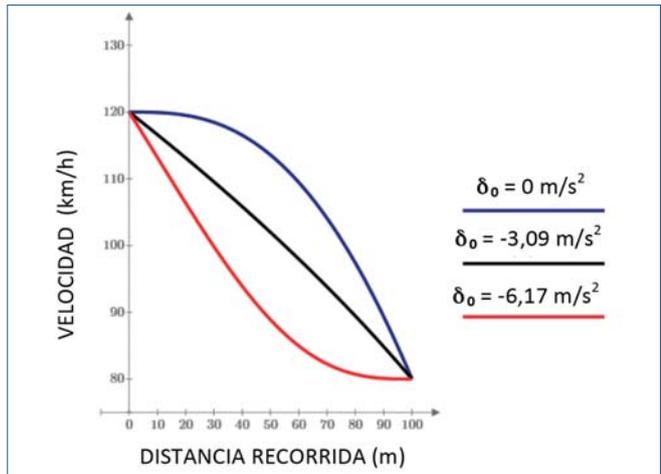


Figura 3I. Variación de la velocidad para una ley cúbica de deceleración longitudinal $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

La representación de las leyes de deceleración longitudinal (Fig. 3-J) permite obtener algunas conclusiones interesantes:

- Sólo las leyes de deceleración constante y cuadrática simétrica presentan una solución única; las demás (lineal, cuadrática asimétrica, cúbica) permiten una gama de soluciones en función de la deceleración inicial δ_0 , desde un valor nulo hasta otro máximo.

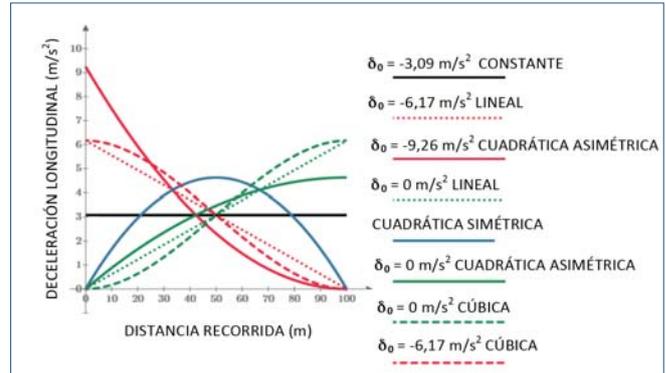


Figura 3J. Variación de la deceleración longitudinal para distintas leyes $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

- Todas las leyes son monótonas, excepto la cuadrática simétrica.
- Para $\delta_0 = 0$, las leyes lineal, cuadrática asimétrica y cúbica no presentan diferencias relevantes.
- Para elevadas deceleraciones iniciales, tampoco presentan diferencias relevantes las leyes lineal y cúbica; pero la ley cuadrática asimétrica provoca una elevada deceleración inicial.

La representación de las leyes de velocidades correspondientes a los distintos modelos de deceleración (Fig. 3-J) permite obtener algunas conclusiones interesantes:

- Sólo los modelos de deceleración constante y cuadrática simétrica presentan una solución unívoca; los demás presentan una gama de soluciones entre una deceleración inicial nula y otra máxima. Los primeros proporcionan leyes parecidas para la disminución de la velocidad; parece interesante el modelo cuadrático simétrico.
- Tanto para deceleraciones iniciales bajas como altas, las leyes de deceleración lineal, cuadrática asimétrica y cúbica no difieren mucho entre sí.
- Para una deceleración inicial baja la disminución de la velocidad es, al final, mucho más acusada para el modelo de deceleraciones cúbico.
- Para una deceleración inicial alta la disminución de la velocidad es, al principio, mucho más acusada para el modelo de deceleraciones cuadrático asimétrico. ❖

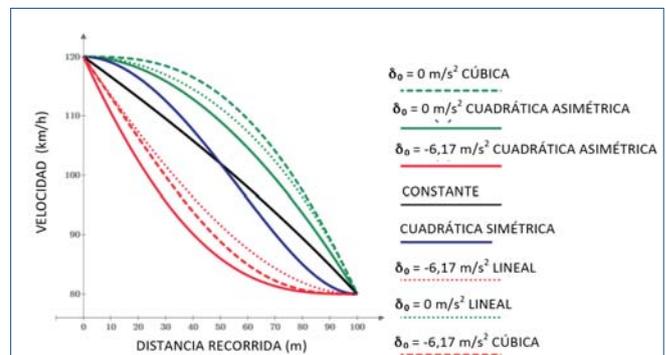


Figura 3K. Variación de la velocidad para distintas leyes de deceleración longitudinal $V_0 = 120$ km/h, $\Delta V = 40$ km/h, $D = 100$ m

La explotación de las infraestructuras viarias del Estado



Road Network Operations of the Spanish State

Justo Borrajo Sebastián

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

El artículo defiende la importancia de una correcta explotación de la red de carreteras del Estado, muy a menudo descuidada por el esfuerzo continuado que requiere sin la recompensa que proporciona la inauguración de obras nuevas, tanto social como políticamente.

Se pasa revista a la experiencia en la gestión de la explotación en la S. G. de Explotación y Gestión de Red de la D. G. de Carreteras del Ministerio de Fomento, centrándose en la defensa de sus márgenes, la línea de edificación, los tramos urbanos y sus travesías, la publicidad, y la limitación y reordenación de accesos.

Se concluye que una explotación correcta, programada y presupuestada permite mantener la funcionalidad y seguridad de la red con bajo coste, evitando cuantiosas inversiones en nuevas carreteras.

PALABRAS CLAVES: explotación, tramos urbanos y travesías, publicidad, accesos.

Abstract

The article stresses the importance of a correct network management, focusing in the main road network. This management and its relationship with stakeholders have sometimes been neglected due to the continuous effort required, without the reward provided by new works, both socially and politically.

A review of the experience in managing the operation of the Spanish State road network, including the control of activities adjacent to the platform, minimum building distance, urban and cross-town links, advertising limitation and access control.

A conclusion is that proper management, well scheduled and budgeted, maintains the functionality and safety of the road with a low-cost profile, avoiding major investments in new roads, carrying out preventive actions before problems get worse.

KEY WORDS: road management, urban roads, cross-town links, advertising, access control.

1. Introducción

A menudo me he preguntado por qué, a la mayoría de las personas les gustan tanto las cosas nuevas, (en el caso de las carreteras la construcción, y menos su conservación y explotación), mientras en el arte suele ocurrir lo contrario, el rechazo de lo nuevo. Una posible respuesta puede ser que la conservación y explotación de lo existente o la aceptación de lo nuevo en el arte exigen un esfuerzo continuado, sin una gratificación a corto plazo del mismo al no percibirse de forma evidente el trabajo realizado: como dicen los economistas, a todo beneficio futuro hay que aplicarle una tasa de descuento para actualizarlo.

Por eso, en periodos electorales los políticos buscan los réditos políticos de la inauguración de nuevas obras que casi todo el mundo percibe como una mejora evidente, frente al esfuerzo que supone informarse de los problemas de gestión de la explotación, por los frecuentes choques de intereses con los colindantes y ayuntamientos afectados, así como con anunciantes, urbanizadores, etc.

Sin embargo, es cada vez mayor la atención de los expertos y los medios al servicio que prestan las carreteras una vez construidas: lo que exige, además de su adecuada conservación, el mantenimiento de su funcionalidad y seguridad impidiendo que las mismas se degraden por usos ajenos a su función o por actuaciones perjudiciales en sus márgenes para las mismas.

Mientras la conservación tiene como objetivo mantener la carretera como el día de su inauguración, la explotación trata de mantener su funcionalidad y seguridad defendiéndola de factores externos: principalmente ciertas actuaciones en sus márgenes y sus accesos, su uso no adecuado de la misma o unas condiciones meteorológicas adversas.

Por ello, la explotación de las carreteras comprende operaciones tan diversas como el mantenimiento de la vialidad, las encaminadas a la defensa de la vía y su mejor uso, la señalización, la seguridad viaria, la ordenación de

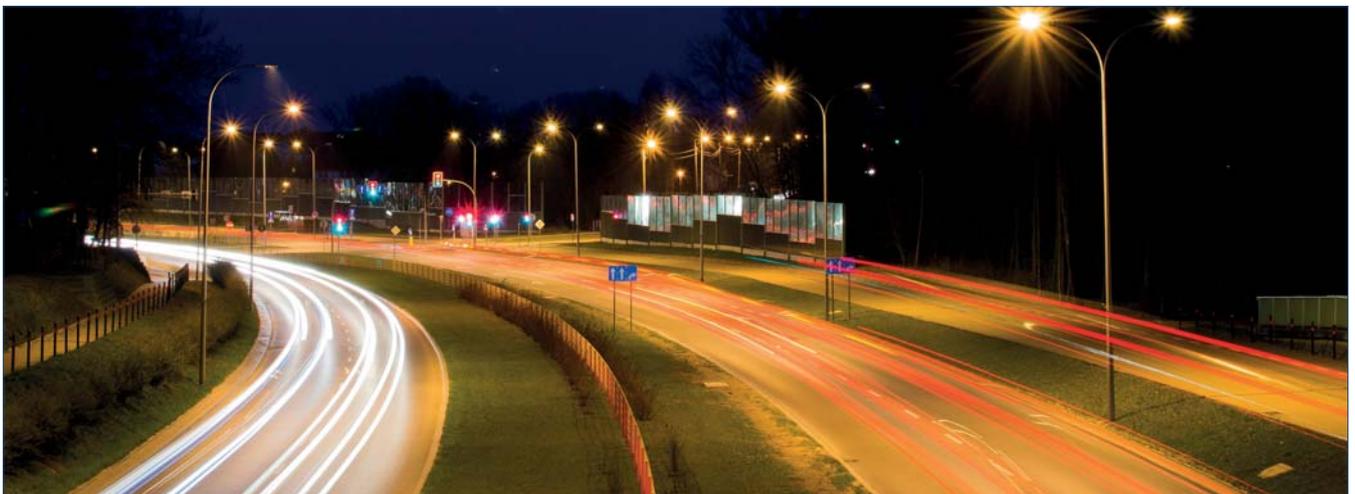
los accesos, la vigilancia del uso de las zonas de protección y la integración ambiental.

Esta defensa de la carretera, sus accesos y sus márgenes, permitirá hacer frente a las necesidades de mayor movilidad y seguridad sin tener que construir nuevas carreteras, que serían necesarias en el caso de no explotar correctamente las existentes, al no permitir su ampliación o degradar su funcionalidad y seguridad con la mezcla de diferentes tipos de tráfico que inducen unos nuevos accesos demasiado numerosos y, a veces, incontrolados.

En el caso de la Red de Carreteras del Estado, cuya función es canalizar los tráficos de largo recorrido de una forma rápida y segura, es necesario conciliar su funcionalidad con el planeamiento urbanístico y la ordenación del territorio, impidiendo que se deteriore su nivel de servicio por excesivos accesos de tráficos locales o por la presión en sus márgenes, que impidan su ampliación o disminuyan su seguridad, y haciendo que los recursos destinados a su construcción por la administración del Estado sean ineficaces a corto plazo. Así ha ocurrido, al menos, en los últimos veinte años por la presión de los desarrollos urbanísticos, comerciales e industriales para conseguir nuevos accesos, sobre todo en la periferia de las grandes ciudades.

En resumen, es necesario dar la mayor importancia a la gestión de la red viaria de forma que se contemple el ciclo de vida completo de las infraestructuras, compatibilizando y coordinando su construcción y posterior conservación, explotación y defensa del medio, considerando que un buen servicio a los ciudadanos exige algo más que la mera ejecución de las infraestructuras.

En el presente artículo, vamos a exponer la experiencia en la gestión de la explotación de carreteras en la Subdirección General de Explotación y Gestión de Red de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento con la legislación de la Ley de Carreteras de 1988, que ha dado lugar a algunos de los cambios realizados en los capítulos correspondientes de la nueva Ley de Carreteras 37/2015, de 29 de septiembre (BOE de 30 de septiembre), para tratar de solucionar algunos de los problemas que se han presentado.



2. Uso y defensa de las carreteras: limitaciones de la propiedad.

Tradicionalmente, se han definido en los márgenes de las carreteras las zonas de dominio público, servidumbre y afección, y la línea límite de edificación, con el fin de regular en ellas los usos permitidos para no perjudicar o impedir su correcta explotación.

En dichas zonas no pueden realizarse obras ni instalaciones, ni usos o servicios que no sean compatibles con la seguridad viaria y las previsiones de explotación o ampliación. Cualquier actividad en ellas mismas deberá ser autorizada por el Ministerio de Fomento.

En la nueva Ley de Carreteras se precisa que, para establecer las zonas de protección, en los nudos, intersecciones, ramales de enlace, cambios de sentido, vías de giro y colectoras distribuidoras y calzadas laterales tendrán la consideración de carreteras convencionales. También se establece que en las vías de servicio solo existirá la zona de dominio público, y en los restantes elementos funcionales, que también se establecen, no existirán limitaciones a la propiedad.

En la zona de dominio público (8 m en autopistas y autovías y 3 m en carreteras convencionales, carreteras multicarril y vías de servicio) no podrán realizarse obras ni instalaciones, excepto si la prestación de un servicio público de interés general lo permite o la exige. No obstante, en los últimos años, se han aprobado otras Leyes Sectoriales (Sectores Eléctrico y de Telecomunicaciones y Leyes de Aguas) que han establecido dicho interés general para sus conducciones, por lo que no puede denegarse la utilización del dominio público para su instalación, aunque están sujetas al pago de un canon por su ocupación (5 por 100 del valor de adquisición de los terrenos), y tienen que cumplir todos los requisitos que se impongan en su autorización para asegurar la seguridad viaria como, por ejemplo, que no sobresalga ningún obstáculo como registros, postes, etc.

Otra novedad de la nueva Ley de Carreteras es la obligación de inscribir en el Registro de la Propiedad los bienes y derechos obtenidos mediante expropiación, y su inscripción gratuita en el mismo. Dicha necesidad ha surgido por la experiencia de transmisiones de bienes expropiados a su titular y adquiridos de buena fe por un tercero, una vez comprobada en el Registro su titularidad: por lo que no puede actuarse legalmente contra él y hay que acudir a los tribunales para recuperar la titularidad pública.

También existen problemas de expropiación del dominio público en travesías de poblaciones, por lo que la Ley de Carreteras 37/2015 establece que dicha expropiación podrá posponerse siempre que no perjudique a la adecuada explotación ni a la seguridad viaria de la travesía.

Otra novedad es la introducción del concepto de zona de limitación a la edificabilidad, que incluye la definición



de la línea límite de edificación y de las zonas de servidumbre acústica de acuerdo con la Ley del Ruido.

La línea límite de edificación (50 m en autopistas y autovías y 25 m en carreteras convencionales y multicarril) se reduce en las variantes de población a 50 m para evitar la contradicción que existe en autovías, donde, dependiendo de si el tramo ha salido a información pública como variante o no, dicha línea se establece a 100 m o 50 m. Ello ha producido numerosos problemas con propietarios y ayuntamientos, sobre todo en los casos donde el planeamiento urbanístico previo a la Ley de Carreteras de 1988 o a la duplicación de la carretera definía como suelo urbano los tramos duplicados de carreteras convencionales convertidos en autovías, cuya protección era de 25 m y pasaba a ser de 100 m o 50 m, dejando fuera de ordenación a numerosas edificaciones, que solo podrían mantenerse a partir de ese momento. Además, técnicamente las variantes se defienden eficazmente controlando sus accesos, sin necesidad de aumentar la distancia de la línea límite de edificación a 100 m.

Un caso especial lo constituye el establecimiento del dominio público en puentes, viaductos y túneles. En los primeros serán de dominio público las cimentaciones y apoyos y 1 m alrededor, además de la proyección vertical sobre el terreno del borde de la estructura. En túneles es de dominio público la proyección sobre el terreno de los hastiales, y zona de afección dos franjas de 50 m a cada lado de la proyección del eje. Esta última limitación puede resultar excesiva en túneles profundos, aunque se mantiene en la nueva Ley.

Los nudos viarios y cambios de sentido, las intersecciones, las vías de giro y los ramales tendrán la línea de edificación a 50 m, medidos horizontal y perpendicularmente desde la arista exterior de la calzada. Donde esta línea se superponga con la de la propia carretera prevalecerá, en todo caso, la más alejada de ésta. Esta prescripción se introduce para evitar la imposibilidad de ampliar enlaces, intersecciones y sus ramales para mejorar su funcionalidad y seguridad, sobre todo en zonas periurbanas.

Todo lo expuesto sobre las limitaciones a la edificabilidad ha hecho que, en los últimos años, haya sido frecuente la necesidad de realizar Estudios de Delimitación de Tramos Urbanos y establecimiento de la Línea Límite de Edificación, para hacer compatibles las determinaciones del planeamiento urbanístico y las de la Ley de Carreteras de 1988, permitiendo la reducción de dicha línea cuando el suelo era urbano, en un Plan General legalmente aprobado con anterioridad a la entrada en vigor de dicha Ley de Carreteras o la duplicación de la carretera. Un caso paradigmático es el de la construcción de las circunvalaciones M-30 y M-40 en Madrid: éstas fueron posibles por un Convenio entre el Ayuntamiento, la Comunidad Autónoma y el Ministerio de Fomento, donde el Ayuntamiento aportaba los terrenos y la construcción se repartía entre la Comunidad y, mayoritariamente, el Ministerio, y donde, actualmente está en tramitación un Estudio de Delimitación de Tramo Urbano y fijación de la línea Límite de Edificación para establecer de forma clara la misma y que los propietarios y la administración sepan claramente los derechos de los colindantes.

Los problemas citados ha llevado a que en la nueva Ley de Carreteras se dé mayor importancia a los Estudios de Delimitación de Tramos Urbanos, estableciendo los tramos que se consideran urbanos y los que se consideran travesías, definiendo en todos ellos la línea límite de edificación y la zona de dominio público y, en los urbanos, la de servidumbre. La línea límite de edificación podrá no ser uniforme y fijarse a una distancia inferior a la genérica, de acuerdo con el planeamiento urbanístico vigente a la entrada en vigor de la Ley de Carreteras 37/2015. Los tramos urbanos de los Estudios de Delimitación aprobados definitivamente, tras su preceptiva información pública, serán entregados a los Ayuntamientos y dichos Estudios deberán actualizarse como mínimo cada cinco años.

Como hemos mencionado la edificación también estará sometida, de acuerdo con la vigente Ley del Ruido, a las restricciones establecidas en las zonas de servidumbre acústica que se definan como consecuencia de los mapas o estudios específicos de ruido que, realizados por la Dirección General de Carreteras, una vez aprobados los mismos y sometidos a la preceptiva información pública. Se pretende evitar con ello las reclamaciones, por parte de los colindantes establecidos en dichas zonas, de costosas medidas de reducción de los niveles de ruido no admisibles existentes en ellas con cargo a la Administración de carreteras.

2.1. Accesos.

Son accesos a las carreteras del Estado las conexiones de éstas con carreteras o cualquier tipo de vía de otra titularidad, con las vías de servicio de la propia carretera, las conexiones directas con núcleos urbanos o con las pro-



iedades colindantes y, en general, cualquier disposición física del terreno que permita la entrada de vehículos a la calzada o su salida de ella.

Los accesos son puntos singulares de la carretera, al mezclarse en ellos tráficos con diferentes características de velocidad y recorrido, por lo que pueden dar lugar a un incremento de la siniestralidad. Por ello, deben limitarse y ubicarse en tramos que, por sus características de trazado, no supongan limitaciones de las distancias de visibilidad. Incluso puede llegar a ser necesaria su reordenación para mejorar la explotación y seguridad de determinados tramos, construyendo vías de servicio que impidan los directos o al menos los reduzcan, concentrándolos y llevándolos a enlaces o a uno directo con buena visibilidad y un diseño adecuado.

La evolución histórica de la red de carreteras del Estado (autopistas de peaje, autovías de tipología muy diferente y carreteras convencionales de características geométricas reducidas) y la estructura territorial de España (concentración de la población dispersa en la costa y ciudades en mancha de aceite, con grandes vacíos de población) ha dado lugar a un número excesivo de accesos en las carreteras del Estado, lo que contribuye a incrementar la peligrosidad de dicha red.

En un estudio estadístico realizado sobre la influencia de las características geométricas de proyecto y de la demanda en la siniestralidad, utilizando el inventario de características geométricas y los datos de accidentes durante tres años sobre un total de 8790 km. (1322 tramos) de los que 3480 km (508 tramos) eran autovías, con una longitud media de 6,6 km, se obtuvo que la influencia del





número de intersecciones y enlaces por kilómetro en el índice de siniestralidad se incrementaba en carreteras convencionales, de 15 accidentes por cada 100 millones de vehículos-kilómetro cuando existían menos de 2 intersecciones por kilómetro, a 25 accidentes por cada 100 millones de vehículos-kilómetro cuando existían más de 10 intersecciones. En el caso de enlaces por kilómetro en autovías la influencia es mucho menor, debido probablemente a que los tramos con más enlaces eran urbanos y, en ellos, se reducía de manera notable la velocidad disminuyendo la gravedad de los accidentes.

Por ello, aunque la Ley de Carreteras de 1988 permitía los accesos directos de las vías de servicio a las calzadas de las autovías, debido a su planificación y construcción como duplicaciones de carreteras existentes, la nueva Ley los prohíbe en ellas y en las variantes y circunvalaciones e, incluso, los de las propiedades colindantes en las carreteras convencionales, que deberán realizarse siempre mediante vías de servicio.

La preocupación por la excesiva proliferación de accesos en las autovías existentes ha llevado a que, en el Programa de Acondicionamientos de Autovías de Primera Generación, una de las actuaciones incluidas en las mejoras de trazado sea la supresión de accesos directos a las calzadas de dichas autovías, mediante la construcción de vías de servicio que los supriman y los lleven a las glorietas del enlace más próximo. Esto ha dado lugar a un nuevo problema, que también se manifiesta en las autovías de nueva construcción: la proliferación de instalaciones de servicio y urbanizaciones en las proximidades de los enlaces, con acceso a las vías de servicio siempre que cumplan con la Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1997, lo



cual es relativamente sencillo al bastar con alejar el acceso la distancia de visibilidad o, al menos, 60 m. Los nuevos tráficos generados por dichos desarrollos pueden dar lugar a niveles de servicio inadecuados en el enlace o, incluso, en el tronco de la autovía, llegando a congestionarla en determinadas horas punta, sobre todo en zonas periurbanas de grandes ciudades cuando se instalan allí grandes centros comerciales o instalaciones deportivas; por lo que se hace imprescindible la realización de estudios de tráfico serios antes de autorizar accesos a vías de servicio en las proximidades de enlaces.

Otro de los problemas de la ubicación de instalaciones de servicio en las proximidades de enlaces de autovías es la competencia de las mismas con las áreas de servicio existentes o planificadas, haciendo que éstas se conviertan en no rentables, al tener que pagar elevados cánones que no soportan las estaciones de servicio próximas a los enlaces y con elevada visibilidad, o imposibilitando la concesión de nuevas áreas. Esto ha dado lugar a una nueva manera de tratar dichas concesiones en la nueva Ley, para permitir que los particulares propietarios de tierras colindantes con autovías propongan la construcción de áreas de servicio, como luego comentaremos, para tratar de conseguir su viabilidad económico-financiera.

También hay que tener en cuenta que la afección a las carreteras estatales puede producirse por desarrollos urbanísticos que no sean estrictamente colindantes con la carretera, pero que pueden ser origen o destino de tráficos que terminen afectando al nivel de servicio de las vías estatales; por lo que la nueva Ley amplía la necesidad de información y coordinación de los planeamientos que tengan influencia en la red estatal, aunque no sean colindantes, con estudios de tráfico que permitan cuantificar dicha influencia.

2.2. Uso de las carreteras y publicidad.

Sobre el uso de las carreteras del Estado la Ley de Carreteras 37/2015 establece que el Ministerio de Fomento podrá imponer limitaciones temporales o permanentes a la circulación en determinados tramos o partes de las carreteras, cuando las exigencias de explotación o seguridad así lo requieran. Asimismo, podrá fijar las condiciones de las autorizaciones de transportes especiales que otorgue la Dirección General de Tráfico y acordar el desvío del tráfico por autopistas de peaje explotadas en régimen de concesión, estableciendo la compensación que corresponda al concesionario.

El Ministerio de Fomento también podrá establecer instalaciones de aforo, estaciones de pesaje y equipamientos integrados en sistemas inteligentes de transporte. Asimismo, facilitará la instalación de áreas de servicio, áreas de descanso y aparcamientos seguros para el buen funcionamiento de la circulación.



Los aparcamientos seguros serán áreas de descanso que dispondrán de características y servicios específicos para garantizar la seguridad de los conductores, sus vehículos y mercancías, tales como vallado perimetral, iluminación, cámaras de video-vigilancia o accesos controlados por barreras de seguridad. Su régimen de seguridad, información en tiempo real sobre su ubicación, disponibilidad y tarifas deberá estar disponible en una web del Ministerio de Fomento para toda la Red Transeuropea, aunque su gestión y propiedad sea privada. En la autopista de peaje AP-7, en Cataluña, ya están en servicio los dos primeros aparcamientos seguros.

La nueva Ley de Carreteras de 2015 establece una nueva posibilidad para la construcción de áreas de servicio, al permitir que cualquier interesado pueda solicitar la concesión de un área, incluyendo en su solicitud la documentación acreditativa de su personalidad, la titularidad de los terrenos u opción de compra, y una memoria indicativa de la situación y características del área o la instalación cuya concesión se interese acompañada del pertinente estudio de carreteras, que incluirá su localización, accesos, instalaciones y viabilidad.

La admisión a trámite de la solicitud de un área de servicio se resolverá en un plazo máximo de un mes desde la presentación de la solicitud, acordándose llevar a cabo el trámite de información pública como en las áreas de servicio de promoción pública, siempre que el área propuesta cumpla los requisitos técnicos, funcionales y de seguridad.

Esta nueva posibilidad se ha introducido en la nueva Ley, al constatar las dificultades financieras de las áreas de servicio en funcionamiento, lo que ha llevado a algunas a no pagar los elevados cánones anuales, solicitando su aplazamiento, o a cerrar determinados servicios, y a no presentarse licitadores en las de nueva adjudicación, debido a la competencia de las instalaciones existentes en las proximidades de los enlaces, como ya se ha comentado; a lo que se ha añadido la disminución del tráfico que se ha producido en los últimos años a consecuencia de la crisis económica.

Respecto a la publicidad, excepto en tramos urbanos, queda prohibida en cualquier lugar que sea visible desde

las calzadas de la carretera, en lugar de ser visible desde el dominio público como establecía la Ley de Carreteras de 1988, lo que parece lógico pues de lo que se trata es evitar distracciones de los conductores que circulan por la calzada.

En suelo calificado como urbano y fuera del dominio público, las autorizaciones de publicidad corresponden a los ayuntamientos, por lo que no es posible sancionar dicha publicidad aunque sea visible desde las calzadas, pudiéndose únicamente exigir que la instalación de la misma no pueda caer sobre la calzada, lo que limita su altura en función de la distancia al borde de la calzada más próxima. Esta posibilidad no se ha interpretado siempre así con la Ley de Carreteras de 1988 y su Reglamento, lo que ha dado lugar a numerosos expedientes sancionadores que han sido anulados por los tribunales, que han reconocido la legalidad de los Ayuntamientos para autorizar publicidad en suelo urbano.

El problema principal con los expedientes sancionadores es tramitarlos en el plazo legal: un año a partir del inicio del expediente, ya que los tribunales interpretan que dicho inicio se cuenta desde la primera comunicación al interesado de la infracción y no desde el acuerdo de iniciación una vez obtenida la respuesta del interesado. Tampoco está clara la gravedad de la sanción y, por tanto, la sanción correspondiente en caso de reincidencia del responsable de la publicidad, que en muchos casos son empresas a las que les compensa pagar las sanciones siempre que puedan seguir cobrando de los anunciantes mientras se resuelve el expediente.

3. Travesías y tramos urbanos.

En la Ley de Carreteras de 1988 se consideraba tramo urbano a todo el que discurriera por suelo calificado como urbano en el planeamiento urbanístico vigente y legalmente aprobado. La nueva Ley añade a lo anterior que estén reconocidos como tales en un estudio de delimitación de tramo urbano aprobado por el Ministerio de Fomento, a instancias del Ayuntamiento interesado o por iniciativa propia.

La parte del tramo urbano en la que existan edificaciones en, al menos, dos terceras partes de su longitud en ambas márgenes y un entramado de calles conectadas con la carretera en, al menos, una de sus márgenes será considerada travesía, coincidiendo en este punto la vigente Ley y la nueva.

En las travesías el otorgamiento de autorizaciones en los terrenos y edificaciones colindantes con la carretera corresponderá a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento siempre que los mismos estén en dominio público. No obstante, si la travesía no está incluida dentro de algún tramo urbano, definido por las dos condiciones antes mencionadas, las autorizaciones en el resto de zonas de protec-



ción de la carretera también corresponderán a dicha Dirección General.

La nueva Ley también especifica que se consideran colindantes los terrenos y edificaciones que sean contiguos a la arista exterior de la explanación y que, donde haya aceras, isletas, jardines o medianas contiguas al plataforma, con interposición o no de vías de servicio de titularidad estatal, dicha arista se referirá a los situados como máximo a 2 m de distancia desde el borde de la plataforma, o al borde de la acera más alejado de la carretera si su distancia al bordillo es menor de 2 m. Dichas precisiones vienen motivadas para tratar de solucionar los problemas de competencias y responsabilidades que se vienen produciendo en las actuales travesías de la red estatal, donde los Ayuntamientos conceden autorizaciones, por ejemplo para la instalación de terrazas de bares en aceras o aparcamientos, sin solicitar la autorización de la Dirección General de Carreteras, con los problemas de explotación y disminución de la seguridad viaria que ello puede ocasionar.

La realización de Estudios de delimitación de tramos urbanos en toda la red del Estado debe ser un objetivo prioritario de la Subdirección General de Explotación y Gestión de Red, para aclarar la situación legal de todos los tramos que sean urbanos y travesías, e iniciar la tramitación administrativa de entrega a los ayuntamientos de todos los que adquieran la condición de vías urbanas, bien por acuerdo de dichos ayuntamientos y el Ministerio de Fomento, o por resolución del Consejo de Ministros en caso contrario.

El Ministerio de Fomento también promoverá los acuerdos oportunos para transferir a la Administración que corresponda las carreteras o tramos de las mismas que, siendo titularidad del Estado, no cumplan los requisitos para formar parte de la Red de Carreteras del Estado, cuya función constitucional es servir a los tráfico de largo recorrido, a los puertos y aeropuertos de interés general y a los principales pasos fronterizos.

Con la transferencia de tramos urbanos y travesías, así como de los tramos interurbanos que no cumplan funciones estatales, se logrará que la titularidad y la funcionalidad de las carreteras no presente disfunciones para su explotación y seguridad viaria como sucede, en algunos casos, en la actualidad.

4. Conclusiones.

A lo largo de este artículo he tratado de poner de manifiesto la necesidad de una explotación correcta y programada de la red de carreteras del Estado para conseguir un adecuado funcionamiento de la misma, considerando que un buen servicio a los ciudadanos exige algo más que la mera ejecución y conservación de las infraestructuras. A dicha necesidad puede añadirse que la actividad administrativa de la gestión de la explotación no solo es necesaria, sino que es generadora de ingresos para el Estado, por el pago de los diferentes cánones por los informes y autorizaciones que la misma comporta.

No debe olvidarse que el objetivo fundamental de la red estatal es servir de forma eficaz, rápida y segura a los tráficos de largo recorrido, asegurando la accesibilidad a los principales núcleos de población, los puertos y aeropuertos de interés general y los principales pasos fronterizos, sin que ello sea obstáculo para canalizar otros tráficos siempre que no pongan en peligro dichos objetivos, y permitiendo de esta forma alcanzar una rentabilidad económica mínima de las inversiones que sin ellos sería difícil conseguir. Para ello, es imprescindible coordinar el planeamiento viario con el urbanístico y el territorial, realizando completos estudios de tráfico que aseguren que los nuevos tráficos generados por desarrollos urbanos planificados no pongan en peligro el nivel de servicio de las carreteras estatales.

En la actualidad, como consecuencia del desarrollo histórico de la red de carreteras del Estado, existen excesivos y, a veces, inadecuados accesos a las carreteras estatales que disminuyen su seguridad: por lo que parece una tarea prioritaria su reordenación y disminución. Asimismo, existen numerosos tramos que han perdido su funcionalidad por la construcción de nuevas carreteras, sobre todo en zonas urbanas, que habría que transferir a otras administraciones para impedir que la D. G. de Carreteras del Ministerio de Fomento vuelva a ser de carreteras y caminos vecinales. Para inventariar dichos tramos es urgente y necesario realizar estudios de delimitación de tramos urbanos, que incluyan la definición de la parte de travesía para que, según establece la nueva Ley, se conozcan las competencias e informes necesarios para la autorización de actuaciones en sus márgenes.

Para terminar me gustaría poner de manifiesto que la necesidad del mantenimiento de lo existente, una vez creado, no es algo que haya surgido en tiempos modernos; pues ya fue evidente en culturas tan refinadas y antiguas como la hinduista que, ya en el II milenio a. C., explica el funcionamiento del universo mediante una "trinidad", considerando que no era suficiente con un dios creador (Brahma) frente a la fuerte y constante fuerza de la destrucción (Shiva), por lo que era imprescindible que existiese un dios preservador de lo creado (Visnú). ❖

Ejecución de los trabajos de estabilidad en terraplén del PK 167 de la autovía A-8 en Liendo (Cantabria)



Execution of Embankment Stabilization Works in Highway A-8 (km 167) in Liendo (Cantabria)

Felipe Collazos Arias

*Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos e
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.*

*Profesor Asociado de la Universidad de Cantabria.
Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria. Ministerio de Fomento.*

Resumen

Este artículo analiza la última experiencia reciente en reparación de un terraplén debido a problemas iniciales de fisuración de la calzada. Esta patología observada en un terraplén con una altura máxima de unos 20 m del PK 167 de la autovía A-8 en Liendo (Cantabria), el día 8 de febrero de 2013, se produjo con un gran deslizamiento con fuertes desplazamiento en horizontal y vertical de la calzada dirección Santander, de orden de 30 y 100 cm respectivamente, habiéndose tenido que cortar al tráfico esa calzada y colocándose de forma urgente carriles metálicos en la mediana para evitar que el deslizamiento afectase a la otra calzada.

Se plantearon las actuaciones necesarias para abrir al tráfico la calzada en dirección Santander que había sido necesario cortar debido a los daños que presentaba. El tráfico de esta calzada se había desviado a la calzada sentido Bilbao (1 carril por sentido).

La proximidad de la Semana Santa hacía necesario restaurar el tráfico por las dos calzadas en un corto periodo de tiempo: lo que obligó a efectuar unos trabajos iniciales de estabilización que permitieran dar servicio por la calzada en unas condiciones de seguridad adecuadas, entre una de las obras, la ejecución de 248 pilotes de mortero de 62 cm de diámetro de entre 20 y 26 m de profundidad

Abstract

This article analyzes a recent experience repairing an embankment affected by problems of pavement cracking. The damage was observed in a embankment in Highway A-8 (km 167) in Liendo (Cantabria), with a maximum height of about 20 m, and it took place on February 8, 2013, after a strong landslide with large horizontal and vertical displacements in the westbound carriageway, of approximately 30 and 100 cm respectively. It was necessary to close the road to traffic and to place urgently metal rails in the median to prevent an impact on the eastbound carriageway.

To keep the road open to westbound traffic towards Santander, all traffic was diverted to the eastbound carriageway (a single lane for each direction). Due to the proximity of Easter period it was necessary to restore traffic on both carriageways in a short period of time; therefore it was necessary to carry out some initial stabilization works to allow to use the road in a adequate and safe way, starting with the construction of 248 mortar piles, 62 cm diameter and between 20 and 26 m deep, in an area of 20 + 80 + 20 m, centered of course in the area with the most important damage. The study of a long-term treatment was left for a second phase.

en una extensión de 20+80+20 m, centrada, lógicamente, en la zona con una patología más importante. Dejando el estudio del tratamiento destinado a corregir el tratamiento a largo plazo para una segunda fase.

Las actuaciones fueron consecuencia de los continuos temporales de lluvia y condiciones climatológicas adversas durante los meses de enero y febrero de los años 2012 y 2013, que produjeron daños singulares a varios taludes de carreteras del Norte de España. El objetivo de la reparación fue restablecer la seguridad vial y la estabilidad de la propia carretera.

Todas las actuaciones presentadas en este artículo han demostrado ser válidas a lo largo del último año de explotación de la carretera.

PALABRAS CLAVES: Terraplén, movimientos, tráfico, estabilización, pilotes.

These actions were the result of heavy rainstorms and adverse weather conditions during the months of January and February 2012 and 2013, which affected several road embankments in the North of Spain. The aim was to restore traffic safety and the stabilization of the road.

All actions described in this article have been proven valid over the last year.

KEY WORDS: Embankments, earthworks, traffic, stabilization, piles

Esta comunicación analiza la última experiencia reciente en reparación de un terraplén debido a problemas iniciales de fisuración de la calzada. Esta patología observada está situada en terraplén del PK 167 de la autovía A-8 en Liendo (Cantabria). Entre una de las obras, se han ejecutado 248 pilotes de mortero de 62 cm de diámetro de entre 20 y 26 m de profundidad en una extensión de 20+80+20 m, centrada, lógicamente, en la zona con una patología más importante, con una longitud total de 5704 m.

1. Antecedentes

El día 8 de febrero de 2013 se produjo un gran deslizamiento con fuertes desplazamiento en horizontal y vertical de la calzada dirección Santander, de orden de 30 y 100 cm respectivamente, habiéndose tenido que cortar al tráfico esa calzada y colocándose de forma urgente carriles metálicos en la mediana para evitar que el deslizamiento afectase a la otra calzada.

Las actuaciones fueron consecuencia de los continuos temporales de lluvia y condiciones climatológicas adversas durante los meses de enero y febrero de 2013, que produjeron daños singulares a varios taludes de carreteras del Norte de España. El objetivo de la reparación fue restablecer la seguridad vial y la estabilidad de la propia carretera.

Se plantearon las actuaciones necesarias para abrir al tráfico la calzada en dirección Santander que había sido necesario cortar debido a los daños que presentaba. El tráfico de esta calzada se había desviado a la calzada sentido Bilbao (un carril por sentido).

La proximidad de la Semana Santa hacía necesario restaurar el tráfico por las dos calzadas en un corto periodo

de tiempo lo que obligó a efectuar unos trabajos iniciales de estabilización que permitieran dar servicio por la calzada en unas condiciones de seguridad adecuadas. Las obras se iniciaron el día 13 de febrero de 2013, dejando el estudio del tratamiento destinado a corregir el tratamiento a largo plazo para una segunda fase siendo su fecha de terminación el día 7 de octubre de 2014.

Todas las actuaciones presentadas en este artículo han demostrado ser válidas a lo largo del último año de explotación de la carretera.

3. Condicionantes climáticos

Desde un punto de vista regional, el clima de la zona es de tipo atlántico, templado húmedo, y está condicionado en gran medida por la orografía marcadamente abrupta y por la relativa cercanía al mar, el cual ejerce un efecto amortiguador. Cabe destacar la abundancia de situaciones climáticas de tipo húmedo, entre ellas el tiempo borrascoso que hubo en el Norte peninsular hasta el día 27 de enero de 2013, acumulando grandes cantidades de precipitación. Especialmente notable fue la ciclogénesis explosiva que ocurrió el día 19, con intensas precipitaciones, tormentas, granizo, nieve en cotas bajas y vientos fuertes.

Para el estudio del clima se han tenido en cuenta los últimos datos de precipitación recogidos del observatorio meteorológico de Treto, dependiente de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). En ellos se registraron 262 mm de precipitación en enero de 2013, teniendo un carácter pluviométrico muy húmedo (255 %) respecto a la normal 124 l/m². En promedio para toda Cantabria este mes de enero de 2013 se han recogido 291 l/m², un

230 % de los 127 l/m² de media en el periodo 1971-2000, el tercero más lluvioso desde 1931.

En promedio para toda Cantabria en febrero de 2013 se recogieron 275 mm, un 252 % de los 109 mm de media en el periodo 1971-2000, el segundo más lluvioso desde 1931 (346 mm), siendo extremadamente húmedo (292 %) en la zona de Treto con 301 l/m² respecto a la normal de 103 l/m².

Estos datos podrían servir para intentar predecir comportamientos de taludes, tal y como han hecho diferentes autores [1]. Aplicando nuestros datos cántabros a los criterios de Lumb (1975, para Hong Kong) y de Onodera (1974, para Japón) resultaría que el riesgo de corrimientos sería "grave" para Lumb y de "ocurrencia" para Onodera [2].

4. Marco geomecánico

4.1. Contexto Geológico

Desde el punto de vista geológico, Cantabria se sitúa en el reborde septentrional de la Placa Ibérica o Macizo Hespérico (antiguo Zócalo ibérico), lo que ha supuesto que el territorio que hoy la constituye haya conocido desde el inicio del Paleozoico etapas de gran actividad orogénica y otras de relativa tranquilidad, lo que le ha hecho permanecer alternativamente sumergido o emergido. El primer caso ha permitido la acumulación de sedimentos de origen marino (calizas principalmente), mientras que el segundo ha coincidido con etapas de desmantelamiento erosivo de la superficie que han determinado los principales rasgos del relieve de cada momento y permitido la acumulación de sedimentos de origen continental (esencialmente terrígenos) en las áreas litorales.

El conjunto cronoestratigráfico mejor representado en la región es el Mesozoico, el 77,4 % de su superficie. De ellos, el 55 % correspondiente al periodo Cretácico. Del porcentaje restante de la superficie de la región, 13,6 % corresponde a la era Paleozoica y el 9 % a la era Cenozoica [3].

En el territorio de Cantabria las formaciones litológicas más representativas corresponden a las facies Weald y a los materiales calizos. A modo de resumen, cabe señalar que la caliza es un material característico del sustrato de Cantabria, lo que convierte a la región en uno de los principales conjuntos kársticos a nivel nacional. Son frecuentes en esta zona donde discurre la autovía, las formas kársticas derivadas de la disolución de la caliza, lo que ha dado lugar habitualmente a la aparición de depresiones del terreno (torcas, dolinas, etc.) y otras morfologías típicas de la karstificación. En las partes bajas, las pizarras, margas y arcillas contribuyen a conformar su relieve. En la actualidad, los componentes geológicos que ofrecen un especial interés en la zona son el Diaporo Salino, el Glaciar, el Karst, el Poljé y el sistema Dunar.

4.2. Contexto Geomorfológico e Hidrogeológico

El terraplén objeto de estudio se encuentra en el PK 167 de la autovía A-8 en el término municipal de Liendo (Cantabria). Se sitúa en una ladera natural con una inclinación aproximada de 17°, con una altura máxima de unos 20 m en el lado del mar y de unos 3-4 m en el lado de la montaña. El material con el que se ejecutó el terraplén procede del desmonte cercano excavado en lutitas (Cretácico Inferior) [4] por lo que la naturaleza del suelo es arcillosa, según se confirma con los sondeos realizados.

Las peculiaridades hidrológicas del Valle de Liendo son una consecuencia del modelo kárstico ejercido en el terreno. La depresión o *poljé* de Liendo hace que todos los cursos de agua del término municipal desciendan hasta el valle y continúen el desnivel, generalmente en dirección norte, hasta llegar al desagüe localizado en un sumidero en el barrio Isequilla, y atravesar el gran macizo de Candina (Fig. 1).

En su desarrollo, el terraplén intercepta una vaguada que en la actualidad presenta un drenaje deficiente. En el lado de la montaña, donde el terraplén presenta su menor altura, existe una cuneta rectangular hormigonada que desaparece vertiendo el agua directamente en el terreno.



Figura 1. Mapa de localización general. Fuente: Visor del Gobierno de Cantabria-IGN

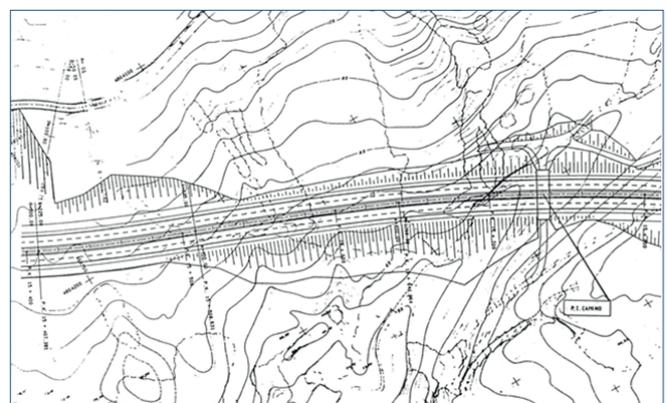


Figura 2. Planta de terraplén tomada del Proyecto de Construcción (1995)



Figura 3. Vista del vertedero del pie del terraplén que se muestra al fondo

Esta discurre por el pie del terraplén encharcando el camino existente e infiltrándose buena parte en el terreno. Los trabajos forestales realizados recientemente ladera arriba de la calzada pueden haber modificado la escorrentía en esa zona.

En la Fig. 2 se incluye la planta del terraplén afectado, tomada del Proyecto de Construcción de la Autovía (1995). El entorno donde se ha producido la inestabilidad no es, como se puede ver en la planta, la zona de mayor altura del terraplén, sino el arranque del mismo en sus 60-80 m iniciales.

No se incluye en la planta de Proyecto un vertedero de la época de construcción de la autovía que se encuentra adosado al terraplén, en la margen derecha de la vaguada (Fig. 3).

5. Reconocimiento disponible para el diseño de las medidas de estabilización

5.1. Topografía

La cartografía disponible de la zona de estudio se componía, además de la planta del Proyecto de Construcción anteriormente indicada, de una planta topográfica más actual en una banda de unos 75 m a ambos lados de la calzada y de una planta topográfica con mayor grado de detalle pero de extensión muy limitada.

5.2. Reconocimiento Geotécnico e Instrumentación Inclinométrica

La campaña de reconocimiento geotécnico ha consistido de la realización de 9 sondeos y 16 ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, siendo todos realizados por la empresa ICINSA.

Es importante indicar expresamente que los trabajos de la campaña de reconocimiento se han tenido de acomodar a los propios trabajos de estabilización que se han realizado en la calzada (descritos en un apartado posterior): por lo que, en ocasiones, se ha tenido que disminuir el tiempo de ejecución de los sondeos o han quedado inservibles los inclinómetros instalados. Se documentaron todos los levantamientos de los sondeos y las cajas con los testigos.

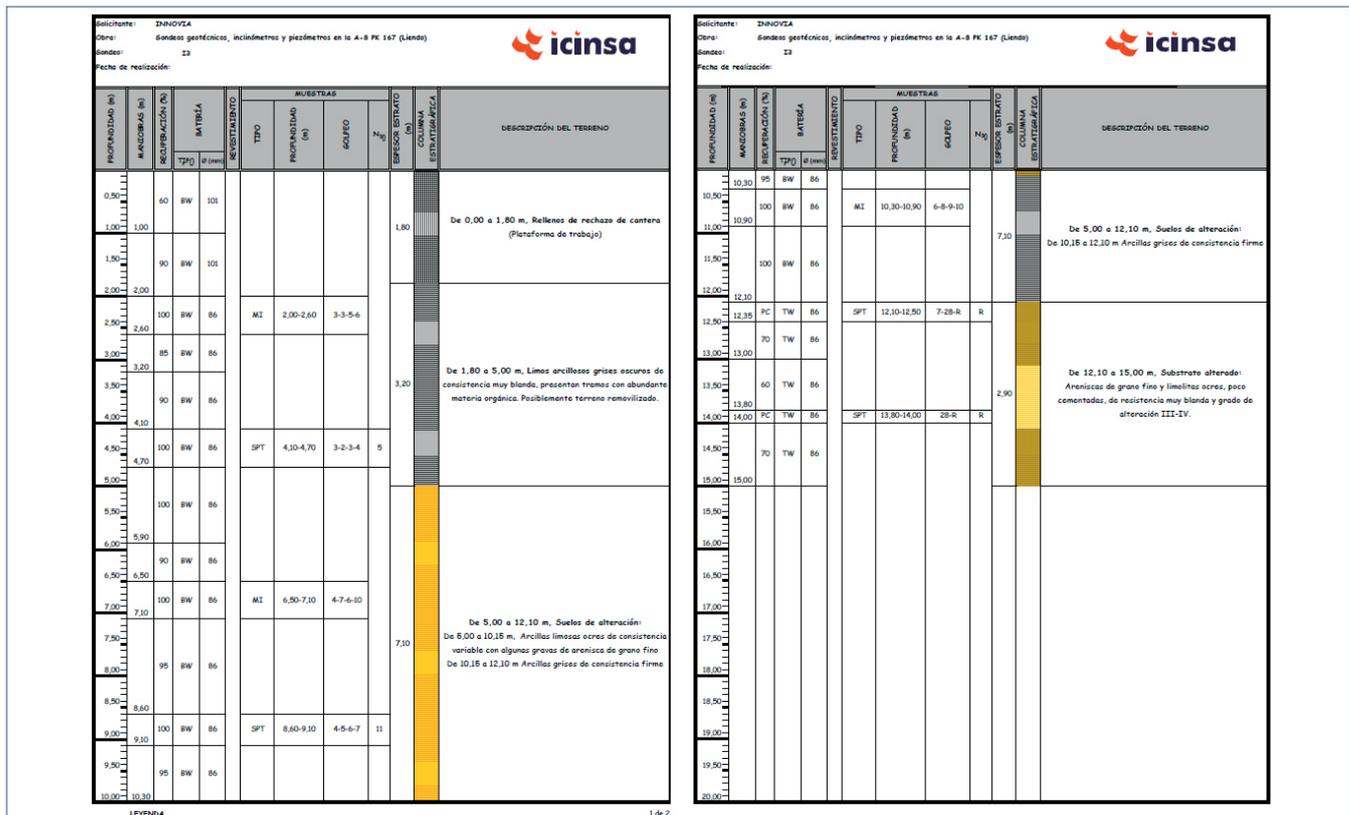


Figura 4. Sondeo I3



Figura 5. Planta de situación del reconocimiento geotécnico.

Los sondeos que inicialmente se ejecutaron fueron los **sondeos I1 e I2**, cuya misión fundamental era la instalación de inclinómetros que permitieran definir la profundidad de la inestabilidad. Su longitud ha sido de 30 m y se han situado en el arcén exterior de la calzada (Fig. 5). Por la urgencia en su ejecución se han realizado a destroza (sin recuperación de testigo), siendo los movimientos registrados en la dirección perpendicular a la calzada. En el caso del inclinómetro I1, el torpedo sólo bajaba a 12 m de profundidad a partir del 04-03-2013.

Los **sondeos I3 e I4** se situaron en el camino existente en el talud del terraplén. La profundidad alcanzada es de 15 m y se realizaron con recuperación continua de testigo y toma de muestras y ensayos SPT cada 2 m de forma alternativa.

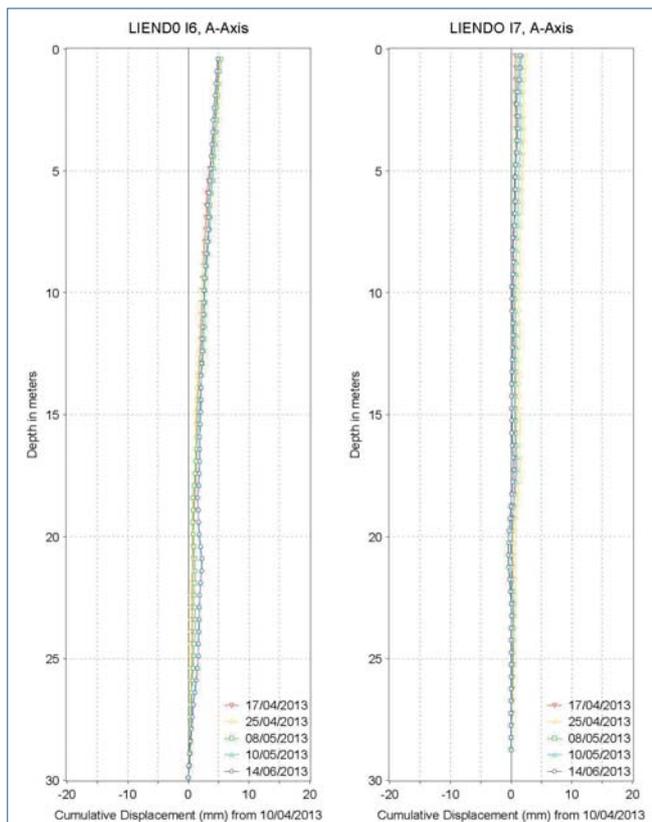


Figura 6. Movimientos registrados en los inclinómetros I6 e I7

De forma sintética, en ambos sondeos se puede ver cómo, bajo un nivel de rellenos de unos 4,5-5 m, existe una capa referida como “suelos de alteración” (arcillas limosas ocres) de un espesor aproximado de 5 m la parte más alterada y de 22 m la más compacta. Los golpes SPT en los 5 m superiores de dicha capa son 11 y 12. Bajo este nivel, se encuentra el sustrato rocoso (areniscas de grano fino y limolitas) con diferentes niveles de alteración, pero siempre con golpes SPT de rechazo (Fig. 4).

El **sondeo I5** se perforó en el carril interior de la calzada afectada, formando un perfil con los sondeos I1 e I3. La longitud fue de 20 m, ejecutándose sólo los 16 m superiores con recuperación continua de testigo y toma de muestras y ensayos SPT cada 2 m de forma alternativa. Los 4 m finales, por la urgencia de ejecución se realizaron a destroza.

En este sondeo se aprecia un nivel superior de materiales limoarcillosos con gravas, en un espesor de unos 12,8 m que conforman los rellenos del terraplén. Los golpes del SPT son R, 22, 34, R y 22. Bajo este material se encuentra un nivel de sustrato alterado de litología limolítica, con un único ensayo SPT que mostró rechazo.

Los **sondeos I6 e I7** se realizaron en el carril exterior de la calzada afectada una vez acabada la ejecución de los pilotes en las proximidades de los iniciales I1 e I2. Su longitud fue de 30 m, siendo perforado el I6 a destroza y el I7 con recuperación continua del testigo y toma de muestras y ensayos SPT cada 2 m de forma alternativa.

En el levantamiento de este sondeo I7 se describe la presencia de 12,5 m de materiales arcillosos-limosos con alguna presencia de gravas, que constituye el relleno del terraplén. Los golpes de los SPT son 12, 14 y 19. Bajo este nivel existe un estrato de 12,3 m de suelos de alteración, con un nivel superior de unos 7 m de material menos competente y alterado de golpes SPT 22, 21 y 33. Los 5 m inferiores del nivel de alteración presenta golpes SPT de 41 y R. Finalmente, se localiza en el sondeo el sustrato rocoso sano (alternancias de areniscas y limolitas) con un grado de alteración II. Los movimientos registrados en los inclinómetros I6 e I7 perpendiculares a la calzada se pueden ver en la figura 6. Denotan la estabilización de los movimientos posteriormente a la realización del tratamiento inicial del terraplén.

Adicionalmente, para poder disponer de medidas de niveles de agua en el terraplén y en el terreno natural, se perforaron 2 sondeos a los que se les dotó de tubería ranurada de PVC. El **sondeo Pz1** se situó en el carril exterior de la calzada y se perforó (20,75 m) con recuperación continua de testigo y toma de muestras y ensayos SPT cada 2 m de forma alternativa. En el levantamiento de este sondeo se describe la presencia de 12,2 m de materiales arcillosos-limosos con alguna presencia de gravas, que constituye el relleno del terraplén. Los golpes de los SP son 11, 7, 10, 15 y R. Bajo este nivel existe un estrato de 7 m de suelos de alteración con unos golpes SPT de 30 y 27. Finalmente, se localiza en el sondeo el sustrato rocoso sano (alternancias

de areniscas y limolitas) con un grado de alteración IV.

En el caso del **sondeo Pz2**, situado en el camino sobre el terraplén, la perforación fue a destroza.

Los niveles de agua detectados en los piezómetros son bastante estables y se encuentran a 8 m de profundidad en el Pz1 y a 1 m en el Pz2. Adicionalmente a estos sondeos, se ejecutaron un total de 16 penetrómetros tipo DPSH; 8 de ellos en la calzada (previa preperforación del aglomerado) y los restantes siguiendo el camino situado en el talud del terraplén, en el lado más próximo al mismo (Fig. 5).

Del registro de los golpes se indica en el caso de los ensayos realizados en el camino del terraplén, se observa cómo la profundidad del rechazo va aumentando a medida que el camino va descendiendo, ya que el espesor del relleno a atravesar es menor. Los niveles superiores de material, que corresponden al relleno, presentan golpes bajos.

5.3. Control topográfico de movimientos

Como medida complementaria para poder evaluar la efectividad del tratamiento, así como para poder determinar la cinemática de los movimientos registrados y la extensión de la zona afectada, se llevó a cabo una campaña de medidas topográficas de movimientos tanto de puntos del terraplén y entorno de la obra, como de la propia calzada. Estos trabajos se enviaron al Laboratorio de Geotecnia del CEDEX.

De los movimientos registrados en cada punto durante el periodo de lecturas durante el mes de marzo de 2013 se puede observar cómo los movimientos siguen trayectorias sensiblemente perpendiculares al eje de la calzada, a excepción de los puntos próximos al relleno incontrolado existente en el pie del relleno en su zona de menor altura.

Los movimientos registrados en el periodo previo al inicio de las obras de reparación son elevados, superiores a 20 cm en algunos puntos. Durante los trabajos de reparación los movimientos disminuyeron en gran medida, hasta unos 3-4 cm como máximo. Tras la finalización de los trabajos de reparación, los movimientos tanto en la calzada como en el talud prácticamente han desaparecido.

Según la información disponible, en todos los casos se observa que se ha producido una disminución muy sensible de los movimientos, lo que hace pensar que las condiciones de estabilidad del talud han mejorado sensiblemente.

6. Trabajos de estabilización

6.1. Primera Fase

Como consecuencia del Informe emitido por el CEDEX en febrero de 2013, se realizó un tratamiento de estabilización del cuerpo del terraplén mediante la ejecución de unos pilotes de mortero de unos 62 cm de diámetro en una extensión de 20+80+20 m, centrada, lógicamente, en la zona con una patología más importante (Figs. 7,8 y 9).

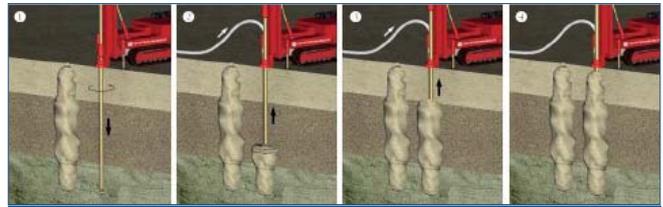


Figura 7. Esquema de la ejecución de los pilotes de mortero. Fuente: guía técnica Soletanchebachy 2012



Figura 8. Vista general del tratamiento mediante pilotes de mortero



Figura 9. Vista de detalle de las máquinas durante la ejecución de los pilotes

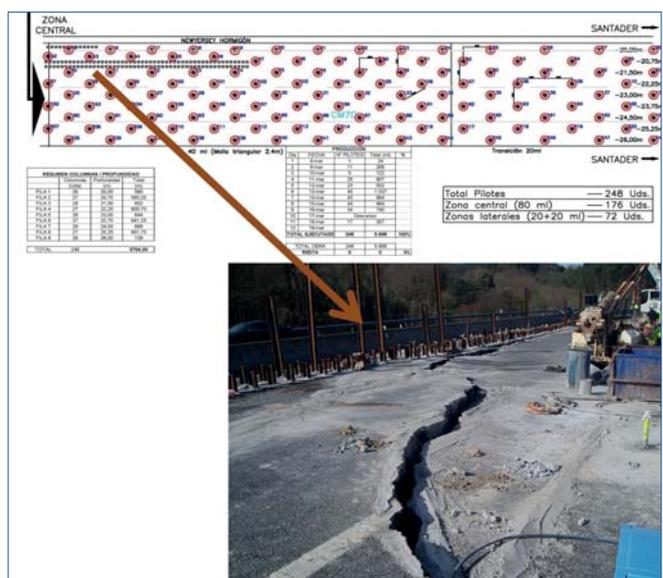


Figura 10. Planta del tratamiento de pilotes de mortero realizada.



Figura 11. Vista panorámica de la zona a estabilizar



Figura 12. Vista de la zanja drenante de dimensiones de 4,00 x 2,50 m situada al pie del terraplén lado montaña

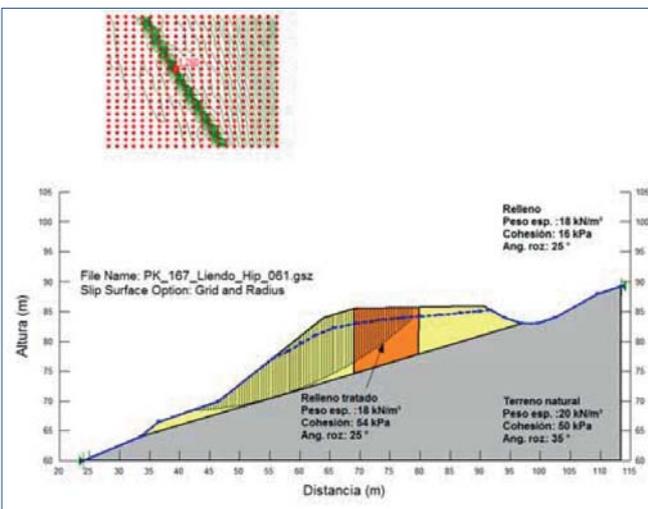


Figura 13. Estudio de estabilidad con el tratamiento de columnas de suelo-cemento. FS =1,250. Sección de la carretera en la Fig. 11

Este trabajo se realizó entre los días 6 y 18 de marzo de 2013.

En las franjas laterales de 20 m el tratamiento se dispuso en planta triangular de 2,4 m de lado y una altura de 2,7 m, lo que supone un pilote cada 6,25 m² aproximadamente. En la zona central de 80 m, el tratamiento realizado fue en malla triangular equilátera de 2,4 m, que supone un pilote cada 5 m².

La planta del tratamiento finalmente ejecutado se incluye en la Fig. 10 donde también se indica la profundidad alcanzada por lo pilotes que está comprendida entre 20 m en la zona central de la calzada y 26 m en la zona del carril exterior.

Se tomaron durante la ejecución de los pilotes diferentes probetas del mortero empleado y, como valor medio de diseño, la resistencia a compresión simple a 28 días ha sido de 2 MPa.

También, y con carácter previo a la ejecución de los pilotes de mortero, se estaba realizando la zanja dren situada en el pie del terraplén del lado montaña, prevista en una Nota emitida por la DGC el 13 de febrero para cortar los flujos de agua provenientes de la ladera (Fig. 11 y Fig. 12). Asimismo se han realizado drenes subhorizontales desde el camino del pie del terraplén de una longitud que permite alcanzar la mediana entre calzadas. Como es habitual en este tipo de tratamiento de drenaje, el comportamiento los drenes es muy dispar, habiendo drenes que (con fecha 14 de junio 2013) muestran un ligero chorro de agua (números 2, 4, 8 y 11), otros que sólo gotean (números 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 y 18) y otros que están secos (números 17 y 19).

– **Análisis De La Estabilidad Del Terraplén.**

Antes de ejecutar las columnas de mortero, al ser el material a tratar de naturaleza fundamentalmente arcillosa se ha estimado una resistencia a compresión simple del material tratado de 1,5 - 2,0 MPa, habiéndose realizado los cálculos con un valor medio de 1,5 MPa.

Considerando el tratamiento de estabilización y asimilando el comportamiento del conjunto suelo-columna

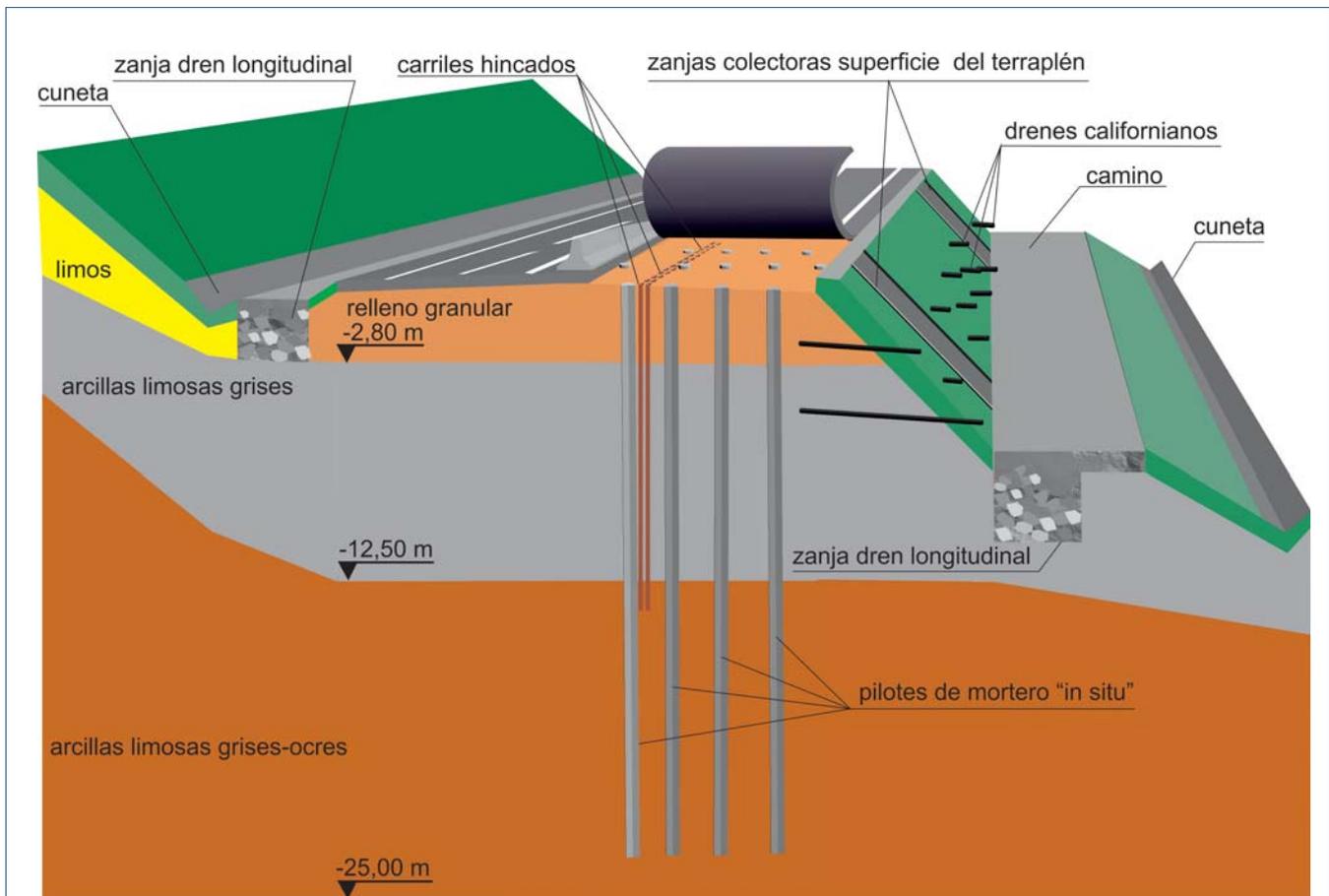


Figura 14. Estabilidad de terraplén en Liendo del PK 167 de la Autovía A-8 en Liendo (Cantabria)

a un suelo virtual tratado, a partir de la disposición y resistencia y diámetro de columnas, se ha estimado una cohesión efectiva de 0,5 MPa, manteniendo un ángulo de rozamiento de 25°. El factor de seguridad obtenido considerando esta hipótesis conservadora, es de 1,25 (Fig. 11 y Fig. 13), que representa un incremento de 0,25 frente a la situación inicial del terraplén.

6.2. Segunda Fase

Las obras ejecutadas en esta fase se realizan en el margen derecho de la calzada sentido Santander y el asfaltado se realiza en calzada izquierda. Las obras comienzan con la ejecución de una zanja drenante al pie del talud del terraplén para recoger todas las aguas de dicho terraplén y canalizarlas hasta una salida inferior aguas abajo como sistema de drenaje profundo, reforzado con una cuneta que recoge las aguas de manera superficial. Además se hacen labores de limpieza y desbroce de todo el talud del terraplén, junto con hidrosiembras y plantaciones arbustivas para contribuir a la sujeción adecuada del mismo (Figuras 14 y 15).

Se complementa con un sistema de drenaje en los lugares necesarios para mediante tubos PVC hormigonado, cruzar el camino existente y mediante arquetas y bajantes aliviar, conducir y desaguar el agua del talud de manera que este no se vea afectado. Se realizan controles topográficos y del piezómetro PZ2 como en los inclinómetros

13, 14, 16 y 17. Además se ha reforzado los posibles movimientos del talud con la hincada de carriles UIC de 54 kg/m debidamente repartidos y soldados en cabeza para que trabajen de manera conjunta.

Ya en la calzada se han realizado trabajos de mejora de la mediana mediante la sustitución de la barrera metálica existente por barrera rígida de hormigón, en la zona de los ramales de transferencia anexos se colocan barreras rígidas prefabricadas de hormigón de 4 metros y en el resto de la mediana se ejecuta la barreras rígidas *in situ* mediante dos actuaciones: demolición de un tramo existente y ejecución de la nueva y un segundo tramo con retirada de la barrera metálica y arbustos y tierra vegetal de mediana y ejecución de barreras rígidas *in situ*, con la colocación de todos los captafaros necesarios nuevos y señalización adecuada.

6.3. Fases de la obra

Día 8 de febrero de 2013: Detección de las primeras grietas y se realiza una vigilancia específica en el tramo.

Día 11 de febrero de 2013: Se ha producido un hundimiento de la plataforma y el agrietamiento es más acentuado, por lo que se procede a cortar el tráfico por la calzada afectada. Se habilita un carril de la calzada izquierda para dar sentido a la circulación hacia Santander, utilizando los pasos de mediana contiguos a la zona afectada. Se empiezan los trabajos de despeje de vegetación de la zona de trabajo.

Día 14 de febrero de 2013: Se recibe la visita de técnicos de la Dirección General de Carreteras, en Madrid, para inspeccionar la zona afectada. A su vez comienzan los trabajos de accesos al pie de terraplén así como la margen izquierda de la Autovía, desde la propia calzada afectada. Comienzan los trabajos de hincas de carriles para la sujeción de la calzada derecha no afectada, acabando estos trabajos en fecha 19 de febrero.

Día 16 de febrero de 2013: Se acondiciona el acceso de la margen derecha de la Autovía, a pie de terraplén para acceder la máquina de ejecución de los drenes californianos, acabado este mismo día.

Día 19 de febrero de 2013: Empiezan la ejecución de los drenes californianos a pie de terraplén aguas abajo, terminado esta actividad el día 1 de marzo. Comienza la ejecución de la zanja drenante a pie de talud y terraplén aguas arriba, dando por terminada esta parte de la obra el día 4 de marzo.



Figura 15. Esquema fotográfico de la Estabilización de terraplén en Liendo del PK 167 de la Autovía A-8 en Liendo (Cantabria)

Día 20 de febrero de 2013: Empiezan a realizarse el control topográfico de la zona afectada e influencia. Se recibe la visita personal del CEDEX. También comienzan los trabajos para la realización de los sondeos y demás estudios geotécnicos, que permanecen realizándose hasta la fecha de terminación de la obra.

Día 03 de marzo de 2013: Este domingo, entre las 16 horas a las 22 h. se desvía el tráfico sentido Santander por la carretera nacional N-634, por la localidad de Liendo, y se restaura el doble sentido de circulación en sentido Bilbao, como consecuencia del elevado tráfico existente durante la jornada del Viernes y Sábado según el control de aforos en el Túnel de Hoz de la A-8, contiguo a la zona afectada.

Día 07 de marzo de 2013: Empiezan a realizarse los pilotes con mortero, en la zona afectada así como a colocarse una pantalla en la mediana para evitar posibles vertidos a la calzada habilitada para el tráfico. A su vez se procede a acondicionar el vertedero de Allendelagua, en la N-634, p.k. 150+200. Se termina la realización del pilotaje el 18 de marzo.

Día 10 de marzo de 2013: Este domingo, entre las 16 horas a las 22 h. se desvía el tráfico sentido Santander por la carretera nacional N-634, por la localidad de Liendo, y se restaura el doble sentido de circulación en sentido Bilbao, como consecuencia de elevado tráfico existente durante la jornada del Viernes y Sábado según el control de aforos en el Túnel de Hoz de la A-8, contiguo a la zona afectada.

Día 14 de marzo de 2013: Empiezan los trabajos de revestimiento de cuneta ejecutada aguas arriba de recogida de la escorrentía del desmonte, terminando estos trabajos el día 22 de marzo.

Día 19 de marzo de 2013: Empiezan los trabajos de acondicionamiento provisional de la calzada de la zona afectada, para poder dar servicio en el operativo de la Semana Santa. También se procede a ejecutar la reparación de la tajea de la mediana, terminándose su reparación el 25 de marzo.

Día 22 de marzo de 2013: Se da servicio provisional a la calzada sentido Santander, limitándose la velocidad a 80 km/h, con la señalización de obra correspondiente y la colocación de módulos de hormigón como elementos de contención ante el desnivel existente.

Día 25 de marzo de 2013: Continúan los trabajos del control topográfico, así como se reanudan los sondeos tras indicaciones del CEDEX. Las demás actuaciones en la primera fase ya se dan por concluidos.

Día 15 de enero de 2014: comienzo de la segunda fase, esta vez en el margen derecho de la autovía: se inician los trabajos de zanja drenante en el pie de talud, con excavación y aporte de material y geotextil necesario.

Día 12 de febrero de 2014: Comienzan las labores de limpieza de talud y de drenaje con bajantes del talud y alivijs correspondientes.

Día 20 de marzo de 2014: Terminan los trabajos de drenaje y de limpieza y se miden inclinómetros y piezómetros y se coloca el cierre de la autovía.

Día 16 de abril de 2014: Se inician los trabajos de contención del talud con hincado de carriles y cosido de las cabezas de los mismo para su mejor unión.

Día 21 de mayo de 2014: Empiezan los trabajos de demolición de new jersey y de ejecución de la nueva in situ. Se mejora en sistema de drenaje de la mediana. Se retira bionda y se coloca la new jersey in situ.

Día 23 de junio de 2014: Se realizan labores de remates finales y de ejecución de prolongación de transfer y colocación de new jersey prefabricadas en los mismos.

7. Agradecimientos

Mediante estas líneas deseo expresar aquí públicamente mi reconocimiento a todas las personas y entidades que han hecho posible la realización de este trabajo, y en particular a las empresas INNOVIA COPTALIA y GRUPO RODIO KRONSA.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento al Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras, a D. Álvaro Parrilla y D. Ángel Juanco, con la visita e inspección de la zona afectada, su excelente dirección y apoyo, así como los sabios consejos proporcionados.

Objeto de mi gratitud ha de ser también el personal del CEDEX, concretamente

D. José Luis García de la Oliva, D. Javier Moreno y D. Javier González-Gallego por su amabilidad a la hora de proporcionarme toda la información que he necesitado.

8. Referencias

- [1] OTEO, C. Doce lecciones sobre geotecnia de infraestructuras lineales del transporte. Asociación Técnica de la Carretera, 2009, pp. 77-111.
- [2] HOEK, E y BROWN, K. "Rock Slope Engineering" I.N.M. London, 2002.
- [3] GOBIERNO DE CANTABRIA. Decreto 57/2010, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria ante el Riesgo de Inundaciones, INUNCANT. Santander, 2010.
- [4] MAPA GEOLÓGICO 1:50.000, hoja nº 56 (Castro Urdiales), editado por el Instituto Geominero de España (MAGNA). ❖

Tendencias en el alumbrado de túneles de carretera



Trends in Road Tunnels Lighting

Juan Manuel Sanz Sacristán

*Jefe de la Sección de Instalaciones del Transporte de Euroestudios S.L.;
Secretario del Comité de Túneles de la ATC*

Resumen

Se repasan los distintos parámetros y factores que afectan al alumbrado de los túneles, así como las importantes evoluciones tecnológicas y cambios que han experimentado y que las normas de aplicación no han recogido todavía.

Se plantean diversas reflexiones sobre el estado actual de la iluminación de los túneles, así como sobre las posibles mejoras y tendencias del mercado; y se analiza cuál puede ser el futuro para optimizar los niveles de iluminación, garantizando la seguridad de la circulación y minimizando los consumos de energía. Todo ello repercutirá en un menor coste de explotación y en la obtención de túneles más seguros y sostenibles.

PALABRAS CLAVES: iluminación, alumbrado, túnel, sostenibilidad, seguridad.

Abstract

Different parameters and factors affecting tunnel lighting, as well as significant technological developments and main changes, are reviewed. The rules have not yet integrated some of these factors.

Reflections on the current state of tunnel lighting as well as possible improvements and market trends are raised and discussed. This will allow in the future to optimize light levels, ensure traffic safety and minimize energy consumption. All this will entail lower operating costs and ensure more secure and sustainable tunnels.

KEY WORDS: Illumination, lighting, tunnel, sustainability, safety.

1. Introducción

En los últimos años, marcados por la crisis económica, se ha ido reduciendo el alumbrado de los túneles sin que ello haya supuesto un incremento de la siniestralidad apreciable. Además, existen distintas normativas de aplicación para establecer los niveles de alumbrado necesarios en un túnel, estableciendo cada una de ellas valores diferentes en función de diversos parámetros que el proyectista tiene libertad para escoger (incluso alguna normativa presenta métodos distintos para establecer el nivel de alumbrado de un túnel). Si a todo esto unimos los resultados de las estadísticas que indican que en los túneles en España la accidentalidad, expresada tanto en número de accidentes como de víctimas por vehículo y kilómetro recorrido, es mucho menor que en las carreteras a cielo abierto de similares características, y los importantes avances tecnológicos que se están produciendo en el equipamiento de los túneles, podemos concluir que es necesario un análisis en profundidad que permita la optimización del alumbrado de los túneles, teniendo en cuenta todos los factores que confluyen sobre él (niveles de iluminación en bocas e interior, curvas de transición desde el exterior al interior, sistemas de regulación, tecnología y disposición de luminarias, sistemas de regulación,...).

Todo lo anterior invita a la reflexión y revisión de los distintos aspectos que intervienen en la iluminación de los túneles, analizando los diversos factores directamente implicados y tratando de vislumbrar el futuro próximo en esta materia. Además, conviene revisar o poner en duda algunos de las premisas que se emplean en el diseño de la iluminación de los túneles y que se consideran "verdades absolutas", las cuales pueden haber quedado desfasadas con los avances tecnológicos y con el paso del tiempo.

2. Factores y parámetros que influyen en la iluminación de un túnel

Las normas establecen que el diseño del alumbrado de un túnel debe realizarse de forma que el conductor perciba un adecuado nivel lumínico de los distintos objetos y partes situados en el interior del túnel, acorde con su velocidad de circulación, condiciones del tráfico, configuración del túnel y niveles lumínicos exteriores. Por tanto, podemos separar por un lado los factores que afectan al nivel de iluminación que debe tener un túnel, de aquellos parámetros que influyen sobre la cantidad de luz que llega hasta el conductor.

Entre los factores primeros, que establecen el nivel de iluminación necesario en un túnel, podemos destacar las condiciones lumínicas en la entrada y salida, la velocidad

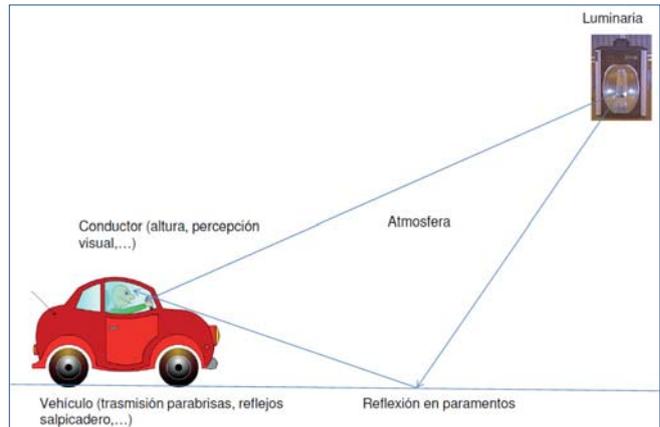


Figura 1. Parámetros que influyen en el nivel de iluminación percibido por un conductor

de circulación, el tanto por ciento de vehículos pesados, si el tráfico es unidireccional o bidireccional, la distancia de seguridad a la que se debe percibir un obstáculo para el que el conductor pueda frenar su vehículo, y cualquier otra circunstancia que pueda entrañar un riesgo adicional a la circulación (como puede ser la presencia de peatones o ciclistas). Entre los parámetros que influyen en el nivel percibido por un conductor se encuentran la geometría del túnel, las luminarias instaladas, el material y estado del pavimento y de los hastiales, la atmósfera del túnel, el vehículo y el conductor.

Los niveles de iluminación percibidos desde el puesto del conductor de un determinado punto se denominan luminancia; su unidad de medida es la candela por metro cuadrado (Cd/m^2), y se corresponden con la cantidad de luz reflejada por una superficie en una determinada dirección. Este concepto difiere de la iluminación (cuya unidad es el lux) o cantidad de luz que llega a un determinado objeto. Todas las normas de iluminación de túneles establecen los niveles necesarios en luminancias.

En la siguiente figura se ilustran los distintos parámetros que influyen en los niveles de iluminación percibidos por un conductor (luminancia).

3. Evolución de los parámetros que influyen en la luminancia de un túnel

Los distintos parámetros que influyen en la iluminación de un túnel han sufrido importantes evoluciones y cambios, sin que las normas de aplicación se hayan adaptado a la misma velocidad. Repasemos las principales variaciones que han experimentado estos parámetros en los últimos años.

3.1 Luminarias

Las luminarias han experimentados importantes desarrollos en los últimos años, produciéndose un continuo in-

cremento en los lúmenes emitidos por cada vatio eléctrico consumido, aunque todavía lejos de los límites teóricos de 683 lm/W. Además se dispone de gran variedad de luminarias que permiten optimizar, mediante el empleo de programas de cálculo tridimensionales, la transmisión de la luz a las zonas de interés del túnel (calzada y paramentos hasta 2 metros de altura).

En la siguiente tabla se recogen valores orientativos relativos a las distintas tecnologías empleadas actualmente en la fabricación de luminarias para la iluminación de túneles:

Tecnología	Lúmenes / vatio	Vida útil media
Vapor sodio alta presión (VSAP)	70-150 lm/W	20 000 horas
Halogenuros metálicos	36-120 lm/W	14 000 horas
Fluorescente	70-95 lm/W	10 000 horas
Led	80-120 lm/W	80 000 horas

Asimismo se han mejorado los medios y tareas de mantenimiento de los túneles que permiten mantener una elevada eficiencia y disponibilidad de la instalación a lo largo del tiempo.

3.2 Paramentos

Se ha avanzado mucho en el empleo de acabados de los hastiales claros y reflectantes, que maximicen el rebote de la luz recibida hacia la calzada, así como en la práctica cada vez más habitual de su limpieza periódica; pero todavía queda mucho por avanzar en la posibilidad de emplear pavimentos claros y con gran reflexión que maximicen los niveles de iluminación percibidos por el conductor. Sería de gran interés analizar las posibilidades de emplear pavimentos de hormigón coloreados o pavimentos de asfalto de colores claros, aunque para ello habrá que resolver la forma de disponer la señalización horizontal para que el conductor la perciba claramente y de manera homogénea al del resto de la carretera.

En la siguiente tabla se recogen valores orientativos relativos a la reflexión lumínica de diversas superficies:

Superficie	Reflexión
Asfalto oscuro	7 %
Hormigón gris	30 %
Nieve	85 %

3.3 Vehículos

Posiblemente los vehículos sean uno de los elementos industriales que más han avanzado en los últimos años. No sólo se han producido grandes avances en el diseño de los distintos elementos y en la fiabilidad de los mismos, sino que además se han ido implementando múltiples equipamientos de ayuda a la conducción y de seguridad de los ocupantes. Los aspectos más destacados en relación con la iluminación de un túnel serían: perfecta transmisión de la luz a través de los parabrisas, diseño de salpicaderos que disminuyen reflejos y efectos molestos, regulación de la posición del conductor, mejora de los faros de los vehículos y reducción de la distancia de frenado. Aspectos que se van implantando en los vehículos y que en el futuro permitirán una mayor seguridad en la circulación de los túneles son: comunicación con la carretera y con el resto de vehículos y diversas ayudas a la conducción (ABS, ESP, recordatorio al conductor de señalización, aviso de cambio de carril involuntario, detección de vehículo en ángulo muerto, ajuste de la velocidad y de la distancia de seguridad, frenado automático ante obstáculos,...).

En la siguiente figura se puede visualizar gráficamente la gran evolución que hay sufrido los turismos en los últimos años, dentro de una misma marca.



Figura 2. Arriba coche del año en España 1985, abajo coche del año en Europa 2014

No parece necesario recurrir a las fichas técnicas de ambos vehículos para comprender que su conducción a 100 km/h conlleva distintas sensaciones y niveles de seguridad muy diferentes. Es de destacar que en este último modelo la OCU (Organización de Consumidores y Usuarios) ha medido una distancia de frenado de 100 a 0 km/h de algo menos de 36 metros [1].

3.4 Atmósfera, equipamiento, mantenimiento y explotación de los túneles

Hay que destacar que la atmósfera actual de los túneles es mucho más limpia que años atrás, debido principalmente a los siguientes motivos: las emisiones de los vehículos se han ido reduciendo de manera progresiva, los túneles suelen estar dotados de adecuada ventilación, es más frecuente la limpieza de los túneles y es habitual el empleo de sensores de calidad ambiental para actuar adecuadamente en caso de que la visibilidad en el túnel se reduzca.

Aunque no es un factor que influya directamente en la iluminación de un túnel, sí se deben destacar los grandes avances que se han producido en el equipamiento y en los sistemas de control y comunicaciones de los túneles, que posibilitan la monitorización y control continuo de las condiciones de circulación y que inciden directamente en la seguridad. Actualmente es habitual y sencillo que se realice una medición continua de las condiciones de iluminación en las proximidades del túnel, que permiten ajustar en todo momento los niveles de iluminación del túnel a las condiciones de circulación y de iluminación exterior, así como monitorizar el interior del túnel y detectar automáticamente obstáculos o condiciones de circulación o de visibilidad anómalas y señalar y avisar a los conductores de dichas circunstancias para que adecuen su conducción a las mismas. En este sentido cabe destacar, salvando las distancias, los túneles ferroviarios que en condiciones normales de circulación permanecen apagados, y en los que el maquinista tiene la seguridad de que no hay ningún obstáculo en su interior. En un túnel moderno con un adecuado sistema de control, el conductor tiene la seguridad de que si hubiera alguna circunstancia especial u obstáculo en su interior se le indicaría y señalaría con antelación mediante los semáforos, paneles de mensaje variable, radio,...

En la siguiente figura se pueden percibir las condiciones de circulación al inicio de la explotación del túnel 1 de Guadarrama y del recientemente inaugurado túnel 3 del mismo tramo.

Es de destacar el importante salto cualitativo que ha supuesto en la seguridad de los túneles la Directiva Europea 2004/54 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de la red transeuropea de carreteras

[2] y sus correspondientes trasposiciones realizadas por las distintas administraciones con competencias en túneles de carreteras. Además, a raíz de los importantes incendios de finales de los 90 (principalmente Mont Blanc, Fréjus y Tauern), la Sociedad está más sensibilizada con el riesgo que implica un incendio en un túnel, dedicando mayores medios al equipamiento, mantenimiento y explotación de los túneles y respetando más estrictamente las normas de circulación en ellos mismos.

Estos cambios han incidido en el incremento de equipamiento de los túneles, en la mejora de los parámetros de diseño empleados en su construcción, en la realización de inspecciones periódicas, en la existencia de la figura del responsable de seguridad que vela por el adecuado funcionamiento, organización y seguridad de la circulación por el túnel, en el análisis y registro de los incidentes previos, en la realización de análisis de riesgos,...

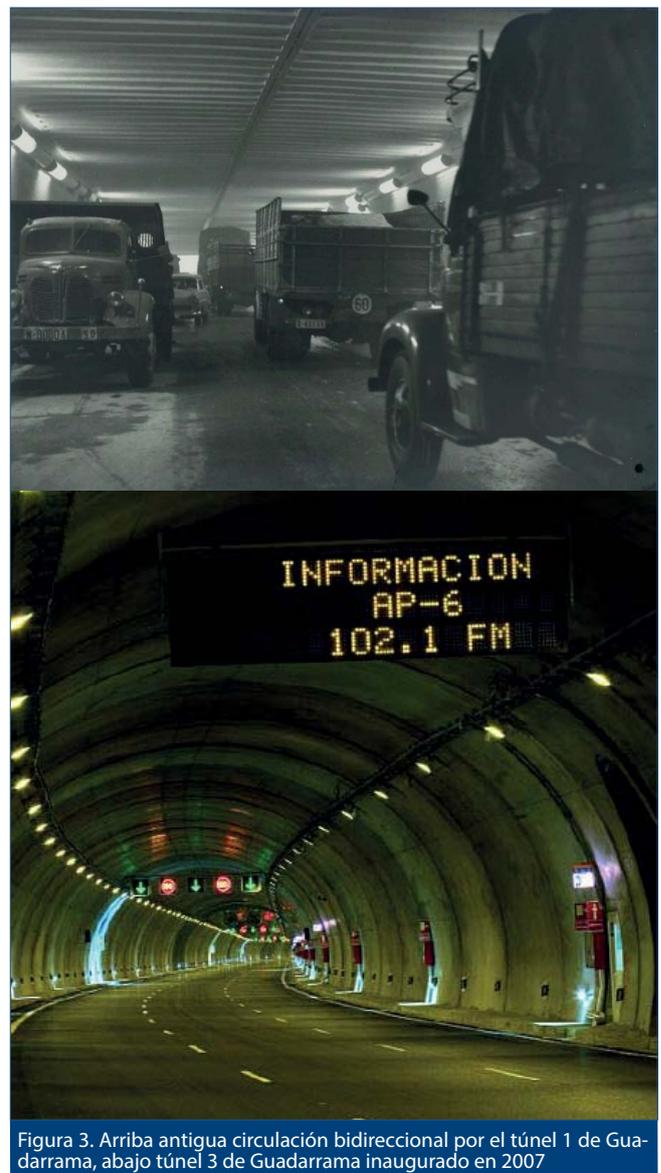


Figura 3. Arriba antigua circulación bidireccional por el túnel 1 de Guadarrama, abajo túnel 3 de Guadarrama inaugurado en 2007

Actualmente es habitual la limpieza periódica de las luminarias y de los hastiales del túnel, se mide regularmente el coeficiente de rozamiento transversal del pavimento, y se limpia y repara con mayor frecuencia, etc.: factores todos ellos que repercuten positivamente en los niveles de iluminación percibidos por los conductores.

3.5 Conductores

Al haber aumentado la esperanza de vida de la población, la edad media de los conductores se ha visto incrementada en los últimos años. Según datos de la DGT (Dirección General de Tráfico) de 2013, más de 3,5 millones de conductores tienen más de 65 años, lo que representa el 13,6 % del total [3]. Este incremento de edad podría conllevar la necesidad de incrementar los niveles de iluminación o los niveles de contraste y a revisar la curva de adaptación entre los niveles elevados de las bocas de entrada y los niveles interiores.

Otro cambio importante, es el incremento de las mujeres conductoras y que, según un estudio reciente del RACC (Real Automóvil Club de Cataluña), ha pasado de un 29,4 % de mujeres conductoras en el año 1990 a un 41 % en el 2014 [4]. Según este mismo estudio las mujeres tienen menores tasas de siniestralidad que los hombres.

También sería necesario revisar la altura de conducción y que las normas fijan en 1,1 m de altura respecto al pavimento y que puede variar según se trate de un utilitario, deportivo, todo terreno, furgoneta o camión.

4. Cambios de importancia en los factores que influyen en los niveles de iluminación de un túnel

Según las distintas normativas de aplicación, los principales factores que influyen en los niveles de iluminación necesarios en el interior del túnel (tanto para la zona umbral, como para la zona interior) son los siguientes:

- Distancia de seguridad – velocidad de diseño.
- Intensidad de circulación de vehículos y del porcentaje de vehículos pesados.
- Túnel con tráfico unidireccional o bidireccional.
- Disposición de alumbrado simétrico o a contraflujo en el sentido del tráfico.
- Niveles de luminancia percibidos por el conductor a la entrada del túnel y que varía en función de la ubicación y orientación del túnel, velocidad de circulación, reflectancia del entorno, condiciones climatológicas,...
- Otros factores como son el adecuado guiado visual de los conductores en el túnel y el nivel de comodidad que se quiera dotar a la conducción, así como la posible presencia de ciclistas o peatones.

Un factor determinante en los niveles de iluminación que hay que aplicar en un túnel es el de la distancia de seguridad a la que se debe percibir un obstáculo para que el conductor pueda detener el vehículo con seguridad antes de llegar a él. Este factor depende del vehículo, la velocidad, el pavimento, la pendiente,... A pesar de las mejoras en los vehículos para reducir esta distancia (frenos, neumáticos, ABS,...) y en los pavimentos (tanto en su ejecución, como en su mantenimiento) se siguen empleando, tal y como se puede ver en la siguiente figura, las mismas distancias que en 1964 y que en la mayor parte de los túneles se encuentra actualmente en unos 175 m. [5].

La mejora en los vehículos y en el pavimento de los túneles debe permitir una reducción de esta distancia, lo que conllevaría una disminución de los refuerzos de alumbrado en las bocas de entrada. Se debería además analizar cómo modificar este valor en función del mantenimiento, equipamiento y explotación del túnel, ya que en muchos casos el posible obstáculo será detectado automáticamente por el centro de control y avisado a los conductores mediante los paneles de mensaje variable y de reducción de la velocidad.

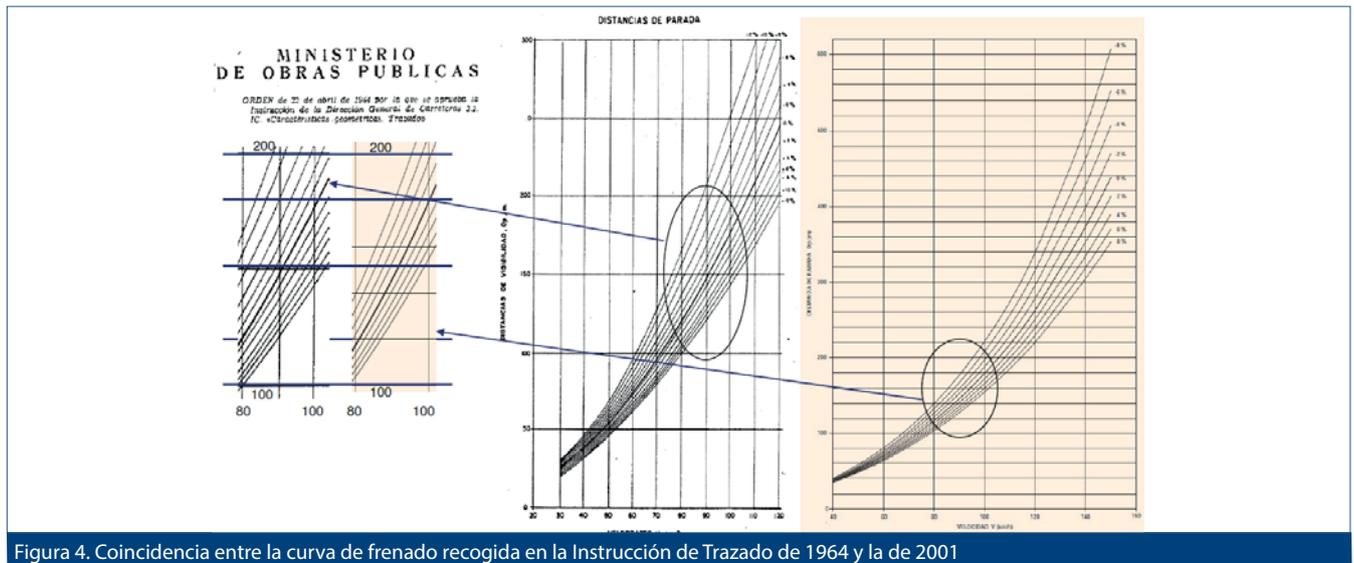


Figura 4. Coincidencia entre la curva de frenado recogida en la Instrucción de Trazado de 1964 y la de 2001



Figura 5. Foto histórica del antiguo túnel de Viella y actual túnel de Viella

Hay que destacar que el código de circulación establece como valores normales de distancia de seguridad entre vehículos o para señalar un obstáculo en la calzada distancias comprendidas entre 100 y 150 m; y que el alumbrado de cruce de un vehículo apenas alcanza los 100 m de distancia. [6]

5. Análisis de la normativa de referencia

Las normativas de referencia en el alumbrado de túneles que se han aplicado hasta ahora son normas redactadas a finales de los años 90 y que mantienen intactos muchos de los parámetros, tablas y factores de cálculo desarrollados en los años 60 y 70.

En febrero de 2015 la Dirección General de Carreteras ha aprobado las Recomendaciones para la iluminación de túneles [7], introduciendo grandes mejoras y avances, pero manteniendo gran parte de los procesos de cálculo y niveles fijados por las normas precedentes, a las que remite en distintos apartados.

Revisemos la fecha de redacción y la bibliografía a la que se remiten las normas de referencia que se siguen empleando actualmente en el alumbrado de los túneles.

5.1 CIE 88:2004 Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores

Tal y Como indica en su prólogo e introducción, la CIE 88-2004 [8] es una revisión de algunos apartados de la versión de 1990 “cuyos principios básicos sobre los que se fundó la CIE 88-1990 son aún completamente válidos para la presente revisión”. Si se comparan las distintas versiones desde su inicio (1973), se puede observar que algunas de las gráficas y tablas de diseño empleadas apenas han variado de unas versiones a otras. La norma sigue citando como norma de referencia a la CIE 61-1984 “Iluminación a la entrada de los túneles: Una panorámica de los fundamentos para determinar la luminancia en la zona de umbral”.

5.2 UNE-CR 14390IN Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles. [9]

Aunque este documento está fechado en septiembre de 2007, en su portada indica que “este informe es la ver-

sión oficial, en español, del Informe CR 14380:2003” y un poco más adelante indica que “este informe ha sido preparado por el CEN/TC 169 y ha sido aprobado por CEN el 10 de noviembre de 2001”. Si se revisa la bibliografía de este informe se observa que la mayor parte corresponde a los años 80 y 90, siendo la más moderna de 1997.

5.3 Cambios de importancia que las normas todavía no han tenido en cuenta

Tal y Como se ha comentado en los apartados anteriores, los principios básicos que se siguen aplicando en el diseño de la iluminación de los túneles de carretera se mantienen prácticamente invariables desde los años 90 y en algunos casos desde los años 60. Es por tanto evidente que muchos de los avances tecnológicos y de los cambios en este campo que se han producido no se están teniendo en consideración. En consecuencia, sería necesario estudiar detalladamente cuales de los principios siguen siendo válidos y cuales pueden optimizarse a las condiciones de diseño y explotación actuales.

A modo de resumen de lo expuesto anteriormente, los cambios que estas normas no tienen en cuenta son los siguientes:

- Mejoras en los vehículos.
- Cambios en la población conductora y en la altura del conductor.
- Mejoras en los túneles: en concreto no se considera el gran cambio que supuso en 2004 la Directiva Europea.
- Herramientas actuales de diseño de túneles.
- Avances tecnológicos en el equipamiento y control de los túneles, destacando la gran evolución de las luminarias y de los sistemas de regulación.
- Medios y procedimientos actuales de explotación y conservación.

5.4 “Verdades absolutas” que es necesario revisar

Observando todos los cambios que se han producido en los últimos años y que se han esbozado en los apartados anteriores, se plantea la necesidad de revisión de muchas de los aspectos que se emplean en el diseño del alumbrado de los túneles como si fueran verdades abso-

lutas, y que es posible sea necesario modificar para optimizar el alumbrado de los túneles, sin que ello afecte a su seguridad:

- Curva de adaptación empleada en la transición desde el umbral al interior del túnel. Debido a los importantes cambios en los vehículos y en la edad media de los conductores se debería analizar si la curva sigue siendo válida o se debe modificar.
- Revisión de los niveles de iluminación interior y de la zona umbral y de los factores de clasificación de un túnel. En general, hay estudios que analizan la accidentabilidad de una vía en función de que esté iluminada o no; pero no se dispone de estudios recientes en que analicen la influencia del nivel de iluminación. Se puede observar cómo muchos coches modernos no encienden automáticamente las luces hasta muy entrado en el túnel, y que en muchos túneles se están empleando niveles de iluminación interior de 2 a 4 veces el máximo dispuesto en una autopista a cielo abierto. Todo ello unido a la baja accidentalidad en los túneles parece aconsejar una reducción en los niveles dispuestos en el diseño del alumbrado.

Otro aspecto que se debe revisar es el de disponer el mismo nivel de iluminación de la calzada en los arcenes, aceras y paramentos hasta 2 metros de altura. Entendiendo que es necesario poder percibir los posibles obstáculos o personas que se encuentren en esta zona, no parece necesario un nivel tan alto de iluminación.

5.5 Recomendaciones para la actualización de las normativas

Conviene desatacar algunos aspectos fijados por la norma y que analizados para cada caso podrían implicar un importante ahorro energético en muchos casos, sin afectar a la seguridad:

- Diferenciación entre la distancia de seguridad que se debe emplear en el diseño de una carretera y la distancia a la que un objeto debe estar suficientemente iluminado para su visualización por los conductores, además del ajuste de estas distancias a las condiciones actuales de circulación por los túneles.
- En el interior del túnel, la distancia de seguridad debería calcularse habitualmente con suelo seco.
- En la entrada de un túnel con paneles de mensaje variable y con posibilidad de modificar la velocidad máxima de circulación, se podría contemplar la distancia de seguridad con suelo seco y reducir la velocidad en caso de lluvia.
- Posibilidad de reducir los niveles de iluminación al emplear iluminación blanca con buena reproducción cromática, de manera similar a la reducción permitida para alumbrado a contraflujo.

- En túneles muy largos, permitir que se siga reduciendo la iluminación interior hasta los valores dispuestos para la noche, de manera similar a otras normas internacionales.
- Dependencia de los niveles de iluminación directamente de la velocidad máxima de circulación y no de la distancia de seguridad que sólo debería afectar a la longitud de la zona umbral.
- Otros factores indicados en los puntos anteriores, como son contemplar las posibilidades de reducción de los niveles de iluminación o de la distancia de seguridad al disponer de un centro de control y de un buen estado del pavimento,...

6. Estado actual de la iluminación e innovaciones recientes

Los cambios normativos y la sensibilización de la Sociedad con los riesgos implícitos en un túnel, han supuesto un mayor esmero a la hora de diseñar la geometría y el equipamiento de los túneles, así como una mayor dotación y mejores procedimientos para su mantenimiento y explotación. Todo esto ha venido acompañado de importantes avances tecnológicos en los distintos campos implicados (comunicaciones, vigilancia mediante CCTV, sistemas de detección automática de incendios y de incidentes, sensorización del túnel, iluminación, sistemas de control,...).

En el sistema de iluminación de un túnel los avances tecnológicos han sido importantes, no sólo con la aparición de los leds blancos, sino que todas las lámparas han mejorado su rendimiento (lúmenes / vatio) y duración. Además, se dispone de múltiples luminarias que permiten elegir la óptima para cada túnel y de adecuadas características (estanqueidad, durabilidad, resistencia,...). También han mejorado de manera importante las posibilidades de regulación de los niveles de iluminación.

Algunas mejoras que ya se están implantando actualmente en los túneles son:



Figura 6. Iluminación de refuerzo de un túnel de carretera

- Empleo de leds con un elevado rendimiento y duración.
- Empleo de luz blanca con gran reproducción cromática y confort visual.
- Regulación continua de los niveles de iluminación en el umbral y en el interior. Esta regulación es sencilla en algunos tipos de luminarias (por ejemplo en los leds), pero actualmente también se puede realizar con VSAP (entre el 40 % y el 100 %) y con los fluorescentes.
- Ajuste exacto de los niveles de iluminación en la zona de transición a la curva experimental de adaptación, sin necesidad de realizar escalones, que siempre implican un exceso de iluminación en esas zonas.
- Ajuste de los niveles interiores del túnel a las condiciones exteriores y de circulación de vehículos en cada momento, con la posibilidad de apagado en intervalos largos de ausencia de circulación.
- Reducción del nivel de iluminación exterior en las bocas de entrada y salida, mediante la disposición de elementos atenuadores de la luz exterior.
- Empleo de paramentos claros o reflectantes en el interior del túnel.
- Ajuste automático de la luz emitida por cada luminaria en función de su degradación, y regulación periódica externa para ajustarse al factor de mantenimiento real de la instalación.

Los implantación de luminarias de leds es ya una realidad viable en los túneles y en muchos casos supone una gran mejora respecto a otras tecnologías; pero se ha limitado generalmente su aplicación a la mera sustitución de las luminarias actuales, empleando las mismas técnicas y disposición. Todavía no se ha aprovechado el gran potencial que tienen los leds y que principalmente radican en su característica de luz dirigida y que debería permitir el aprovechamiento de la mayor parte de la luz para iluminar los puntos requeridos y con el ángulo necesario. Tal y Como se describe en los siguientes puntos, todavía está pendiente la revolución del alumbrado de los túneles aprovechando todo el potencial implícito en los leds.

7. Futuro de la iluminación de túneles

7.1 Tendencias actuales

Analizando el pasado y presente de la iluminación se observa que la tendencia es hacia el empleo de luminarias cada vez más eficientes y de mayor vida útil (reducen el coste de mantenimiento, aunque no eliminan la necesidad de limpieza de las luminarias) y con posibilidades de regulación continua desde el apagado total hasta los máximos niveles necesarios, que posibilita el ajuste en cada momento al nivel de iluminación necesario en el túnel. Además las mejoras en los sistemas de control de los túneles posibilitan conocer en todo momento el estado de todos los factores que afectan a la iluminación, y permitirán en el futuro rea-

lizar el cálculo y aplicar en tiempo real el nivel necesario en cada punto del túnel (variándolo en función del valor de la intensidad y velocidad de circulación, porcentaje de vehículos pesados, estado del pavimento,...).

Todavía necesitamos realizar los cálculos de iluminación con diversos proyectores hasta encontrar aquel que sea mejor para la geometría del túnel y que realmente corresponde al que menos luz proyecta hacia zonas no deseadas (techo, hastiales, zonas ya demasiado iluminadas por el resto de proyectores). Los avances tecnológicos nos van posibilitando el disponer de luminarias que proyectan la luz sólo hacia las zonas deseadas, pudiendo incluso diseñar y fabricar la luminaria idónea y particular de cada túnel. Estos avances nos permitirán en el futuro establecer uniformidades de iluminación en la calzada con valores próximos a 1, frente a los normalmente exigidos por las normas de 0,4 de uniformidad global y de 0,6 de uniformidad longitudinal.

7.2 Posible evolución futura

Pero intentemos adivinar los avances y cambios drásticos que nos depara el futuro, la posible revolución en el alumbrado de los túneles al aprovechar todo el potencial de los leds. Realmente, en el alumbrado de un túnel nos interesa el valor de las candelas por metro cuadrado que llegan desde el pavimento al conductor, empleando actualmente luminarias dispuestas en la parte superior del túnel, de cuya luz sólo una porción alcanza el pavimento, reflejándose en todas las direcciones o siendo absorbida por el pavimento, y obteniendo finalmente sólo una pequeña fracción de la luz original en dirección al conductor. Analizando estos aspectos podemos observar que las posibles mejoras se encaminarán hacia:

- Empleo de luminarias de gran eficiencia y que sitúen toda la luz emitida en la calzada.
- Posibilidad de dirigir toda la luz emitida en la dirección contraria al tráfico, ya que esta condición incrementa la reflexión en dirección al conductor. Actualmente esta actuación está muy limitada por el posible deslumbramiento del conductor; pero con la direccionalidad de los leds se podría solventar esta problemática.
- Posibilidad de emplear pavimentos claros y de alta reflectancia, como un espejo o un material claro brillante.
- ¿Y si la luminaria no la dispusiéramos en la parte alta, sino que pudiéramos disponerla en la parte baja del túnel?. Con esta actuación reduciríamos las pérdidas de rendimiento por distancia, que inevitablemente se producen al chocar la luz con partículas de la atmósfera; pero sobre todo nos permitiría situar la luminaria en el punto idóneo de reflexión hacia el conductor.
- Y realmente el paso drástico y definitivo sería que la luz estuviera dentro o detrás del pavimento, apuntando directamente hacia el conductor. Esto realmente

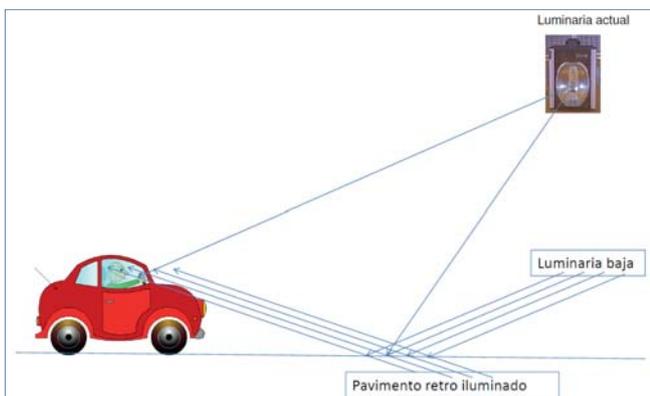


Figura 7. Posible tendencia en la disposición y distribución de las luminarias

requiere que la luminaria sea el pavimento o que el pavimento sea translúcido y la luminaria se coloque debajo. En esta circunstancia, el pavimento emitiría la luz directamente hacia el conductor, de una manera uniforme (para evitar el deslumbramiento se debe asegurar una uniformidad de niveles en el campo de visión del conductor, sin unas disposición de zonas claras y otras oscuras) e incluso permitiría la variación de la señalización horizontal para adaptarla a las distintas condiciones de la vía. En esta configuración los obstáculos se percibirían oscuros sobre el fondo claro, aunque previsiblemente habría que mantener cierto alumbrado ambiente del túnel para facilitar las tareas de mantenimiento y para otras circunstancias.

- Todos estos pasos tienden a emplear una luminaria continua y no puntual, con lo que la uniformidad se aproxima a 1. Una tecnología ya desarrollada y que en el futuro podría aplicarse a los túneles son las pantallas oled y cuyas (siglas son las inglesas de diodo orgánico de emisión de luz), aunque todavía no presentan rendimientos tan elevados como los leds.

A continuación se puede observar la posible tendencia del alumbrado futuro, siendo el tiempo el que dilucidará la evolución final:

Para ayudar en la asimilación de esta posible evolución drástica en el alumbrado de un túnel, se recogen a conti-

nuación tres imágenes de un vehículo a escala en el que la iluminación se realiza empleando las técnicas actuales (alumbrado simétrico y a contraflujo) y la posibilidad futura de emplear pavimento retroiluminado o iluminación insertada en el pavimento.

7.3 Evaluación de las posibles mejoras

Es de destacar el bajo rendimiento que tienen los sistemas actuales de iluminación de un túnel, y el gran campo de investigación para alcanzar rendimientos similares a las de otras instalaciones en los que es normal alcanzar valores del 80 – 90 %.

Analicemos un túnel actual de dos carriles (ancho normal del túnel de 10,5 m) con una iluminación interior de 2 Cd/m². Para ello suele ser habitual la disposición de luminarias de VSAP de 150 W a intervalos de unos 20 metros en ambos hastiales, con disposición al tresbolillo. Por lo que tenemos un consumo de 1,428 57 W/m².

El valor ideal teórico para iluminar cada m² de este túnel con niveles de luminancia de 2 Cd/m², empleando luminarias ideales que emitan 683 lm/W, es de 0,002 928 W/m².

Por tanto el rendimiento actual es del orden del 0,2 %, siendo evidentes las enormes posibilidades de mejora que existen y que con toda seguridad veremos en los próximos años.

Como puede observarse, las posibilidades de mejora en la fabricación de luminarias es sólo de unas cuatro veces; pero las de aprovechamiento de la luz emitida es de 100 veces (téngase en cuenta que la reflectancia del pavimento asfáltico es del orden del 7 %, que normalmente sólo la mitad de la luz va en dirección contraria al tráfico y por tanto no tiene un ángulo de reflexión predominante, que gran parte de la luz se dirige fuera del área de interés,...). Por tanto, es este apartado donde el mayor campo de mejora y donde el alumbrado led tendrá un gran desarrollo si se aprovechan sus cualidades de luz concentrada, lo que permitirá realizar la distribución y orientación óptima de cada rayo de luz sin provocar deslumbramientos y

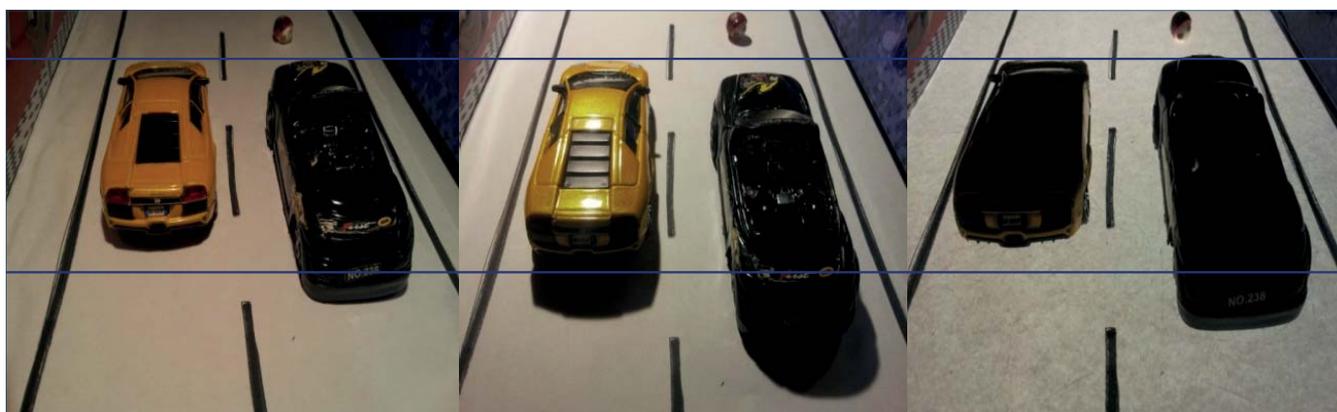


Figura 8. De izquierda a derecha: alumbrado simétrico, a contraflujo y pavimento retroiluminado

abriéndose otro gran campo de avance en desarrollo de pavimentos con alta reflectancia o translúcidos.

8. Conclusiones

El alumbrado de los túneles de carretera está en continua evolución y mejora, sin que las normas de aplicación hayan recogido todos estos avances, por lo que es conveniente realizar una completa revisión de los niveles fijados en las mismas.

Las posibilidades de mejora en este campo son enormes, estando todavía pendiente de que se produzcan importantes avances en las lámparas dispuestas (permitiría incrementar el rendimiento unas cuatro veces), en la implantación de pavimentos claros y con alta reflectancia (posibilidad de mejora de unas catorce veces), combinado con el diseño y construcción de las luminarias que permitan dirigir toda la luz emitida en la dirección óptima y de interés para los conductores (unas nueve veces).

Todas estas mejoras en el alumbrado permitirán obtener elevadas uniformidades y confort para los conductores, que a su vez posibilitarán reducir los niveles de iluminación necesarios para garantizar la seguridad de la circulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Artículo "Primera impresión. El nuevo 308 llega como Coche del Año en Europa". 24 de marzo de 2014, publi-

cado por la Organización de Consumidores y Usuarios en su página web www.ocu.org

[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. Diario Oficial de la Unión Europea 30 de abril de 2004.

[3] Censo de Conductores 2013, publicado por la Dirección General de Tráfico en su página web www.dgt.es

[4] Artículo "Feminizar la conducción, ¿por qué no?", publicado en la página web del RACC www.racc.es

[5] Norma 3.1-IC. Instrucción de Carreteras. Trazado. 2ª Edición de abril de 2003. Ministerio de Fomento.

[6] Código de Tráfico y Seguridad Vial. Texto Consolidado publicado en la página web del Boletín Oficial del Estado www.boe.es

[7] Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo a vierto y túneles. Tomo II Recomendaciones para la iluminación de túneles. Dirección General de Carreteras. 2015

[8] CIE 88:2004 2ª edición. Informe Técnico. Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores. Comisión Internacional de Iluminación (CIE). ISBN 3 901 906 31 2

[9] Informe UNE UNE-CR 14380 IN Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles. Septiembre de 2007.



NOTA DEL COMITÉ DE REDACCIÓN DE RUTAS

Se consideran de gran interés las reflexiones y observaciones del autor en relación con la incorporación de nuevas soluciones y tecnologías al alumbrado de los túneles viarios, aspecto de suma importancia para la seguridad de la circulación. La experiencia profesional que aporta y las líneas de mejora que plantea deberían ser consideradas por todos los que intervienen en estos temas, tanto en la revisión y actualización de la normativa como en la adecuación de los diseños de estas instalaciones.

El Comité de Redacción de RUTAS desea aportar una reflexión complementaria, en el sentido de contemplar la ampliación del estudio y la adecuación de la normativa a los elementos del trazado en planta en túneles, especialmente a partir de una cierta longitud de los mismos, de forma que puedan evitarse los molestos y peligrosos deslumbramientos que se producen donde se ve el portal de salida a una gran distancia desde el interior del túnel. Es un problema que se puede evitar con un trazado que disponga, en el tramo final del túnel según el sentido de la marcha, una alineación curva de radio adecuado a las condiciones requeridas de visibilidad de parada. Algunas normas ya recogen adecuadamente esta exigencia.

Iberoamerica unida por la seguridad vial

Dr. Martín Diego Pirola

Abogado Especialista en Derecho de Daños
Universidad de Belgrano (Argentina) y
Universidad de Salamanca (España)

Ya en el año 2004 la Organización Mundial de la Salud advertía que: *"El sufrimiento humano causado por las colisiones en las calles y carreteras es enorme... Yendo al contexto de nuestra realidad, todo esto parece ser ignorado: solo basta observar cómo permanecemos impávidos viendo que las estadísticas modifican sus valores... Vivimos justificándonos, buscando formas de evadir la responsabilidad o, lo que es peor, haciéndonos insensibles y acostumbrados al problema..."*. De esta conclusión, que lejos está de pasar de moda sino que, por el contrario, con el paso del tiempo renueva su vigencia, surge claramente que el problema tiene una raíz cultural: siendo el tráfico una de las expresiones auténticas del comportamiento social que coadyuva a la identidad de una Sociedad, región o país. Por eso bien vale la expresión *"conducimos como somos"*. Así, desde una perspectiva psicológica, se ha bautizado como *"furia viaria"* a una manera agresiva de conducir, traducida como una alteración emocional abrupta en personas aparentemente cuerdas ante diversas situaciones en el tráfico, que puede llegar a anular su capacidad de conducir.

Debemos acabar con la equivocada idea que los accidentes de tráfico son inevitables o producto de la casualidad, fatalidad o destino, y empezar a llamar a las cosas por su nombre:

"si se puede evitar, no es un accidente". Es sabido que frente a lo inevitable, una persona se relaja, se resigna, baja la guardia y se encomienda a Dios. Reflexiona con sentido práctico y acierto el ex Juez argentino Bernardo Nespral al decir que *"... y si así fuera (se refiere a si consideramos a los accidentes como sucesos eventuales o involuntarios), las víctimas de tales "accidentes" no podrían reclamar la reparación del daño ni ningún otro tipo de indemnización. Porque el caso fortuito y la fuerza mayor son hechos que no se pueden prever, o que previstos no se pueden evitar. Sin embargo, sabemos que no es así. Los llamados accidentes de tráfico quizás no sean "accidentes", como genéricamente se los conoce, porque no siempre son consecuencia de un caso fortuito o de fuerza mayor: muchas veces se pueden prever y evitar..."*. Hoy se prefiere la expresión: *"hecho o siniestro de tráfico"*, por ser la que nos permite tener una visión esperanzadora del problema, a través de la búsqueda de soluciones integrales que terminen con la irresponsabilidad (*a mí no me va a pasar...*), impunidad y resignación colectiva (*era su destino...*). Agrega Nespral que *"deberíamos darles otra denominación: imprudencias del tráfico, imprudencia viaria, mala praxis viaria o responsabilidad derivada de daños en la vía pública"*.

Hay que generar un cambio de mentalidad en los usuarios acerca del cumplimiento de las normas de tráfico, logrando que se acaten no sólo por ser obligatorias, sino por la conciencia y el convencimiento de su cumplimiento (leyes deseadas y no temidas por la Sociedad). Comparativamente sería como dejar de estudiar de memoria (desactivar el piloto automático de la conducta) para pasar a hacerlo de forma razonada y conciente, a través de la toma de decisiones acertadas que minimicen el riesgo viario. Hasta que no logremos desterrar el infantil e irresponsable pensamiento de que las leyes están para coartar mi libertad o para castigarme, sino que son reglas de convivencia social, buenas y justas para todos, no vamos a internalizar la convicción de su cumplimiento; muy al contrario, el efecto será inverso y provocará rebeldía y desobediencia ante el temor a la restricción o a la sanción. Lo mismo ocurre con las personas que cumplen los preceptos religiosos por miedo al castigo o a la reprimenda, y no por íntima convicción o vocación de seguimiento a la palabra de Dios.

Si bien no podemos desconocer que el automóvil contribuye a la autonomía y libertad de movimiento del ser humano (y en no pocas ocasiones es utilizado como sím-

bolo de *status*), resulta paradójico el egoísmo o exacerbado egocentrismo puesto de manifiesto en la conducción por un espacio público, que precisamente es de todos (movilidad sostenible, saludable, inclusiva, en definitiva, más democrática). Dicho egoísmo repugna a la convivencia social que propone la norma vial a través de la regulación y ordenamiento del tránsito vehicular. Parece que el automóvil, de ser un bien para satisfacer las necesidades del hombre, en muchas ocasiones se transforma en un mal por las consecuencias fatales y desastrosas de su utilización irresponsable.

A través de la educación viaria se busca formar una verdadera conciencia del riesgo en conductores y peatones. Su enseñanza se debería impartir en forma transversal (no como materia única, sino que sus contenidos atraviesen, estén comprendidos o incluidos en cada una de las asignaturas) en las etapas preescolar y primaria, y como materia única en el último año de la secundaria, como preparación para la obtención del permiso de conducir. En el proceso de aprendizaje de la seguridad viaria el componente axiológico es muy importante. Los valores se enseñan o transmiten vivencialmente y a través de referentes (padres, maestros, etc.), no de forma teórica. Un gesto o conducta vale más que mil palabras: el educador que al término de su clase conduce su motocicleta sin colocarse previamente el casco protector. Hay que enseñar a los jóvenes a internalizar que la libertad no es incompatible con la responsabilidad al transitar por calles y carreteras.

La seguridad viaria se debe tomar como una verdadera política de Estado, con un fuerte compromiso de parte de los tres poderes (Ejecutivo, Legislativo y Judicial), y de manera que trascienda a los gobiernos de turno. Las naciones latinoamericanas requieren con urgencia la elaboración, implementación y posterior



seguimiento de programas de acción sostenible, orgánicos e integrales a corto, mediano y largo plazo en materia de prevención y seguridad viaria, y no “políticas de choque” o de impacto mediático que reaccionen ante el clamor popular con respuestas automáticas, superficiales, coyunturales e irreflexivas, sin la debida profundidad y debate que el tema merece.

La señalización advierte, recomienda, informa, ordena o prohíbe, todo lo cual implica un diálogo mudo mediante el cual la autoridad viaria se dirige al usuario, que con su conducta puede contestar obedeciéndola, siguiendo sus indicaciones, o ignorándola, con las diferentes consecuencias que ello puede traer aparejado. La pérdida de confianza del usuario en el obligatorio seguimiento (respeto) de la señalización se puede destacar desde un punto de vista antropológico, al convertir sistemáticamente las señales en símbolos, adaptando su significado a su propio querer o entender, generándose una percepción distorsionada de la realidad viaria (subestimación del riesgo).

Es inexacto y mentiroso el postulado de que el 90 % de los accidentes de tráfico son causados por fallos humanos (teoría conductualista), cuando en realidad un número importante de errores de los con-

ductores y sus terribles consecuencias (que se estiman en un 30 %) son inducidos o provocados por un defectuoso diseño, construcción o mantenimiento de las calles y carreteras (o por una falta de señalización adecuada en su caso), agravando además los efectos dañosos del accidente. Una infraestructura viaria amable o indulgente es la única que puede absorber, reducir o atenuar los efectos perjudiciales que pueden traer aparejados una equivocación del conductor o un desperfecto del automóvil (trazado adecuado, peralte o inclinación moderados, barreras de seguridad o amortiguadores de impacto que protejan de obstáculos rígidos cercanos a la vía, ausencia de desniveles o caídas bruscas de los bordes de la plataforma, señalización adecuada y carteles de mensaje variable, etc.). De ello se desprende la “vital” importancia del componente de seguridad viaria en el diseño, construcción y mantenimiento de calles y caminos.

Hay que destacar la autoridad moral (por ser parte de la estadística nefasta) de las víctimas de siniestros de tráfico o sus familiares, quienes a pesar de la dolorosa situación que les toca atravesar, vienen llevando a cabo una destacada tarea de concienciación social enfocada a la prevención. Y justamente es sincero reconocer que los latinoamericanos

no tenemos el hábito de prevenir, sino más bien vivimos el día a día; somos improvisadores por naturaleza. Será por ello que no le damos importancia a la contratación de seguros que amparen nuestra vida o bienes. A propósito de mostrar o hacer visibles los beneficios de la prevención, afirma con acierto el ex Secretario General de la ONU Kofi Annan que: "... *construir una cultura de la prevención no es fácil. Si bien los costos de la prevención deben pagarse en el presente, sus beneficios se hallan en un futuro distante. Además, los beneficios no son tangibles: son los desastres que no ocurrieron...*". Y nosotros agregamos: "*las vidas que se salvaron...*". "Lo esencial es invisible a los ojos", decía con gran sabiduría Saint-Exupéry en su célebre obra "El Principito": una frase que a pesar de su antigüedad y su aparente contenido utópico y fantasioso, sigue manteniendo su vigor en el seno de una Sociedad "esencialmente" materialista y competitiva.

En los juicios originados por siniestros de tráfico (muerte o lesiones) en los que se investiga la responsabilidad penal del conductor de un vehículo, la víctima (o sus familiares) es cada vez más escuchada, y en su clamor reclama (no con sentimiento de venganza, sino de justicia) el endurecimiento de penas y sanciones, la inclusión de los llamados delitos contra la seguridad viaria en el Código Penal, y la no aplicación de la suspensión del juicio a prueba a cambio del cumplimiento de tareas comunitarias. Todo ello requiere a su vez una preparación y sensibilidad especial de jueces y fiscales para poder captar las particularidades de cada caso, en la difícil misión de impartir justicia con la imparcialidad y objetividad que el tema merece. Si bien no desconocemos el carácter de última ratio del Derecho Penal, como último recurso a utilizar por el Estado a falta de otros menos lesivos (principio de intervención

mínima); y que en materia viaria reprime conductas consumadas (homicidio o lesiones culposas, daño y abandono de persona u omisión de auxilio), en los delitos contra la seguridad del tráfico se penan las acciones u omisiones riesgosas para la circulación viaria que, aunque no causen un resultado lesivo o dañoso (siniestro), crean una suerte de peligro, más o menos intenso, para la vida o la integridad de las personas. Por tanto, con estos delitos, se amplían los contornos de la protección de la vida y de la salud, desde su puesta en peligro hasta su efectiva lesión.

Las víctimas o sus familiares, desde la propia experiencia vivida, son capaces de movilizar los corazones para ayudar a modificar o corregir "*pequeños*" hábitos, conductas o comportamientos, inconscientes, automáticos y riesgosos que pueden ocasionar "*grandes*" desastres. No se trata solamente de buscar responsables, sino de aportar soluciones que contribuyan a evitar la repetición constante y masiva de desafortunados sucesos. Así nos resultó muy emotivo y conmovedor el testimonio brindado por la psicóloga Alejandra Forlán, Presidenta de la Fundación que lleva su nombre, quien relató cómo a raíz del siniestro que le tocó sufrir hace 20 años y que la dejó en una silla de ruedas, debió adecuar su proyecto y motivación de vida, convirtiendo su angustia en ayuda solidaria a favor del cumplimiento de los derechos de las personas con discapacidades permanentes derivadas de esta problemática.

Es imprescindible crear e identificar una autoridad de coordinación, aplicación y seguimiento de las políticas públicas de seguridad viaria, que funcione como organismo descentralizado en el ámbito del Poder Ejecutivo, con autonomía administrativa y normativa, así como con autarquía económica y financiera, y con personalidad jurídica propia.

Se destaca la importancia de la llamada "*Agencia Líder*" como entidad responsable de la puesta en funcionamiento y evaluación de un Plan Nacional de Seguridad Viaria, y de la articulación y distribución o delegación de funciones a los demás organismos competentes en materia viaria (policía, municipios, Direcciones de carreteras y de transporte, concesionarios, Fiscalía, OO.NN.GG., etc.). En la Argentina resulta de reciente creación y puesta en funcionamiento la Agencia Nacional de Seguridad Vial como una entidad descentralizada en el ámbito del Ministerio del Interior, y que cuenta con un Director Ejecutivo como brazo ejecutor de sus decisiones. En otros países iberoamericanos recibe el nombre de: Dirección General de Tráfico (España), Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (Chile), Unidad Nacional de Seguridad Vial (Uruguay), Ministerio de Transporte (Colombia), Consejo Nacional de Seguridad Vial (Perú), Departamento Nacional de Tránsito (Brasil), Consejo de Seguridad Vial (Costa Rica), Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad Vial (Paraguay). Aunque cambie la denominación, en lo sustancial, la esencia, misión y representatividad como cara visible del Estado en materia de seguridad viaria y ante la Sociedad toda, es la misma.

Otro eje temático son las llamadas *auditorías de seguridad vial*, mediante las cuales se determina la presencia de *puntos negros, críticos o de conflicto* en las calles y carreteras, es decir: los lugares de alta concentración de siniestros viarios en un determinado período de tiempo, o donde es posible prever (prevención) que puedan ocurrir accidentes de forma frecuente y reiterada. Las auditorías se pueden hacer en las tres fases de la obra: durante la etapa del proyecto (para evitar el diseño de lugares conflictivos), en la construcción (para ir evaluando y corrigiendo los puntos críticos) y terminada la obra (como una forma de

control, seguimiento o individualización de puntos negros, si es que no se hizo en las dos etapas anteriores). Revela el Catedrático de Derecho español Miguel López-Muñiz Goñi que: "... en el planeamiento de una carretera comienza precisamente la prevención del accidente de tráfico...". Las auditorías de seguridad vial revisten una notable importancia en la tarea de prevención que debe llevar adelante la autoridad competente; y pueden según el caso servirle como instrumento probatorio para atenuar su responsabilidad en juicios en los que sea demandada por algún defecto en el diseño o mantenimiento de la vía. Por ello su realización, omisión o deficiente ejecución puede generar consecuencias jurídicas favorables o desfavorables para la autoridad viaria en cada caso concreto. A propósito los organismos multilaterales de crédito (Banco Mundial y Banco Interamericano de Desarrollo) están exigiendo estas auditorías previo al otorgamiento de créditos para la construcción de caminos, de manera que se incluya el componente de la seguridad viaria en los proyectos.

También hay que considerar la influencia del clima sobre el tráfico



y la seguridad viaria, presentándose las últimas alternativas tecnológicas como parte de los sistemas inteligentes de transporte (ITS), para detectar, controlar y advertir sobre situaciones meteorológicas críticas para la conducción (niebla, nieve, hielo, lluvia intensa que causa anegamiento de la ruta, granizo). Estos medios (estaciones meteorológicas provistas de cámaras y sensores, ubicadas a la vera de la carretera) permiten a los gestores o a los responsables de la seguridad viaria (Estado, organismos descentralizados o concesionarios) la toma

de decisiones on line (en tiempo real) como también el registro estadístico para lograr correcciones o mejoras futuras: lo que redundará en beneficio del usuario que, al estar debidamente informado a través de una señalización luminosa con mensaje variable (retrasando o adelantando el punto de percepción probable del inicio del fenómeno climático adverso), tendrá mayores posibilidades de evitar situaciones traumáticas, al advertir con suficiencia temprana la situación de peligro, y teniendo más tiempo para reaccionar, frenar o evitarla. ❖



NOTA DEL COMITÉ DE REDACCIÓN DE RUTAS

En relación con este interesante artículo, cuyo punto de vista es el de un profesional del Derecho, el Comité de Redacción de RUTAS desea formular una matización en relación con la afirmación de que "...es inexacto y mentiroso el postulado de que el 90 % de los accidentes de tráfico son causados por fallos humanos (teoría conductualista), cuando en realidad un número importante de errores de los conductores y sus terribles consecuencias (que se estiman en un 30 %) son inducidos o provocados por un defectuoso diseño, construcción o mantenimiento de las calles y carreteras (o por una falta de señalización adecuada en su caso), agravando además los efectos dañosos del accidente". Esa afirmación resulta más comprensible en un contexto como el de algunas naciones latinoamericanas, en las que no se ha podido todavía modernizar su red viaria hasta el nivel que hoy han alcanzado las de la Unión Europea, los Estados Unidos y otros países del mismo grado de desarrollo.

Música y Carretera



Diego Valdivia

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Pianista y Compositor*

Aunque no lo crean, la música y la ingeniería tienen sus similitudes y paralelismos. En mis viajes por carretera resuena la música en mi cabeza con la radio apagada. Por razones profesionales recorro la A-381 con asiduidad. Esta autovía fue inaugurada por tramos entre los años 2004 y 2006 con 88,3 km aprox. de longitud. Une los municipios de Jerez de la Frontera con Los Barrios, ambos términos en la provincia de Cádiz. Incluye en su trazado 24 viaductos, 8 pasos superiores, 20 pasos inferiores, 5 puentes verdes o falsos túneles y 17 pasos para fauna.

A temprana hora de la jornada me subo al coche, apoyo las manos sobre el volante, arranco, marco la velocidad de cruce, y tomo la incorporación desde la A-7 en su salida PK 110B para adentrarme en la A-381, la llamada autovía "ecológica". Ahí es cuando mi mente empieza a idear melo-

días. Un largo trazado oscuro y homogéneo de aglomerado drenante se presume delante de mis ojos atravesando un manto de colinas verdes de alcornoques y quejigos, en ocasiones peinados por el viento, ... otras, difuminadas por la niebla del amanecer se muestra gradualmente. En este contexto, mi melodía está formándose, escucho notas a lo lejos pero no definidas. Ya tengo la tonalidad, ese contraste de colores, pero esto acaba de empezar.

Necesito percusión. Para ello requiero de la velocidad del ritmo (BPM hablando musicalmente) que me van dando las líneas del eje de 8 m al paso constante de mi vehículo, según la Instrucción de Carreteras 8.2 espaciadas cada 11 m en este caso, y de material termoplástico ejecutadas en caliente. En los márgenes, tras el amplio arcén (>1,5 m) veo los postes tubulares empotrados de las barreras de se-

guridad cada 4 m en sus tramos centrales...o 2 m en las barreras dobles o superpuestas, su golpeo en mi visión es mucho más frecuente y rápido, y los hitos de arista y ojos de gatos refuerzan en mi mente su base con aéreos, palillos, cajas y bombo, cada compás de forma ternaria o binaria... Sus abatimientos o terminales a tierra de 12 m me dan la oportunidad de propiciar giros alegres a mi melodía con el piano a golpe de semifusa antes de enterrarse.

El paisaje mi inspiración, miro hacia delante y largas pendientes ascendentes y descendentes de asfalto me guían e introducen en la entrada de sus viaductos y falsos túneles... el más largo el de Valdeinferno de aprox. 285 m a la altura del PK 37+300. Gran parte del recorrido de esta Autovía cruza el Parque Natural de los Alcornocales y el embalse del río Barbate... por ello la concentración de túneles (Valdeinferno, Valdespera,...) y viaductos como el que salva el canuto de la garganta Juan Ramos, donde la luz de su vano central supera los 70 m. Las clotoides de las curvas me suavizan el paquete de la melodía para que no haya bruscos cambios; estos los reservo para las variaciones de luminosidad a la entrada y salida de los túneles. En éstos la melodía se entristece y endurece, para retornar victoriosa con fuerza al salir de ellos.

Si dudo en mi ejecución ahí está la señalización, mi partitura, conformado de señales codificadas según la DGT y carteles de lamas soportados por banderolas o pórticos de acero. Su reflectancia aportada por microsferas de vidrio me orienta y guía también en la noche, para que la música no pare.

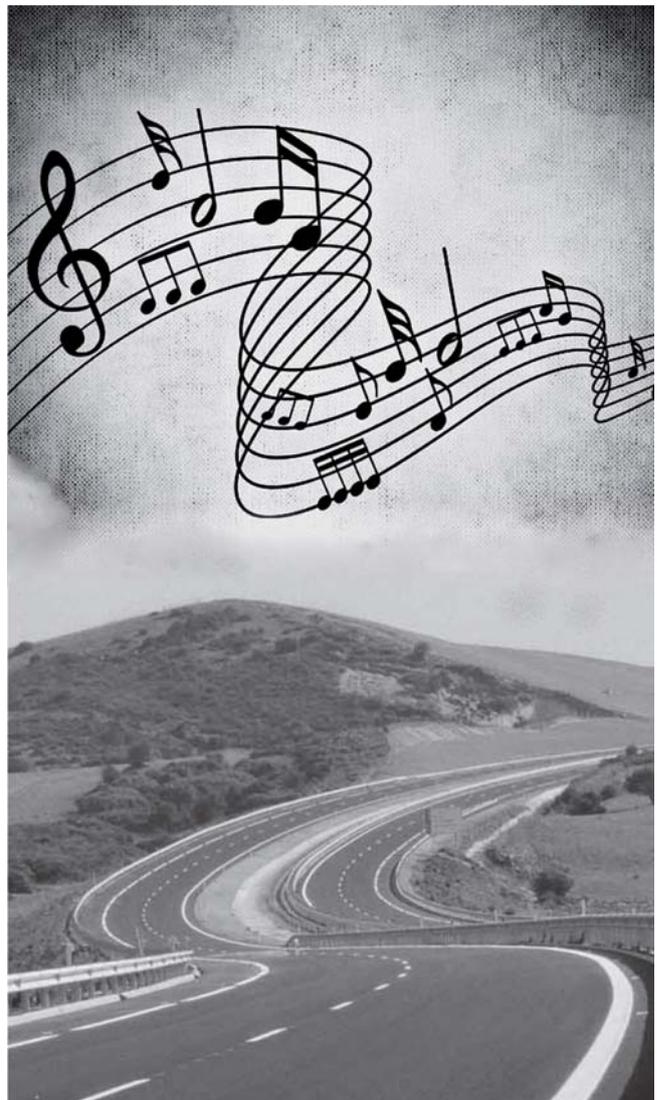
Me siento reconfortado en esta carretera, su adaptación al entorno es medioambientalmente genial, por ello fue galardonada internacionalmente con el Premio Global *Road Achievement Award*. Se permite a lo largo de su trazado el paso fresco y ligero de la fauna: jabalíes, ginetas, corzos y venados (gacelas y ciervos rojos).

Mis composiciones suelen ir de menos a más en su ejecución, y suelo dejar el punto álgido para el final. Ya estoy llegando a mi destino, las cuerdas y voces corales se unen para reforzar la música formando una especie de sinfonía para apoyar en agonía una frase melódica contundente, y después silencio. Me bajo del coche, he llegado a mi destino.

La música acompañada de imágenes consigue la perfecta unión de transmisión de sentimientos. Películas, videoclips, y en este caso el paisaje de las carreteras son un perfecto marco para ello.

Consta que en la construcción de la A-381 se invirtió unos 425 millones de euros... para mí no tiene precio. ❖

Diego Valdivia, aparte de Ingeniero de Caminos, es pianista y compositor. Su música se puede encontrar en las plataformas digitales: Apple music, Spotify, Amazon, Google Play, y Canal de youtube y Facebook con su mismo nombre.



Canciones para viajar, según la DGT

La DGT, por votación popular, creó en 2014 un *ránking* de los temas favoritos para conducir en la carretera.

El listado propuesto incluye, además de la música actual, temas más antiguos. De hecho, los más elegidos no son éxitos del momento, sino antiguas glorias de la música que además abarcan todos los géneros.

- 'Color esperanza' (Diego Torres)
- 'Ama y ensancha el alma' (Extremoduro)
- 'La raja de tu falda' (Estopa)
- 'Al partir' (Nino Bravo)
- 'Por la boca vive el pez' (Fito & Fitipaldis)
- 'Pisa el acelerador' (Joaquín Sabina)
- 'Camino a Soria' (Gabinete Caligari)
- 'Memorias de la carretera' (Miguel Ríos)
- 'La carretera', (La Guardia)
- 'Happy', (Pharrel Williams)

Y nosotros recomendamos la música de Diego Valdivia.

XIV JORNADAS CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



CÓRDOBA

5, 6 y 7 de marzo de 2016

Los días 5,6 y 7 de abril, en la ciudad de Córdoba, se van a celebrar las XIV Jornadas de Conservación.

El título de las Jornadas, "la conservación al servicio del usuario", resume de forma clara y concisa el objetivo último que tiene la conservación de nuestras carreteras, objetivo que guía

las actuaciones tanto de los gestores públicos como las empresas especializadas en la conservación.

Las redes de carreteras permiten la movilidad de personas y mercancías, conectan ciudades y personas. Facilitan el acceso no sólo a servicios esenciales, como hospitales o escuelas, también invitan a llegar a centros de

ocio y turísticos. Conectan modos de transporte, y son la base que permite que una gran parte de la economía se desarrolle. Las carreteras están al servicio del usuario y son un servicio público, sin el cual otros servicios públicos no podrían funcionar. Por ello las Administraciones han de velar para asegurar la vialidad de la red, y para

que su estado de conservación permita una circulación cómoda y segura.

La conservación debe buscar no solo la eficacia, sino también la eficiencia en la gestión y para ello es necesario que de forma continua y continuada se incorporen nuevas tecnologías y nuevos métodos que optimicen la gestión.

Estos avances deben de implementarse no solo en las redes de primer nivel, lo cual queda fuera de toda duda, sino también en el resto de redes, por ello, en estas Jornadas las Comunidades autónomas expondrán algunos de los sistemas de gestión que están aplicando para la mejora del servicio al usuario y se recogerán las tendencias que a nivel mundial se están implementado con este mismo objetivo.

En esta visión global de servicio al usuario se abordarán a lo largo de los Jornadas aspectos fundamentales para los usuarios de las carreteras como son la seguridad vial, la gestión del tráfico, la vialidad invernal,...

Y también se abordarán otros aspectos de notable importancia para la realización de una adecuada conservación como son la explotación, el medio ambiente, los avances en la tecnología para optimizar la iluminación,...

Y en la búsqueda de la mejora del servicio a los usuarios se ha considerado conveniente recabar la opinión de éstos, en un formato de mesa de debate, en el que poder escuchar la opinión de diversos colectivos relacionados con el mundo de la carretera, donde poder recoger sus opiniones, necesidades, tendencias, valoración sobre cómo se aborda hoy la conservación y cómo piensan ellos que podríamos avanzar en la mejora de la seguridad, comodidad y fluidez de nuestras carreteras.

Esperamos que estas Jornadas sirvan para consolidar una actividad fundamental para la funcionalidad de las carreteras, la de su conservación, y para avanzar en la mejora del servicio al usuario. ❖

TEMARIO

Martes 5 de abril

SESIÓN INAUGURAL

- SESIÓN I Sistemas de Gestión en Redes de Alta Capacidad. Experiencias Nacionales e Internacionales.
- SESIÓN II Sistemas de Gestión de la Conservación en Redes Autonómicas.
- SESIÓN III Avances y Tendencias del Comité Internacional de Piar. Congreso Mundial de Seúl.

Miércoles 6 de abril

- SESIÓN IV Avances en Tecnología y Normativa de Carreteras.
- SESIÓN V Seguridad Vial y Explotación.
- SESIÓN VI Aspectos Complementarios de la Conservación y Explotación.
- SESIÓN VII Comunicaciones Libres.

Jueves 7 de abril

- SESIÓN VIII Mesa Redonda.
- SESIÓN IX Vialidad Invernal.
- SESIÓN DE CLAUSURA.

EXPOSICIÓN FOTOGRÁFICA

Con motivo de las XIV Jornadas Técnicas de Conservación, se organizará un concurso de fotografía. Las fotografías recibidas serán expuestas en la sede de las Jornadas durante la celebración de las mismas.

LUGARES Y FECHAS

Las Jornadas se celebrarán en:

Real Círculo de la Amistad

Calle de Alfonso XIII, 14
14001 Córdoba, España

Fecha de celebración: 5, 6 y 7 de abril de 2016.

Para más información, en las siguientes direcciones web:

<http://www.atc-piarc.com>
<http://www.congresosatcpiarc.es>

La difusión de legislación y normativa española sobre carreteras

Hace casi 20 años un entonces joven ingeniero de Caminos estableció una simple página *web* para compartir información relacionada con la ingeniería de carreteras que se hacía en España, recopilando toda la normativa, legislación y documentación sobre este tema de la que tenía conocimiento. Sus señas actuales son:

<http://www.carreteros.org>

Esta página *web* tiene una vida exclusivamente virtual. Detrás no hay una organización, ni empresa alguna, ni nada que se le parezca: únicamente la iniciativa individual de su autor que intenta, dentro de sus limitadas posibilidades, mantener razonablemente actualizadas las páginas. Ha respondido, hasta ahora, a un afán de difusión del conocimiento de carreteras, combinado con algunas opiniones personales, sin ningún fin ulterior de apoyo a una empresa o marca concretas, ni a una organización en particular. Aun así, ha conseguido erigirse en un obligado lugar de consulta y referencia para la legislación y normativa española (tanto estatal como autonómica, e incluso la histórica) en materia de carreteras. Además, se han incluido artículos sobre planificación de carreteras y explotación y gestión de la red. Una simple visita a las señas citadas permite darse cuenta de su realidad y su potencial.

A través del Comité de Redacción de la revista RUTAS, el autor de la página *web* ha ofrecido a la Asociación Técnica de Carreteras, de forma generosa y totalmente desinteresada, la gestión del dominio *carreteros.org*, su contenido y su colaboración y experiencia, para hacer posible un sitio de internet en el que se ponga a disposición toda la normativa y documentación relacionada con la ingeniería de carreteras que se hace en los países de habla hispana; simplemente alojando los documentos remitidos al correo: carreterosorg@gmail.com. Esto permitiría:

- Llenar el hueco que hoy existe para los profesionales, que, habiendo escrito sobre temas de interés en el sector de la carretera, no encuentran un foro accesible donde enviar sus artículos.

- Compartir la normativa de carreteras de los países de habla hispana, incorporando normativas adicionales a la española, ya contenida; y facilitando que cualquier funcionario, investigador o usuario que quiera remitir normativa de su país tenga una forma sencilla de hacerlo.

El Comité de Redacción ha puesto en manos de los órganos directivos de la Asociación la interesantísima propuesta reseñada, con su informe favorable. ❖



REVISTA RUTAS DIGITAL



www.atc-piarc.com

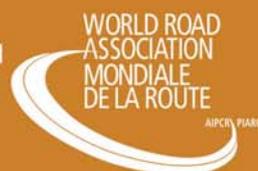
La Revista Rutas también se distribuye a través de la página web del Comité Nacional Español.

Navega por nuestros números y artículos:

- Descarga los tres últimos números de la revista si eres suscriptor en Rutas Online.
 - Accede a los artículos de la revista, desde su primera edición en 1986, de manera sencilla y gratuita (los dos últimos años solo para suscriptores).
- Gracias a nuestro buscador avanzado en Rutas Digital



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



Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras

PRESIDENTE:	- D. Luis Alberto Solís Villa
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. Jorge Urrecho Corrales - D.ª María Seguí Gómez
VICEPRESIDENTES:	- D. Carlos Bartolomé Marín - D. Jesús Díaz Minguela
TESORERO:	- D. Pedro Gómez González
SECRETARIO:	- D. Pablo Sáez Villar



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. Carlos Bartolomé Marín
 - D.ª María del Carmen Sánchez Sanz
 - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
 - D. José Manuel Cendón Alberte
 - D. Jorge Lucas Herranz
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
 - D. Jaime Moreno García-Cano
 - D.ª Garbiñe Sáez Molinuevo
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. Luis Alberto Solís Villa
 - D. José Trigueros Rodrigo
 - D. Xavier Flores García
 - D. José María Pertierra de la Uz
 - D. Carlos Estefanía Angulo
 - D. Juan Carlos Alonso Monge
- En representación de los órganos responsables de la vialidad en los municipios, ayuntamientos o empresas públicas:
 - D. Manuel Arnáiz Ronda
- 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
- 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. José Polimón López
 - 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. Alberto Bardesi Orúe - Echevarría
 - D. Victoriano Sánchez-Barcáiztegui Moltó
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. José Enrique Bofill de la Cierva
 - D. Juan José Potti Cuervo
 - D. Alejandro Llorente Muñoz
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
 - D. Juan Mata Arbide
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Jesús Díaz Minguela
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. José María Morera Bosch
 - D. Pedro Gómez González
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - D. Sandro Rocci Boccaleri
- Nombrado a propuesta del presidente:
 - D. José Luis Elvira Muñoz

Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras

COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- Presidenta *D.ª María del Carmen Sánchez Sanz*
- Presidente Adjunto *D. Luis Azcue Rodríguez*
- Secretaria *D.ª Lola García Arévalo*

PUENTES DE CARRETERAS

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

COMITÉ DE FINANCIACIÓN

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

GEOTECNIA VIAL

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

CARRETERAS INTERURBANAS Y TRANSPORTE INTEGRADO INTERURBANO

- Presidente *D. Sandro Rocci Boccaleri*
- Secretario *D. Javier Sáinz de los Terreros*

SEGURIDAD VIAL

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

TÚNELES DE CARRETERAS

- Presidente *D. Rafael López Guarga*
- Vicepresidente *D. Ignacio del Rey Llorente*
- Secretario *D. Juan Manuel Sanz Sacristán*

CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

- Presidente *D. Antonio Sánchez Trujillano*

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

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

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- Presidente *D. Andrés Costa Hernández*
- Secretaria *D.ª Paloma Corbí Rico*

FIRMES DE CARRETERAS

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

Socios de la Asociación Técnica de Carreteras

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

D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS
D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS
D. SANDRO ROCCI BOCCALERI
D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH
D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA
D. JORDI FOLLIA I ALSINA
D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ
D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA

Socios de Mérito

D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
D. CARLOS OTEO MAZO
D. ADOLFO GÜELL CANCELA
D. ANTONIO MEDINA GIL
D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA
D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA
D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES
D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS
D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA
D. ROBERTO LLAMAS RUBIO
D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ

Socios Protectores y Socios Colectivos

Administración General del Estado

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIA. MINISTERIO DEL INTERIOR
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MINISTERIO DE FOMENTO

Comunidades Autónomas

COMUNIDAD DE MADRID
GENERALITAT DE CATALUNYA
GOBIERNO DE ARAGÓN, DEPARTAMENTO DE VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO, MOVILIDAD Y VIVIENDA
GOBIERNO DE CANARIAS
GOBIERNO DE CANTABRIA
GOBIERNO DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INFRAESTRUCTURAS
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
PRINCIPADO DE ASTURIAS
XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE

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
EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ZARAGOZA
CABILDO INSULAR DE TENERIFE
CABILDO DE GRAN CANARIA
CONSELL DE MALLORCA. DIRECCIÓN INSULAR DE CARRETERAS

Ayuntamientos

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
MADRID CALLE 30

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 NACIONAL DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE OBRA PÚBLICA, AERCO
ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA
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.
TÚNELS DE BARCELONA I CADÍ, CONCESSIÓ NÀRIA DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, S.A.

Empresas

3M ESPAÑA, S.A.
ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
ACCIONA INGENIERÍA, S.A.
ACENTO INGENIERÍA, S.L.
AECOM INOCSA, S.L.U.
A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
ALVAC, S.A.
API MOVILIDAD, S.A.
ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
AUDECA, S.L.U.
AZUL DE REVESTIMIENTOS ANDALUCES, S.A.
BARNICES VALENTINE, S.A.U.
BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
BETAZUL, S.A.
CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
CEPSA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
COMPOSAN PUENTES Y OBRA CIVIL, S.L.
CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSIRIA)
CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
CLOTHOS, S.L.
CYOPSA - SISOCIA, S.A.
DRAGADOS, S.A.
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.P.
ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
EUROCONSULT, S.A.
EUROESTUDIOS, S.L.
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 CIMIENTOS, S.A. (GEOCISA)
GETINSA - PAYMA, S.L.
GINPROSA INGENIERÍA, S.L.
GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
IKUSI - ÁNGEL IGLESIAS, S.A.
IMPLASER 99, S.L.L.
INCOPE CONSULTORES, S.L.
INDRA SISTEMAS, S.A.
INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
INGENIERÍA IDOM INTERNACIONAL, S.A.
INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. (INCOSA)
JEROL VIAL, S.L.
KAO CORPORATION, S.A.
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)
PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
PROES CONSULTORES, S.A.
PROSEGUR, SOLUCIONES INTEGRALES DE SEGURIDAD DE ESPAÑA, S.L.
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. (TYPASA)
TECNIVIAL, S.A.
TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)
TELVENT TRÁFICO Y TRANSPORTE, S.A.
TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
TEVASEÑAL, S.A.
TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
V.S. INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

Socios Individuales

Personas físicas (56) 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

http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php



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

Desde este link http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php, podrá consultar los artículos de la Revista *Rutas*, así como los de otras publicaciones, Congresos y Jornadas que organiza la ATC

Forma de pago:

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

Nombre

Empresa NIF

Dirección Teléfono

Ciudad C.P. e-mail

Provincia País

Fecha Firma

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



La forma más fácil de trabajar con betunes asfálticos

The image shows a purple smartphone displaying the Ditecpesa app interface. The app has a top header with the logo and name. Below it is a grid of six menu items: 'DESCUENTOS' (Todas tus ofertas), 'BIBLIOTECA' (Documentación técnica), 'CAMBIO DE PRECIOS' (Actualizados día a día), 'NOTICIAS Y VÍDEOS' (Novedades del sector), 'SEGURIDAD Y SALUD' (Prevención), and 'MEDIO AMBIENTE' (Somos sostenibles). At the bottom of the grid are 'SUGERENCIAS' (Ayúdanos a mejorar) and 'PEDIDOS' (Realiza tus pedidos). Below the grid is a video player with a play button. Surrounding the phone are callouts with icons and text: a discount tag for 'Descuentos', a bookshelf for 'Biblioteca', a hard hat for 'Seguridad y salud', a landscape for 'Medio Ambiente', and a tanker truck for 'Pedidos'.

Descuentos
Todas tus ofertas

Biblioteca
Documentación técnica

Seguridad y salud
Prevención

Medio Ambiente
Somos sostenibles

Pedidos
Realiza tus pedidos

Nueva aplicación gratuita para Smartphone ditecpesa para todo aquel interesado en el mundo de los betunes asfálticos y pavimentos, la forma más fácil de trabajar con betunes asfálticos. Haz tus pedidos con un solo clic, recibe los mejores descuentos el primero, consulta la información técnica en la biblioteca y recibe todas las noticias y novedades del sector. ¡En tú bolsillo!

Ditecpesa es una empresa global dedicada a la comercialización y fabricación de betunes asfálticos, betunes modificados y emulsiones.

Descárgatela en:



ditecpesa

www.ditecpesa.com
ditecpesa@ferrovial.com

