



ENTREVISTA
RUTAS TÉCNICA
ACTIVIDADES DEL SECTOR



Entrevista a
D. José María Izard
 Secretario de la
 Asociación Técnica de Carreteras
 y del Comité Nacional Español
 de la Asociación Mundial de la
 Carretera (AIPCR/PIARC)



Recomendaciones para facilitar la
 implementación de los 'sistemas
 de transporte inteligente' (ITS)
 Las carreteras a partir de la crisis
 económica
 Valores característicos de
 circulación en carreteras de
 dos carriles para su empleo en
 simulación



D. Juan Francisco Lazcano
 nombrado presidente de la AEC
 Distinciones colegiales 2014
 X Premio Nacional ACEX a la
 Seguridad en Conservación
 XIV Congreso Español sobre
 Sistemas Inteligentes de
 Transporte ITS



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 Audibería. 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

Tribuna Abierta



- 03** José Pablo Sáez Villar
Director Gerente de ACEX

Entrevista

- 05** D. José María Izard
Secretario de la Asociación Técnica de Carreteras
Secretario del Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC)

Rutas Técnica



- 10** Recomendaciones para facilitar la implementación de los ‘sistemas de transporte inteligente’ (ITS) en la redacción de los estudios, anteproyectos y proyectos de la Red del Estado
Recommendations to facilitate the implementation of ‘Intelligent Transportation Systems’ (ITS) for drawing up studies, pre-projects and projects of the Network of State Roads
Fuencisla Sancho Gómez y Álvaro Picazo Iranzo

- 16** Las carreteras a partir de la crisis económica
Roads since the economical crisis
Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano

- 28** Valores característicos de circulación en carreteras de dos carriles para su empleo en simulación
Characteristic values on circulation on two-lane roads for use in case of simulation
Manuel G. Romana y Guillermo Castilla



Rutas Divulgación

- 38** Pavimentos de Hormigón en Argentina

Nota de Lectura

- 45** La ingeniería de caminos, desde la construcción de carreteras hasta los enfoques sistémicos

Actividades del Sector



- 49** D. Juan Francisco Lazcano nombrado presidente de la AEC
- 51** Distinciones colegiales 2014
- 54** X Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación
- 56** XIV Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte ITS
- 58** Jornada Técnica “El aporte de la conservación a la seguridad en la carretera”
- 59** D. Enrique Soler Salcedo, vocal de la Junta Directiva de la ATC, premiado por la Asociación Mundial de la Carretera



ATC

- 60** Curso de formación de operadores de centro de control de túnel de carretera
- 63** Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras
- 64** 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:

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DIALNET · ICYT · ULRICH'S
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:
Roberto Alberola García Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras

Vicepresidente:
José María Izard Galindo Secretario de la Asociación Técnica de Carreteras

Vocales:

José Alba García	Presidente de Urbaconsult (España)
Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
Alfredo García García	Catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia (España)
Oscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez	Director del Laboratorio de Infraestructuras Viarias del CEDEX, M. Fomento (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS (España)
Carlos Oteo Mazo	Catedrático de Ingeniería del Terreno de la Universidad de la Coruña (España)
Hernán Otoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Felix Perez Jimenez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos. Subsecretaría de Infraestructura (México)
Sandro Rocci	Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Julio José Vaquero García	Jefe del Servicio de Auscultación de Firmes y Pavimentos de la DGC, M. Fomento (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 y Maquetación:

Mª José Sánchez Gómez de Orgaz
Víctor Domingo Encinas

Redacción, Diseño, Producción, Gestión Publicitaria y Distribución:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
comites@atc-piarc.com

Foto Portada:

Mª José Sánchez Gómez de Orgaz

Fotografía principal de la portada:

D.ª María Seguí, directora general de Tráfico y D. Manuel Niño, secretario general de Infraestructuras, entregan la Mención Honorífica Luis Antona de la Junta Directiva de ACEX 2014 a D. Jorge Urrecho Corrales, director general de Carreteras del Ministerio de Fomento.

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

Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

©Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

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

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

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



Nº 159 ABRIL - JUNIO 2014

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Enlace de descarga del Código de Conducta de la Revista Rutas:
www.atc-piarc.com/codigoconducta.pdf

Conservar por convencimiento, otra forma de reivindicar la inversión en carreteras

Nuestro país ha invertido en los últimos veinticinco años más de 125.000 M€ en la construcción y conservación de sus carreteras. Este importante esfuerzo inversor no ha llevado consigo, sin embargo, un incremento significativo en la longitud total de las redes de carreteras de las administraciones públicas propietarias de las mismas, ya que tampoco se ha visto necesario, aunque sí ha supuesto un incremento de la capacidad y seguridad vial de estas vías de comunicación terrestre.

Cabe preguntarse, por tanto, dónde se han invertido estos cuantiosos recursos económicos. La respuesta es, de un lado, en la construcción de redes de alta capacidad, triplicando su longitud total en estos veinticinco años, superando en la actualidad los 16.000 km, y que hace que España sea el país de la Unión Europea con mayor longitud de este tipo red, seguida por Alemania y Francia. Además, este privilegiado lugar lo ocupa no sólo en valor absoluto sino también respecto a la proporción de este tipo de vías sobre el conjunto del total de carreteras.

Asimismo, otra parte de esta inversión se ha dedicado a la adecuación, modernización, ensanche, mejora y refuerzo de las carreteras convencionales de las diversas administraciones.

Y finalmente, se ha invertido en la conservación y mantenimiento de las carreteras, atendiendo las operaciones de vialidad, las de conservación ordinaria, las de conservación extraordinaria y las actuaciones de mejora de la seguridad vial, entre otras.

Todo ello ha llevado a que la actual red de carreteras que posee nuestro país sea, en su conjunto, de una calidad muy elevada con trazados y equi-

pamiento que permiten una circulación segura, lo cual ha hecho que en la actualidad tengamos unos niveles de servicio de nuestras carreteras similares al de nuestros países vecinos. Favoreciéndose la competitividad de nuestro país, la conexión y comunicación de sus núcleos de población, aproximando la sanidad, la educación y la cultura a los ciudadanos.

Por ello, manifestar que las carreteras, por las que hoy en día circulamos, están en peores condiciones que las que existían en 1985 es una afirmación carente de rigor.

Hoy nos encontramos con una red extensa, con un peso importante de las vías de alta capacidad y con una red que facilita la capilaridad de las comunicaciones. Que está aguantando, con razonable dignidad, este fuerte y largo periodo de restricciones presupuestarias de las inversiones dedicadas a las carreteras por las diversas administraciones.

La normativa técnica con la que se han construido las carreteras está haciendo que la mayor parte de los problemas puntuales que tienen las carreteras se encuentren, principalmente, en la capa de rodadura de los firmes. Sin embargo, en su conjunto, los datos de las auscultaciones del coeficiente de rozamiento transversal cumplen la normativa en vigor y por tanto las carreteras presentan una seguridad acorde a las necesidades de los usuarios.

Las inversiones realizadas en las carreteras nos han llevado a tener una señalización vertical de una elevada densidad. Volviendo a comparar con los países de nuestro entorno, la dotación de señalización vertical que tienen nuestras carreteras es mucho mayor que la de los países vecinos. Reconozcamos que en algunos casos sus niveles de retroreflexión no son, posiblemente, los más



Tribuna abierta

José Pablo Sáez Villar
Director Gerente de ACEX

adecuados, encontrándose el origen del problema en la superación de la vida útil de las señales, principalmente en carreteras convencionales.

Sobre la señalización horizontal, ésta es un área de mejora sobre la que es necesario actuar, entre otras cuestiones por ser poco costosa y de una enorme eficacia para la seguridad vial.

La preocupación por la seguridad de los usuarios es una constante en los gestores de nuestras redes de carreteras, sin olvidarse, ni mucho menos, de los usuarios más vulnerables. Entre los muchos ejemplos que se pueden citar de esta afirmación está el significativo aumento del número de kilómetros colocados de barrera de seguridad en arcenes y medianas, así como la colocación de protectores de barrera para motoristas, que ha constituido un avance significativo en la seguridad de este tipo de usuarios, constituyendo una iniciativa precursora en las carreteras europeas.

Sin duda el balizamiento también ha visto incrementada su presencia en las carreteras, lo cual redundará en una mejora en las condiciones de ayuda a la toma de decisiones de los usuarios en la conducción.

No se debe olvidar la atención que los gestores de las carreteras han dedicado al mantenimiento del buen estado de funcionamiento del drenaje longitudinal y transversal, que tanta influencia tiene en la vida útil de la infraestructura, aunque los usuarios no sean conscientes de la actividad realizada ni de la importancia que su ejecución conlleva.

Volviendo a las operaciones de vialidad, imprescindibles para el correcto funcionamiento y uso de las carreteras, son necesarias para asegurar a los usuarios que las carreteras están en buen estado de funcionamiento y que las condiciones de estado y de servicio son los adecuados a las necesidades y seguridad, y ello en condiciones climáticas y de tráfico cambiantes. Sin duda esta es una realidad que se está cumpliendo aún en este periodo de restricciones. Y en el que las empresas de conservación integral están aportando, desde hace más de veinticinco años, su profesionalidad y esfuerzo para minimizar los efectos de la disminución de las inversiones.

Entre las actividades de vialidad merecen mención especial las relacionadas con el mantenimiento de la vialidad invernal, sin duda básicas para asegurar la movilidad de los ciudadanos en condiciones meteorológicas adversas, que llevan consigo, en la actualidad, unos importantes consumos de fundentes que deben tender a una creciente moderación tanto por el coste que suponen como por el efecto negativo que conllevan, debiendo complementarse la eficacia en las operaciones de vialidad invernal con la eficiencia en las mismas.

Se está solicitando desde diversas organizaciones, entre ellas desde ACEX, y por medios de comunicación una reactivación de las inversiones en conservación de las carreteras sobre la base del riesgo que se está corriendo, de un lado por el mal estado de conservación actual que presentan las carreteras y de otro por los sobrecostes que una demora en las inversiones conllevaría.

Desde esta tribuna me sumo a esa necesaria solicitud de reactivación de la inversión en conservación, pero lo hago basándome en la eficacia y eficiencia que la misma tiene. Lo hago por convencimiento de que esa inversión en conservación es mucho más necesaria que la inversión en construcción, dada la extensión y calidad de la red existente, y que es precisamente la carretera, por ser la más utilizada por los ciudadanos y por las mercancías -más del 91% del tráfico de pasajeros se realiza por carretera y más del 84% de mercancías se transportan por carretera- la infraestructura que más necesita ser conservada entre otras cosas por ser, con mucho, la más usada.

Apunto también que el porcentaje de inversión destinado a conservación, con relación al total de las inversiones en carreteras, es un índice del grado de desarrollo de un país. Y en ese ranking no ocupamos un lugar preferente entre nuestros países vecinos, que dedican mucho más que nosotros a la conservación de carreteras. Quiero recordar algo que ya he dicho en varias ocasiones "conservar es progresar", y que quiero complementar hoy añadiendo que "conservar es progresar, conservemos por convencimiento" y así reivindicamos la necesidad de invertir en la conservación y el mantenimiento de nuestras carreteras por el bien del país y de los ciudadanos.



Entrevista a

D. José María Izard

Secretario de la Asociación Técnica de Carreteras y del Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera

La Redacción

José María Izard es ingeniero de caminos, canales y puertos por la Universidad Politécnica de Madrid y Máster en Economía y Dirección de Empresas por el IESE (Universidad de Navarra).

A lo largo de sus treinta años de ejercicio profesional ha desempeñado diversos cargos de dirección en empresas consultoras y empresas constructoras. Desde el año 2006 ocupa el cargo de gerente de

la Asociación Nacional de Empresas Constructoras de Obra Pública (AERCO) y es consejero de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y miembro de diversos Comités de la CEOE.

Colaborador habitual, desde hace más de veinte años, del profesor Emérito de la UPM y presidente de Honor de la Asociación Mundial de la Carretera, Enrique Balaguer Camphuis, en la

coordinación de diversos libros, como *Cien años de Caminos de España*, editado por la Asociación Técnica de Carreteras en el año 2007, y *La calidad de las obras públicas y la edificación*, editado en el año 2012 por EUROCONSULT; así como en la realización de informes técnicos relacionados con la organización, gestión y financiación de las carreteras y en la redacción de artículos y ponencias.

José María Izard pertenece desde el año 2009 a la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras como vocal representante de las empresas de construcción, es vicepresidente y miembro del Comité Editorial de la revista *RUTAS* y miembro del Comité Técnico de Financiación de la ATC. El pasado año ha sido nombrado secretario de la Asociación Técnica de Carreteras y, posteriormente, secretario del Comité Español de la Asociación Mundial de la Carretera.

¿Cuáles son los principales objetivos de la Asociación y cómo se relaciona con la Asociación Mundial de la Carretera?

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC) fue constituida en 1971 con un doble objetivo: acoger y suministrar apoyo al Comité Español de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR-PIARC) y constituir un foro de encuentro y colaboración neutral, independiente y objetivo entre la Administración Pública, los profesionales y las empresas para debatir y tratar la problemática de carácter técnico, económico y social de las carreteras.

Conviene recordar que la Asociación Mundial de la Carretera fue creada en 1909 ante la necesidad de estudiar procedimientos de mejora de las carreteras que permitieran adaptarlas



El presidente y el secretario de la Asociación Técnica de Carreteras, D. Roberto Alberola y D. José María Izard, durante las XIII Jornadas de Conservación.

“La Asociación Mundial de la Carretera se ha ganado el apoyo de 120 gobiernos del mundo y cuenta con la participación de empresas, organizaciones e instituciones de más de 140 países”

a los nuevos vehículos automóviles movidos con motores de explosión y con el fin de agrupar a las administraciones encargadas de la gestión de las carreteras de todos los países del mundo, junto con entidades públicas y privadas relacionadas con las carreteras.

La ATC desarrolla una intensa labor en la transferencia de tecnología de carreteras y en su difusión, para ello cuenta con Comités Técnicos, la revista *RUTAS* y actividades específicas de formación dirigidas a todos los profesionales que actúan en la carretera, para ello colabora con las universidades, centros de investigación, asociaciones sectoriales y académicas y profesionales de reconocido prestigio.

Los Comités Técnicos están constituidos por especialistas que estudian y analizan con detalle cada materia, publican documentos técnicos (estados del arte, monografías, guías técnicas, etc.) y organizan congresos, seminarios y cursos. Estos Comités Técnicos están relacionados con los Comités Internacionales de la Asociación

“La ATC ha favorecido el progreso de la tecnología de carreteras, su gestión y financiación; y con sus actuaciones ha contribuido a mejorar las redes de carreteras de España, su circulación y el servicio prestado por las vías públicas al conjunto de la sociedad”

Mundial de la Carretera, de los que forman parte profesionales de casi todos los países del mundo, y que presentan sus trabajos cada cuatro años en los Congresos Mundiales de Carreteras.

La revista *RUTAS*, que edita la ATC, se publica desde 1986 y está incluida en diversas bases de datos científicas. Contiene: Rutas Técnicas, donde se publican artículos técnicos-científicos, Rutas Divulgación, que contiene artículos de divulgación técnica, y otras secciones, que recogen las actividades y las noticias más relevantes del sector. Con periodicidad anual también se edita un número monográfico de *RUTAS*.

La Asociación se encuentra en contacto permanente con la Asociación Mundial de la Carretera a través del Comité Español de la AIPCR, que es un órgano de carácter técnico presidido por el Primer Delegado, cargo que recae en el director general de Carreteras del Ministerio de Fomento.

La ATC y el Comité Español de la AIPCR canalizan las relaciones de los miembros españoles de la AIPCR y coordina la presencia española en los congresos mundiales que organiza.

¿Qué valor considera que están aportando la AIPCR y la ATC a la sociedad?

Desde la creación de la AIPCR han pasado más de cien años en los que ha contribuido de forma determinante al progreso de las carreteras en el mundo, incluyendo el estudio y la implantación de tecnologías necesarias para facilitar una comunicación segura, cómoda y fluida para las personas y las mercancías. También hay que destacar que la AIPCR representa un elemento esencial en la transferencia de tecnología de carreteras entre los países del mundo y entre las organizaciones y profesionales involucrados en el sector de las carreteras.

A lo largo de su historia, la Asociación Mundial de la Carretera se ha ganado el apoyo de 120 gobiernos del mundo y cuenta con la participación de empresas, organizaciones e instituciones



De izqda. a dcha.: D. José María Izard (secretario de la ATC), D. Juan Antonio Santamera (presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos), D. Manuel Niño (secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento) y D. Leonardo B. Benatov (presidente de EUROCONSULT).

de más de 140 países. Su contribución a la mejora de las redes viales ha sido muy relevante y ha servido para mejorar el acceso al territorio y facilitar las comunicaciones entre las personas y, en definitiva, para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

España, como socio fundador de la AIPCR, ha participado durante todo el siglo XX de manera decidida en sus actividades. Inicialmente y hasta la creación de la ATC a través de los servicios de carreteras de la Administración del Estado, posteriormente la Asociación Técnica de Carreteras ha canalizado la aportación española. Debemos recordar que la Asociación Mundial estuvo presidida por Enrique Balaguer Camphuis desde el año 1984 hasta el año 1992.

En todos estos años la Asociación Técnica de Carreteras ha favorecido el progreso de la tecnología de carreteras, su gestión y financiación; y con sus actuaciones ha contribuido a mejorar las redes de carreteras de España, su circulación y el servicio prestado por las vías públicas al conjunto de la sociedad.

La ATC ha sabido canalizar los conocimientos y habilidades de los ingenieros de caminos y de otros profesionales de la carretera, ha contribuido a reforzar la formación técnica y práctica de profesionales en ejercicio y, particularmente, ha servido para canalizar la transferencia de tecnología en materia de carreteras entre España y el resto de los países del mundo. Me

gustaría destacar el trabajo desarrollado por la ATC en los países de Latinoamérica, con los que ha establecido, a través de la AIPCR, una sólida colaboración materializada en el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA).

“Con estos nuevos Estatutos se ha logrado equilibrar la representación institucional, la representación empresarial y profesional y la representación del mundo académico y los centros de investigación”

¿En qué consisten los principales cambios introducidos recientemente en los Estatutos de la ATC?

Los nuevos Estatutos de la ATC han sido redactados por una Comisión de la Junta Directiva de la Asociación, en la que han participado destacados profesionales tanto de las instituciones públicas como de las empresas.

Para su redacción se ha tenido en cuenta las transformaciones sociales y económicas que se han producido

en los últimos años y el nuevo marco en el que se desarrolla la actividad de carreteras.

Un aspecto muy importante es que con estos nuevos Estatutos se ha logrado un equilibrio entre la representación institucional de la Administración (33%), la representación empresarial (33%), la representación del mundo académico y los centros de investigación (9%) y la representación de los socios individuales y socios de Honor (24%), a través de una composición ponderada de los Vocales de la Junta Directiva que permitirá dirigir la Asociación para la consecución de los objetivos marcados por sus socios.

Hay que destacar que la aportación empresarial -compuesta por empresas consultoras, constructoras, conservadoras, concesionarias de carreteras, laboratorios acreditados y empresas auxiliares- complementa y enriquece la representación institucional de la Administración con el objeto de aunar esfuerzos para lograr los objetivos de la Asociación.

Otro aspecto que se ha recogido en los nuevos Estatutos se refiere a la tipificación y descripción de los tipos de socios: Socios de Número, Socios Sénior y Socios Junior. Dentro de los Socios de Número se han distinguido Socios de Honor, Socios de Mérito, Socios Protectores, Socios Colectivos y Socios Individuales.



D. Enrique Balaguer Camphuis, presidente de Honor de la Asociación Mundial de la Carretera, acompañado por D. José María Izard.

¿Cuáles son las prioridades de los planes de actuación en los que está inmersa la ATC?

Se está avanzando en diversas líneas que se iniciaron hace años. Por una parte se están reforzando las actividades de los Comités Técnicos y la presencia española en la Asociación Mundial, a través de los trabajos que desarrollan los Comités Técnicos y el Comité Español de la AIPCR. Con este reforzamiento se están estrechando los lazos con los países Latinoamericanos para favorecer la presencia de los profesionales y las empresas españolas.

Destacaría la labor desarrollada para poner al día la organización de la Asociación en la introducción de las nuevas tecnologías de información y comunicación, incluida la actualización de la presencia de la ATC en internet, en la gestión y comunicación de los miembros de los Comités Técnicos, en la formación de los cursos y jornadas y en la difusión del conocimiento, particularmente a través de la revista *RUTAS*. También en relación con la revista *RUTAS*, me gustaría destacar los trabajos que están desarrollando el Comité Editorial y el Comité de Revisores Técnico-Científicos para disponer de una revista de amplia difusión e indexada que figure en bases de datos cientí-

ficas. Así, recientemente, ha sido indexada en la Universidad de Granada, en DIALNET, ICYT, ULRICH'S y en LATINDEX.

Sin duda una de las prioridades es la consolidación de la formación, que adopta varios formatos: jornadas, cursos, seminarios, simposios y congresos. La formación siempre ha estado en la esencia de la ATC, ya que la Asociación agrupa a magníficos profesionales y permite desarrollar una formación enfocada a la práctica e impartida desde el conocimiento teórico y práctico.

“La tarea que tiene pendiente el conjunto de las instituciones y la ingeniería de carreteras es poner en valor ante la sociedad la excelencia alcanzada por la ingeniería y mostrar la importancia que tiene la infraestructura de carretera para el desarrollo económico y para el progreso social”

¿Cree que la ATC tiene alguna asignatura pendiente?

Entre algunas de las cuestiones que habría que desarrollar cabe incluir el reforzamiento de las relaciones institucionales, para incorporar en la Asociación a la totalidad de las administraciones de carreteras de ámbito autonómico, provincial y local, así como a las asociaciones empresariales, profesionales y grupos de interés afines al sector de las carreteras. Este aspecto se ha puesto de manifiesto a raíz del comienzo de la crisis económica, que ha evidenciado la importancia de desarrollar un permanente diálogo y trabajo conjunto entre todas las partes involucradas. En estos

últimos años se ha avanzado mucho en esta línea y ahora queda rematar el trabajo realizado.

También habría que intensificar el trabajo en los Comités Técnicos y diversificar la presencia de España en los Comités Internacionales de la Asociación Mundial, para que se encuentren representados tanto las instituciones como el sector empresarial. Esta acción se debe desarrollar con la complicidad de los Presidentes y miembros de los Comités Técnicos, que constituyen un equipo de primer nivel y de reconocido prestigio nacional e internacional. Debemos agradecer el trabajo de estos profesionales, que trabajan de forma desinteresada para lograr la excelencia en sus respectivos campos de actuación. A través de los trabajos de estos Comités, España muestra su alto nivel técnico en el ámbito internacional, conseguido con el esfuerzo continuado durante décadas y que se ha materializado en una red de carreteras que, aunque con alguna carencia, hay que situarla entre las mejores del mundo.

Igualmente, a corto plazo, la ATC podría hacer un esfuerzo adicional para suministrar mayor valor añadido a sus socios y al conjunto de la sociedad, a través del reforzamiento y diversificación de sus actividades y de la mejora en la gestión.

Por último, me gustaría referirme a la tarea que tiene pendiente el conjunto de las instituciones y la ingeniería de carreteras: poner en valor ante la sociedad la excelencia alcanzada por la ingeniería y mostrar la importancia que tiene la infraestructura de carretera para el desarrollo económico y para el progreso social. En este sentido, la ATC debe ser un cauce idóneo y tiene mucho que aportar. Logrando este objetivo conseguiremos que la sociedad demande la inversión que requiere la mejora de capacidad y nivel de servicio de algunos tramos de nuestras carreteras y su adecuada conservación y explotación, para alinearnos con los estándares de los países de nuestro entorno económico. ❖

Captafaros 3M

Serie 290 con marcado CE

Los Captafaros 3M Serie 290 con marcado CE mejoran la fluidez del tráfico en carretera y proporcionan mayor seguridad a los conductores en cambios de rasante, curvas y salidas e incorporaciones.



Calidad más que contrastada

Los Captafaros 3M Serie 290 refuerzan la marca vial, particularmente en lluvia, pero además, han demostrado unos niveles óptimos de visibilidad en toda su vida útil, como se refleja en los ensayos de campo prolongados, en condiciones reales de tráfico, **que han superado para obtener el marcado CE con ensayo de campo.**

Se aplican sobre asfalto y hormigón y ofrecen una visibilidad efectiva y duradera, gracias a sus lentes altamente resistentes a los impactos y la abrasión.

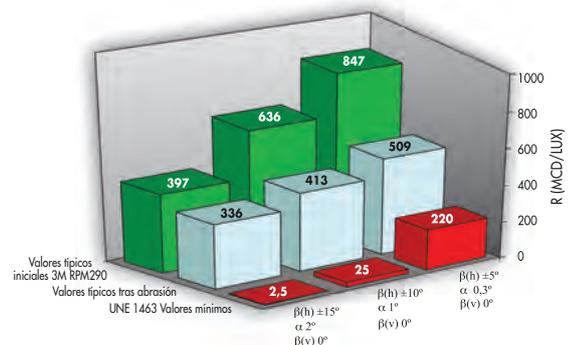
Su fácil limpieza y mantenimiento le permiten conservar su brillantez y retrorreflectancia iniciales.

Clasificación del Producto

Según Norma UNE-EN 1463-1: Producto, Clasificación P3A. (Permanente, de plástico resistente a la abrasión, rígido no deformable)

Según Norma UNE-EN 1463-2: Ensayo de Campo, Clasificación S1R1 (S1. Referencia máxima de permanencia de los captafaros después de Ensayo de Campo). (R1. Máxima clasificación en visibilidad después de Ensayo de Campo)

En el gráfico siguiente se muestran los valores típicos iniciales y tras abrasión del Coeficiente de Intensidad Luminosa de un Captafaro Serie 290 blanco con lente blanca.



Recomendaciones para facilitar la implementación de los 'sistemas de transporte inteligente' (ITS) en la redacción de los estudios, anteproyectos y proyectos de la Red del Estado



Recommendations to facilitate the implementation of 'Intelligent Transportation Systems' (ITS) for drawing up studies, pre-projects and projects of the Network of State Roads

Fuencisla Sancho Gómez

Subdirectora General de Estudios y Proyectos
Dirección General de Carreteras
Ministerio de Fomento

Álvaro Picazo Iranzo

Profesor Titular
Escuela Técnica Superior de Edificación
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Resumen

Los sistemas inteligentes de transporte (ITS) son un conjunto estructurado de aplicaciones y dispositivos a los que se les aplican las TICs o tecnologías de la Información y las Comunicaciones. En España desde los años 80 están presentes en nuestras carreteras. A partir de ahí los ITS se han ido implantando poco a poco en el binomio carretera/vehículo.

Con estos antecedentes y con las condiciones de contorno actuales, en lo que a carretera se refiere (trazado, diseño, equipamiento), es esencial para que la misma sea más segura, buscar el equilibrio entre la funcionalidad, la homogeneidad y la predictibilidad. En esta ocasión, estos tres principios se deberán tener en cuenta en el equipamiento de la infraestructura entendiendo como tal, no sólo la señalización y el balizamiento, sino la implementación de sistemas e infraestructuras de transporte inteligente (ITS).

El despliegue de los ITS en las carreteras de la red estatal se ha producido, en muchas ocasiones, una vez que la construcción de la carretera ha finalizado y ésta ha entrado en servicio. Sin embargo, se considera más eficaz que la implantación de los ITS se plantee como un hecho *a priori*, ya desde la fase de estudio y proyecto de las carreteras y que se incorporen como un elemento más a tener en cuenta en el proceso de planificación y diseño. Este es el objetivo de las recomendaciones para facilitar la implementación de los 'sistemas de transporte inteligente' (ITS) en la redacción de los estudios y proyectos de la Red de Carreteras del Estado que desarrolla la Nota de Servicio, N.S.1/2014 (DGC. Ministerio de Fomento).

PALABRAS CLAVES: contexto ITS, implementación de sistemas, capa digital, capa física, infraestructura ITS, sistemas ITS.

Abstract

Intelligent Transport Systems (ITS) are a structured number of applications and devices on which ICT's or Information and Communication Technologies are applied. In Spain since the 80s are present on our roads. From then on, ITS have been gradually implemented in the relationship between roads/vehicles.

With this background and the actual surrounding conditions, as far as roads are concerned (layout, design, equipment), it is important for the road safety to find a balance between functionality, homogeneity and predictability. On this occasion, these three principles should be taken into account for infrastructure equipments, not only for road signposting and signaling, but also for the implementation of Intelligent Transportation Systems and Infrastructures (ITS).

ITS implementation into the Network of State Roads has taken place, in many cases, once the construction of the road has been completed and the road is open to traffic. However, it is important and effective to consider the implementation of ITS as *a priori* fact, from the study and design stage, in order to incorporate this as an element to be considered in the planning and design process. This is the aim of the recommendations to implement 'Intelligent Transportation Systems' (ITS) for drawing up studies and projects of the Network of State Roads undertaken by the Technical Instruction NS1/2014 (General Directorate of Roads. Ministry of Public Works).

KEY WORDS: ITS context, system implementation, digital layers, physical layers, ITS infrastructure, ITS systems.

1. Antecedentes de los ITS

Los sistemas inteligentes de transporte (ITS) son un conjunto estructurado de aplicaciones y dispositivos a los que se les aplican las TICs o tecnologías de la información y las comunicaciones. En España desde los años 80 están presentes en nuestras carreteras, en un principio con el telepeaje interoperable (VIA-T) en las autopistas de peaje y posteriormente con la implantación de los sistemas de información y control (paneles de mensaje variable PMV y cámaras CCT), revolucionando el sector del transporte por carretera.

A partir de ahí los ITS se han ido implantando poco a poco en el binomio carretera/vehículo así, en el caso del vehículo han sido hitos destacables la incorporación de los navegadores de abordo, el peaje electrónico (OBE) o los sistemas de gestión de flotas, y en el caso de la carretera la seguridad integral en túneles y el soporte a la viabilidad invernal (gestión de flotas de quitanieves). Todo esto también ha sido posible gracias al gran desarrollo tecnológico en las dos últimas décadas de tecnologías que han permitido la disposición de sensores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) o GPS (*Global Positioning Systems*) que permiten el mayor grado de cobertura en cuanto al posicionamiento de un vehículo –un receptor de radio GPS recibe emisiones desde un conjunto de 24 satélites

girando alrededor de la Tierra– así, la precisión de esta tecnología permite una exactitud de posicionamiento de hasta 8 metros.

La implantación de estos sistemas ITS en las infraestructuras viarias contribuye actualmente a resolver problemas en nuestro sistema de transporte, pero hay que ir más lejos consiguiendo establecer las bases para que se incorporen en la planificación de dichas infraestructuras mejorando el futuro inmediato de la gestión y explotación de las mismas. El despliegue de los ITS sólo tendrá un impacto global significativo si los gobiernos tienen voluntad de colaborar en el desarrollo de las arquitecturas necesarias para ello y en este momento el Gobierno de España es partidario de abordar este reto de forma inmediata. Por esta razón, el “Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda” PITVI (2012-2024) los incluye con objeto de mejorar, entre otros aspectos:

- La intermodalidad, pilar de la eficiencia y accesibilidad entre los distintos modos de transporte contribuyendo a su reequilibrio.
- La gestión medioambiental, garantizando que los impactos medioambientales se identifiquen y se traten como una parte más del proceso de toma de decisiones, invitando a los generadores de ITS a investigar estos nuevos dispositivos que se implementarán progresivamente.

Sería deseable que los objetivos prioritarios a alcanzar con el desarrollo de dicha arquitectura fueran los siguientes:

1. Mejorar de manera visible el control del tráfico, la seguridad en condiciones especiales, la conservación y el estado físico de la carretera, la gestión de los ingresos y pagos (peajes) y la gestión ambiental.
2. Optimizar tanto la inversión realizada en infraestructuras viarias como en la explotación de los recursos de transporte, tanto individual como colectivo.
3. Estandarizar y definir metodologías y conceptos fundamentales en la implementación de los ITS en las carreteras (contexto ITS, modelos de referencia, dispositivos, aplicaciones, etc.).

Todo ello debe armonizarse con las directrices e iniciativas europeas, especialmente en lo que respecta a las carreteras que forman parte de la red “Trans-Europea” TENT-T.

Por último hay que tener presente que las expectativas que se están creando actualmente alrededor del desarrollo de los “sistemas cooperativos” que habrán de conectar los vehículos con las infraestructuras y los vehículos entre sí, abren un campo de trabajo importante que requerirá la colaboración conjunta de varias administraciones en el marco de la Unión Europea.



Figura 1. Fuente: ARGIO.



Figura 2. Fuente: Council of the European Union: Development of the Trans-European Transport Network (red de carreteras TENT-T).

2. Concepto ITS en el ámbito de la Red de Carreteras del Estado

Hay ciertas características generales de la carretera (trazado, diseño, equipamiento) que pueden considerarse como esenciales para que la misma sea más segura, buscando siempre la funcionalidad, la homogeneidad y la predictibilidad. En esta ocasión, estos tres principios se deberán tener en cuenta en el equipamiento de la infraestructura entendiendo como tal no sólo la señalización y el balizamiento, sino la implementación de sistemas e infraestructuras de transporte inteligente (ITS).

Recientemente la Subdirección General de Estudios y Proyectos, de la Dirección General de Carreteras, ha elaborado la Nota de Servicio 1/2014, de 31 de enero de 2014, donde se establecen una serie de criterios prácticos y recomendaciones dirigidas a facilitar la especificación de los requisitos sobre sistemas de transporte inteligente (ITS), en la redacción de los estudios y proyectos de carreteras, con objeto de fijar las bases de una metodología sencilla y de aplicación práctica que permita estructurar la definición de los requisitos de éstos en el ámbito de las carreteras de titularidad estatal.

La aplicación de los ITS en la Red de Carreteras del Estado (RCE) comprende diversos aspectos relacionados fundamentalmente con operaciones de gestión de las infraestructuras de carreteras (gestión de la vialidad, seguridad viaria, peajes, conservación y mantenimiento, explotación etc.), así como con el cumplimiento de las obligaciones regulatorias, tanto de carácter nacional como las que emanan de la Unión Europea. Adicionalmente, existen una serie de factores de oportunidad para introducir mejoras de modernización tecnológica en la gestión de la RCE que provienen del desarrollo tecnológico en el campo de las "tecnologías de la información y la comunicación" (TIC), especialmente en lo que se refiere a



Figura 3. Información al usuario.

las comunicaciones móviles de última generación y dispositivos asociados (dispositivos inteligentes del usuario final tipo *smartphones*, tabletas, etc.). Todo ello requiere actuaciones que deben planificarse y ponerse en práctica de manera coordinada con otros organismos dentro de los distintos modos de transporte.

Una determinada vía perteneciente a la RCE debería disponer de uno o varios sistemas de este tipo, cuya misión sería, por lo general, dar servicio a una serie de funciones de interés público como: el control del tráfico y la gestión de la seguridad vial; la seguridad en condiciones especiales, la conservación y el control del estado físico

de la carretera; la gestión de los ingresos y pagos que puedan realizarse en razón de su uso; y la gestión ambiental de la vía, especialmente de algunas de sus externalidades.

El despliegue de los ITS en las carreteras de la RCE se ha producido, en muchas ocasiones, una vez que la construcción de la carretera ha finalizado y ésta ha entrado en servicio. Sin embargo, se considera más eficaz que la implantación de los ITS se plantee como un hecho *a priori*, ya desde la fase de estudio y proyecto de las carreteras y que se incorporen como un elemento más a tener en cuenta en el proceso de planificación y diseño.

Tabla 1. Clasificación de los ITS de carreteras (N.S. 1/2014).

DOMINIO	FUNCIÓN
Explotación y gestión vial en general	Gestión ordinaria de la vialidad. Control de vehículos especiales y tráfico de mercancías peligrosas. Respuesta frente a accidentes y auxilio en ruta.
Seguridad en condiciones especiales	Ayuda a la vialidad invernal. Control integral de la seguridad en túneles. Aparcamiento seguro para vehículos comerciales.
Conservación y control del estado de la carretera	Control del estado físico de calzada y plataforma. Control del estado físico de túneles y estructuras. Control del estado físico de desmontes y terraplenes.
Gestión de peaje	Peaje electrónico y otras modalidades de pago. Peaje en sombra.
Gestión ambiental de la vía	Control del ruido. Control de emisiones.

Para ello, es necesario un “modelo de referencia” o estructura en niveles y capas del entramado ITS en una determinada vía, que será un elemento básico a tener en cuenta en la redacción de los estudios y proyectos.

Por otro lado, es importante establecer los conceptos fundamentales que se manejarán en esta metodología, partiendo del concepto “contexto ITS” de una determinada carretera o tramo:

- Sistema ITS, entendido como un conjunto organizado y funcionalmente homogéneo de “aplicaciones” (capa digital) y “dispositivos” (capa física) asociados, dentro del modelo de referencia del contexto ITS de la carretera, al cumplimiento de una misión específica y concreta siguiendo el esquema propuesto de dominios y funciones.
- Infraestructura ITS, que corresponde a los elementos de uso común de soporte de los sistemas ITS que constituyen el contexto de una determinada carretera.

3. Contexto ITS de una vía

El contexto ITS de una determinada vía o tramo, se define en la Nota de Servicio N.S.1/2014 como el conjunto estructurado de sistemas ITS que se prevé implantar con el fin de atender debidamente a las necesidades y requisitos de explotación y uso de la misma (administradores y usuarios de la carretera). El contexto ITS de una infraes-



Figura 4. Fuente: Internet. A Better Inland Empire.

tructura determinada estará formado por los sistemas de esta naturaleza que se encuentren asociados a la carretera o tramo en cuestión y la infraestructura común que les da servicio.

Cada sistema que forme parte del contexto ITS de la vía debe tener una denominación acorde con la misión que desempeña y el dominio funcional al que pertenece. Debe estar compuesto por una serie de componentes tecnológicos, unos digitales (aplicaciones y datos) y otros físicos (dispositivos), organizados en capas. Todos ellos han de tener como finalidad capturar, transmitir, procesar y diseminar información sobre la vía, los vehículos y el tráfico, que sea relevante para sus usuarios y administradores.

El contexto ITS de una vía se estructura en dos niveles: sistemas ITS e infraestructura ITS. El primero de ellos está constituido por los sistemas ITS a desplegar en la carretera, orientados a

un dominio funcional específico (ver Tabla 1). El segundo nivel está formado por los elementos de uso común al servicio de todos los sistemas, es decir la infraestructura ITS, constituida normalmente por las redes de comunicaciones y el centro de control de la vía o tramo en cuestión.

El nivel I de sistemas ITS, está a su vez dividido en dos capas diferenciadas en función de su naturaleza. La primera (capa digital) estará formada por las aplicaciones ITS y los datos que éstas gestionan, mientras que la segunda (capa física) se corresponde con los dispositivos ITS, equipos o componentes físicos asociados específicamente a cada sistema en particular. Las aplicaciones y dispositivos de cada uno de los sistemas ITS que conforman el contexto de la vía harán, normalmente, un uso compartido de los elementos que constituyen el nivel II, es decir de la infraestructura ITS.

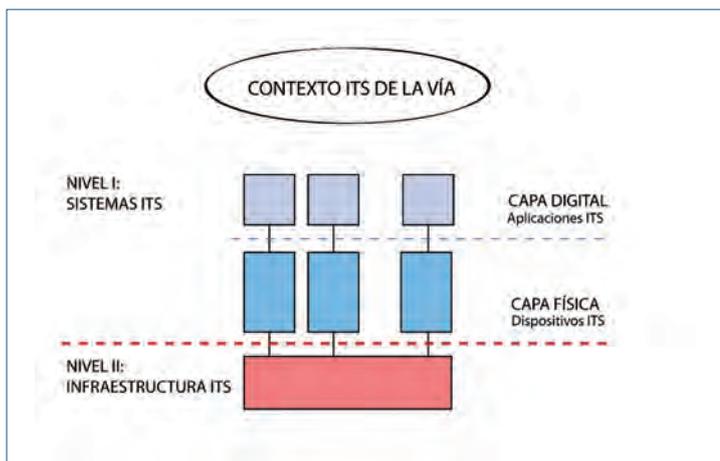


Figura 5. Estructura del contexto ITS de una vía. Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

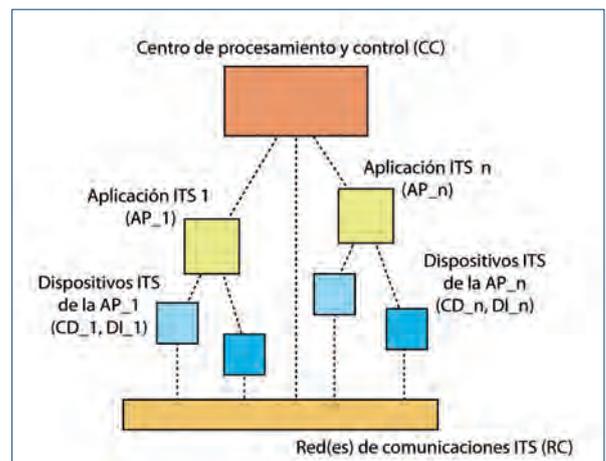


Figura 6. Contexto ITS, Aplicaciones y dispositivos. Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

El contexto ITS de una determinada vía se delimita haciendo referencia a los sistemas que lo componen, cuya selección se efectuará en función de las características de la carretera, sus condiciones de uso y la normativa que sea aplicable al caso.

Cada uno de los sistemas ITS que conforman el nivel superior del contexto ITS de una vía determinada de la RCE, estará orientado a desempeñar una misión específica: explotación y gestión vial en general, seguridad en condiciones especiales, conservación y control del estado de la carretera, gestión de los peajes y gestión ambiental de la vía.

Su capa digital, que comprende las aplicaciones y los datos, no tiene entidad física, por lo que su inclusión dentro de los estudios y proyectos de carreteras supone una singularidad en relación con el resto de los elementos habituales de naturaleza física. Este hecho aconseja que su definición se limite, por razones prácticas, a la especificación funcional del *software* de aplicación correspondiente y al establecimiento de un modelo operativo de los datos gestionados por el sistema.

Las aplicaciones ITS variarán en función de su especificación funcional (p.e. detección y recuento de vehículos, procesamiento de una transacción de peaje, detección y actuación frente a incendios en túnel, etc.), y los datos asociados a cada una de ellas se deberán definir a través del correspondiente modelo estructurado.

La capa física de dispositivos ITS incluye los dispositivos que conforman cada uno de los sistemas asociados a la carretera. En principio estos dispositivos se agrupan en dos clases: los destinados específicamente a la captura de datos (CD) y los encargados de la diseminación y presentación de la información (DI) relevante a los usuarios y administradores de la carretera.

Por regla general, los dispositivos ITS serán específicos de cada sistema o aplicación, aunque en determinados casos puede darse la circunstancia de

Tabla 2: Listas-tipo de características mínimas de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

Conservación y control del estado de la carretera: Sistemas de control del estado físico de túneles y estructuras
Identificación de las APLICACIONES o módulos funcionales del sistema
Monitorización y control de parámetros geotécnicos (presiones, empujes, subsidencias, etc.). Monitorización y control de parámetros estructurales (tensiones, deformaciones, etc.). Monitorización y control de parámetros electroquímicos (corrosión, fisuras, etc.). Control de la salud estructural y prevención de patologías. Gestión de estructuras 'inteligentes' o <i>Smart Structures</i> . Otras aplicaciones relevantes para el control del estado físico de túneles y estructuras.
Captura de datos DISPOSITIVOS
Bandas extensométricas. Sensores LVDT. Inclínómetros. Lectores de pulsos galvanostáticos. Galgas de fibra. Acelerómetros y vibrómetros. Sondas multiparamétricas. Piezómetros. Reactímetros (carbonatación y álcali-sílice). Sensores-transductores y <i>data loggers</i> . Otros dispositivos de captura de datos para la monitorización y control.
Diseminación de la información
Medios y canales de información específicos sobre este tema.

que un mismo dispositivo sea utilizado simultáneamente por varias aplicaciones o sistemas.

La definición de los dispositivos físicos del contexto ITS de la vía se ha de realizar en etapas sucesivas y con un grado creciente de detalle; primero en el estudio informativo y más adelante en el proyecto de construcción. Al tratarse de equipos físicos su definición se ha de centrar principalmente en la especificación de sus características técnicas relevantes, sus variables de operación, los parámetros fundamentales de rendimiento y las condiciones de implantación en la vía.

El segundo nivel del contexto ITS de la vía lo constituye la denominada infraestructura ITS. Se trata de los elementos físicos y lógicos que razonablemente puedan considerarse de uso común por parte de la generalidad de los sistemas (aplicaciones y dispositivos) ITS situados en la vía. La infraestructura ITS de la vía comprende el conjunto de las redes de comunicaciones ITS (RC) a desplegar en la carretera (red troncal y redes de comunicaciones móviles) y, en su caso, el Centro de procesamiento y control (CC) de los sistemas ITS.

La definición de los componentes del nivel de infraestructura ITS de la vía se ha de realizar también en etapas sucesivas y con un grado creciente de detalle; primero en el estudio informativo y más adelante en el proyecto.

4. Recomendaciones sobre listas-tipo de dispositivos susceptibles de utilizarse en la RCE

Tras un estudio detallado de sistemas y necesidades, se elabora un conjunto de listas-tipo con la información técnica que debería exigirse a los sistemas ITS (dispositivos) aplicados a la vía en función de la tarea que vayan a desempeñar:

- Explotación y gestión vial en general (gestión ordinaria de la vialidad, control de vehículos especiales y tráfico de mercancías peligrosas y respuesta frente a accidentes y auxilio en ruta).
- Seguridad en condiciones especiales (ayuda a la vialidad invernal, control integral de la seguridad en túneles y aparcamiento seguro para vehículos comerciales).
- Conservación y control del estado de la carretera (control del estado

Tabla 3: Listas-tipo de características mínimas de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

Seguridad en condiciones especiales: Sistemas de ayuda a la vialidad invernal
<p>Identificación de las APLICACIONES o módulos funcionales del sistema</p> <p>Monitorización y control de las condiciones meteorológicas locales en la vía. Coordinación con sistemas generales de información y predicción meteorológica (AEMET, DGPC, etc.). Diseminación de la información y activación de los protocolos de actuación. Gestión de la flota de máquinas quitanieves y otros medios. Detección automática de incidentes (DAI), en su caso. Otras aplicaciones relevantes para la ayuda a la vialidad invernal.</p>
<p>Captura de datos DISPOSITIVOS</p> <p>Detectores de condiciones meteorológicas adversas. Sensores de variables meteorológicas: temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad, niebla, lluvia, nieve, formación de hielo, etc. Cámaras CCTV de localización fija u otros sistemas de captura de imágenes en tiempo real. Otros dispositivos de captura de datos relevantes para la ayuda a la vialidad invernal.</p>
<p>Diseminación de la información</p> <p>Señalización variable. Paneles de mensaje variable. Sistemas embarcados.</p>

Tabla 4: Listas-tipo de características mínimas de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

Seguridad en condiciones especiales: Sistemas de gestión del aparcamiento seguro para vehículos comerciales
<p>Identificación de las APLICACIONES o módulos funcionales del sistema</p> <p>Información de plazas libres y reserva electrónica de plaza para vehículos comerciales. Información sobre servicios conexos. Control de seguridad. Telegestión del área de aparcamiento seguro. Gestión de ingresos. Otras aplicaciones relevantes para la gestión del aparcamiento seguro para vehículos comerciales.</p>
<p>Captura de datos DISPOSITIVOS</p> <p>Identificación del vehículo (tag, matrícula, etc.). Sensores de ocupación de plazas. Detectores de galibo para vehículos especiales. Detectores de iluminación. Detectores de incendios. Postes SOS. Cámaras CCTV de localización fija u otros sistemas de captura de imágenes en tiempo real. Otros dispositivos de captura de datos para la gestión de aparcamiento seguro.</p>
<p>Diseminación de la información</p> <p>Sistemas embarcados. Paneles de mensaje variable. Otros medios o canales de información sobre aparcamiento seguro para vehículos comerciales.</p>

- físico de calzada y plataforma, control del estado físico de túneles y estructuras y control del estado físico de desmontes y terraplenes).
- Gestión de peaje (peaje electrónico y otras modalidades de pago y peaje en sombra).
 - Gestión ambiental de la vía (control del ruido y control de emisiones).

Cada una de estas listas-tipo incluye las características mínimas de cada una de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS, y se han elaborado para cada uno de los dominios y funciones posibles de los sistemas de transporte inteligente. Se muestran unos ejemplos en Tablas 2, 3 y 4.

5. Conclusión

Las aplicaciones incluidas en las listas-tipo de la Nota de Servicio 1/2014 ponen de manifiesto, en mayor o menor medida, que todos los sistemas ITS propuestos van encaminados a la ayuda de la conservación, gestión y explotación de la carretera y por ende de la seguridad vial.

Por tanto, la bonificación que repercute en el usuario de la carretera, a corto plazo –una vez desplegados los sistemas ITS con la implantación en la fase de planeamiento de este tipo de herramientas encaminadas a reducir: la accidentabilidad, los efectos irreversibles sobre el medio ambiente, los tiempos de espera de los conductores, las patologías en desmonte, terraplenes, estructuras y túneles– resulta altamente ventajosa, también en términos de eficiencia, por lo que apostar por el despliegue ITS en las carreteras de titularidad estatal es una apuesta segura. “El futuro empieza hoy”.

5. Bibliografía

- [1] DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO (2014) “Recomendaciones de los requisitos sobre sistemas de transporte inteligente (ITS), en la redacción de los estudios y proyectos de carreteras”. (N.S.1/2014).
- [2] SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES. MINISTERIO DE FOMENTO (2010) Trabajos de Prospectiva y Tecnología del transporte. “Los ITS, su aplicación a los medios terrestre, marítimo y aéreo”. Centro de Publicaciones S.G.T. Ministerio de Fomento.
- [3] DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR (2007) “Plan nacional de consolidación de los ITS de carreteras en España”.
- [4] MINISTERIO DE FOMENTO (2012) “Los Transportes y las Infraestructuras”. ❖

Las carreteras a partir de la crisis económica



Roads since the economical crisis

**Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y
Transporte Integrado Interurbano**
Asociación Técnica de Carreteras

Resumen

El Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano, en este primer artículo de una serie de dos, dedicados a los paradigmas empleados en España para aumentar la capacidad de las carreteras, examina la historia del Programa de Autovías contenido en el Plan General de Carreteras 1984/93: las obtenidas por la simple duplicación de la calzada de la carretera convencional existente. Este paradigma mereció un informe del Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos en 1995. En el artículo se analizan con más detalle las ventajas e inconvenientes de la duplicación de calzada, relacionadas con las modificaciones de trazado (especialmente la sección transversal) y de los firmes, la adecuación del desagüe existente, las nuevas obras de paso, la accesibilidad de los usuarios colindantes, los usuarios de la vía, la seguridad vial durante la construcción, los servicios afectados, y los aspectos económicos y ambientales. También se examina la construcción por fases. Por último, se trata de la necesidad de reconsiderar algunos aspectos de la Instrucción de Carreteras y de la gestión de las expropiaciones, en estos tiempos de limitación de inversiones.

PALABRAS CLAVES: autovía, duplicación, expropiaciones, inversiones.

Abstract

The Technical Committee on Interurban Roads and Integrated Interurban Transport, in this first of a series of two papers dealing with paradigms used in Spain to increase road capacity, examines the history of the Freeway Program included in the 1984/93 Highway General Plan: the one consisting in simply duplicating the existing roadway. This paradigm was the subject of a report by the Civil Engineers Association in 1995. In the paper the advantages and disadvantages of roadway duplication are analyzed with more detail, related to surface and layout modifications (particularly the cross-section area), drainage elements, new infrastructures, accessibility of adjoining users, highway users, road safety during construction, utilities, and economical and environmental aspects. Construction phases are also examined. Last, the necessity of reconsidering some aspects of the Design Rules and expropriations management procedures are examined, in these times of severe restrictions in investments.

KEY WORDS: highway, duplication, expropriations, investments.

1. La red viaria en el último medio siglo

Al principio de la Transición política española, la red viaria mostraba el agotamiento del programa REDIA (finales de los 60) en cuanto a la capacidad que se ofrecía a la creciente demanda del tráfico rodado. Este programa se apoyaba en un paradigma de calzada única¹ de 7 m, con arcones pavimentados² de 2,50 m.

Por otro lado, el desarrollo de las carreteras con calzadas separadas se había concentrado en las autopistas de peaje. Los primeros Gobiernos constitucionales rechazaron las autopistas de peaje y la legislación que las amparaba, por considerarlas demasiado favorables para el sector privado.

En 1982 se iniciaron los estudios para un nuevo Plan General de Carreteras. Pronto se vio que las circunstancias políticas (primer Gobierno socialista) hacían muy problemática la continuación del desarrollo de la red de autopistas mediante concesiones. Lo que estaba muy claro era que lo que se dio en llamar la Red de Interés General del Estado necesitaba una profunda mejora para adaptarla a las condiciones que demandaba el tráfico, y que eran necesarios aumentos sensibles de la capacidad en muchos itinerarios: lo que se llamó una red de alta capacidad.

Está bastante extendido el error de considerar que las autopistas son las vías con calzadas separadas en las que hay peaje, y las autovías aquéllas en las que no se paga. Sin embargo, el peaje es sólo una forma de financiación, y hay autopistas libres (por ejemplo la "Y" asturiana, o la propia M-40). Incluso en un futuro próximo podría implantarse el peaje en las autovías: un impuesto que está actualmente en la mente de algunos gobernantes europeos.

La diferencia fundamental entre una autopista y una autovía es que:

- La autopista está exclusivamente reservada para vehículos automóviles, mientras que en una autovía

pueden circular bicicletas o maquinaria agrícola remolcada.

- Una autopista sólo conecta con las vías de servicio en los enlaces que corresponden a las vías transversales, mientras que en una autovía puede haber alguna conexión específica situada entre ellos.
- Están señalizadas de diferente manera cuando se entra en ellas.

El Plan General de Carreteras 1984/1993³ marcó las directrices y las actuaciones de los siguientes decenios en materia de infraestructuras viarias, y sus efectos alcanzan hasta nuestros días. Su programa estrella fue el de las autovías: se decidió abandonar la idea de la autopista (tanto financiadas directamente por el Estado como en régimen de peaje) y aprovechar las carreteras existentes, en la mayoría de los casos duplicando su calzada. Este nuevo paradigma intentaba reducir (y en general lo consiguió) las cuantiosas inversiones necesarias para crear (conjuntamente con las autopistas de peaje existentes) una red de alta capacidad de longitud suficiente (3.250 km). Tanto los proyectos como las obras de siete itinerarios completos (las autovías de primera generación) fueron confiados a otros tantos ingenieros⁴ para su coordinación.

La mayoría de estas autovías se construyeron simplemente duplicando las carreteras convencionales. En algunos tramos en terreno accidentado no se pudo llevar a cabo la duplicación; pero en la mayoría solamente fue necesario mejorar alguna curva, puesto que los trazados de esas carreteras se habían mejorado mucho en el Plan REDIA. El resultado tuvo unos beneficios indiscutibles (disminución de los accidentes, aumento de la capacidad, disminución de los tiempos de recorrido, etc.); pero surgieron también algunos inconvenientes, muchos de los cuales se analizarán en los apartados siguientes.

La Sociedad española ha demandado la mejora de esas "autovías de primera generación", buscando su equiparación a las que posteriormente

se han construido con trazado independiente; una mejora que se está llevando a cabo con una importante inversión y con ciertas dificultades: es muy difícil introducir en una autovía en servicio determinados cambios para cumplir las exigencias nominales de la Norma 3.1-IC (distancias entre enlaces y entre conexiones, visibilidades de parada, longitudes de ramales de enlace, longitudes de alineaciones curvas, pendientes máximas, etc.).

En octubre de 1995 la Comisión de Transportes del Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos emitió un informe sobre las autovías en cuyas conclusiones y recomendaciones, entre otras cosas, se decía lo siguiente:

- Las duplicaciones de calzada han creado problemas de peligrosidad, accesibilidad y rotura de su entorno centenario.
- Las vías de gran capacidad para medias y largas distancias deben proyectarse con características de autopista.
- La velocidad de proyecto debe ser igual o superior a 120 km/h; y sólo en condiciones extraordinarias, y tras una justificación exhaustiva, se podría aceptar una velocidad inferior.
- En principio, siempre es recomendable la elección de un trazado separado de la carretera existente, dejando ésta como vía de servicio para el tráfico de corta distancia, para vehículos lentos y para peatones.
- La duplicación de calzada sólo puede ser competitiva en terrenos llanos y no habitados.

¹ En algunas rampas prolongadas se dispusieron carriles adicionales.

² Los arcones pavimentados contribuyeron notablemente a la seguridad viaria, al permitir maniobras de recuperación y de evitación a velocidades normales.

³ Inicialmente abarcaba de 1984 a 1991.

⁴ Que fueron humorísticamente denominados "los siete magníficos", aludiendo al título de una película de John Sturges (1960).

Apoyados o no en estos razonamientos, con el paso del tiempo los estándares iniciales de las autovías, respondiendo a las innovaciones de la Instrucción de Carreteras, se volvieron más exigentes (y las autovías más caras); hasta que en la práctica no hubo diferencia entre autovías y autopistas, contribuyendo de forma notoria a la reducción de la siniestralidad.

Las autopistas y autovías de nuevo trazado han proporcionado ese cumplimiento estricto de los requisitos de la Norma 3.1-IC, evitando los inconvenientes citados. Hasta el principio de la crisis del 2008 se habían introducido los siguientes criterios adicionales:

- En general, el trazado de la autovía abandonaba la carretera existente, la cual se aprovechaba como vía de servicio o como itinerario alternativo para algunos usuarios.
- A medida que se agotaban los tramos con elevadas intensidades de circulación, se iba aplicando el tratamiento de autopista o autovía a itinerarios con menos y menos tráfico, que en realidad no lo justificaban desde un punto de vista económico.
- Con el aumento de las dificultades de financiación presupuestaria, el recurso a la colaboración de la financiación privada volvió a hacer su aparición, con el principal objeto de anticipar actuaciones mediante diversos mecanismos de la ingeniería financiera: método alemán, peaje en sombra, disponibilidad, etc. Volvieron a surgir algunas autopistas de peaje como las radiales R-2, R-3, R-4 y R-5 de Madrid, hoy en quiebra por falta de demanda.

No parecería lógico, por lo tanto, volver a plantear las duplicaciones de calzada, si no fuera porque sus ventajas económicas les devolvieran el protagonismo que las llevó a ser adoptadas en el Plan de Carreteras 1984/1992 frente a la construcción de nuevas autopistas. En las actuales circunstancias de penuria económica, reflejadas en la Instrucción para la mejora de la eficiencia en la ejecución de

infraestructuras del Ministerio de Fomento⁵, resulta cuestionable el cumplimiento estricto de determinados aspectos de la Norma 3.1-IC que pueden dar lugar a grandes encarecimientos sin una demostrada repercusión favorable en la explotación y, especialmente, en la seguridad viaria.

La técnica de carreteras en España ha aumentado su experiencia con numerosos estudios, proyectos y realizaciones. Las carreteras de calzada única siguen constituyendo una parte muy importante no sólo de la Red de Carreteras del Estado, sino también de la red total; y en ellas se concentra una elevada proporción de los siniestros con víctimas, lo cual reclama que se actúe proporcionando nuevas soluciones que, dentro del rigor presupuestario, permitan seguir mejorando sus prestaciones y su seguridad.

2. La red viaria futura

Dado que la actual coyuntura económica impide, salvo excepciones, que se sigan aplicando los paradigmas vigentes, cabe preguntarse qué otras soluciones puede aportar la técnica para seguir mejorando la red de carreteras:

- ¿Tiene alguna ventaja duplicar la calzada?
- ¿Se podría construir, en una primera etapa, sólo una de las dos calzadas de la autovía?
- ¿Se podrían obtener mejoras sustanciales actuando solamente en la carretera convencional existente?
- ¿Hay otros paradigmas posibles?

2.1. Las duplicaciones de calzada

2.1.1. Consideraciones generales

De las autovías llamadas de "primera generación" España ha pasado a las autopistas y autovías de nuevo trazado. Son muchas las razones para ello, y muchas las voces que lo han apoyado:

- Las carreteras convencionales que se convierten en autovías ya no tienen las mismas características,

funcionales y de otro tipo, que aquéllas que primero se duplicaron, las del Plan REDIA.

- La experiencia de las autopistas de peaje, en cuanto al funcionamiento se refiere, con un trazado físicamente independiente de la carretera convencional pero coordinada con ella para repartirse los diferentes tipos de tráfico del corredor, invita a hacer otro tanto con las autopistas que no son de peaje y con las autovías.
- La duplicación, con sus grandes ventajas, plantea inconvenientes que no se presentan en las autopistas y autovías de nuevo trazado.
- Las primeras autovías se proyectaron con las normas de Trazado y Drenaje de 1964 y con las de Firmes y Complementaria de Trazado de Autopistas de 1975. Las nuevas normas de Drenaje de 1990, de Trazado de 1999 y las de Firmes, primero de 1989 y después de 2003, complican las duplicaciones de calzada y, sobre todo, obligan a actuar de tal forma sobre la carretera existente, que se pierden en buena parte las teóricas ventajas económicas.
- Surgieron más que fundadas opiniones en contra de las duplicaciones, como el mencionado Informe de 1995 de la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.

No obstante, el hecho de que en aquellas primeras autovías se consiguieran costes de construcción realmente reducidos (bien es cierto que sin tener en cuenta los de expropiaciones ni el importe de las posteriores actuaciones) hace pensar en la posibilidad de volver a poner en práctica ese paradigma. A la pregunta de si se deben hacer autovías de nuevo trazado o duplicar las carreteras existentes, la respuesta no puede ser otra que el estudio técnico, multidisciplinar y desapasionado de cada caso concreto.

⁵ Aprobada por la Orden ministerial FOM/3317/2010, de 17 de diciembre.

- Según el Art. 31 del Reglamento General de Carreteras, si se modifica el trazado en menos de 10 km no hace falta estudiar el impacto ambiental. Cabe preguntarse si tampoco lo necesita una duplicación de calzada, la cual tiene manifiestamente menos afecciones ambientales que un nuevo trazado.
- Para poder hacer ese estudio sin ideas preconcebidas sería de desear que a los equipos redactores de Carreteras se unieran los de Medio Ambiente: pero en el preciso momento de redactar los estudios informativos, no cuando *"alea jacta est"*, con una Declaración de Impacto Ambiental de hecho prácticamente inamovible. Así se conocerían, a tiempo de evitarlos, los "atropellos" de los ingenieros al medio ambiente y, a la vez (¿por qué no decirlo?), se podrían matizar ciertas imposiciones de las DIA poco fundadas desde el punto de vista técnico, y poner precio a las desgraciadamente frecuentes prescripciones ambientales de coste difícilmente asumible. Los responsables de la DIA no suelen valorar con acierto el destrozo ambiental que la duplicación de una carretera existente produce en su entorno; ni reparan en que cientos de kilómetros de autopistas construidas en España en zona rústica demuestran que los ecosistemas a ambos lados de las autopistas no sufren alteraciones significativas.
- Cabe preguntarse si un estudio informativo es la herramienta idónea para el estudio de una duplicación de calzada. La función de un estudio informativo es seleccionar alternativas en el territorio, y en una duplicación la alternativa viene dada. Sería más interesante recurrir a un anteproyecto, como paso previo a un proyecto de trazado o de construcción.
- Para poder analizar con un mínimo rigor la conveniencia o no de la duplicación de una calzada se hace necesario estudiar las características

de la carretera existente con un detalle que, como mínimo, podría ser el de la escala 1/1000; y mejor si se tratara de 1/500. No es suficiente con el que corresponde a un estudio informativo, desarrollado habitualmente a escala 1/5000, y en el que el trazado de la nueva vía sólo se estudia *"en líneas generales para que pueda servir de base al expediente de información pública"*, como marca la Ley de Carreteras.

Sin embargo, es después de estos estudios informativos, una vez sometidos a información pública, cuando se dicta la Declaración de Impacto Ambiental y se elige una alternativa de trazado concreta, que habitualmente no se puede modificar posteriormente de manera sustancial. Si esa concreción fuera exclusivamente conceptual y geográfica, y no geométrica, se podría avanzar un paso más y redactar un anteproyecto, definido en la Ley de Carreteras como el *"estudio a escala adecuada y consiguiente evaluación de las mejores soluciones al problema planteado, de forma que pueda concretarse la solución óptima"*.

Es evidente que, para que una solución pueda considerarse óptima, no sólo debe cumplir una serie de requisitos meramente técnicos, sino que debe ponderarse desde múltiples puntos de vista objetivos, incluidos los relativos a la seguridad vial, los funcionales, los sociales, los económicos y, por supuesto, los ambientales.

2.1.2. Aspectos a considerar en el estudio de la duplicación

Proyectos de duplicación de calzada

Definición de este tipo de proyectos contenida en la vigente Norma de Trazado, 3.1-IC:

"Son aquéllos cuya finalidad es la transformación de una carretera de calzada única en otra con calzadas separadas, mediante la construcción de una nueva calzada, generalmente muy cercana y aproximadamente paralela a la existente. Estos proyectos suelen

incluir modificaciones locales del trazado existente, supresión de cruces a nivel, reordenación de accesos, y en general, las modificaciones precisas para alcanzar las características de autovía o autopista".

Esas *"modificaciones precisas para alcanzar las características de autovía"* mencionadas en la definición pueden afectar, en mayor o menor grado, al trazado en planta, al alzado, a la sección transversal, a los peraltes, al firme y al drenaje longitudinal y transversal.

Las ventajas de la duplicación de calzada se hacen patentes si apenas hay que modificar la carretera existente. Por el contrario, si esas modificaciones son importantes no sólo se pierden esas ventajas, sino que los inconvenientes pasan a hacer desaconsejable ese tipo de actuación, según se expone en los apartados siguientes.

Modificaciones en el trazado

Las carreteras convencionales de calzada única con dos carriles suelen tener unas características geométricas (radios de las curvas, rampas y pendientes, peraltes, parámetros de los acuerdos verticales, etc.) peores que las que habitualmente se exigen a las autopistas y autovías. No obstante, la diferencia esencial entre ambas configuraciones, en planta y en alzado, está determinada por el hecho de que en la carretera convencional los adelantamientos se producen ocupando provisionalmente el carril reservado al sentido opuesto y, por lo tanto, el obstáculo no está fijo sino que es otro vehículo que se acerca. La distancia necesaria para dicha maniobra es del orden de tres veces la distancia de parada. Es deseable que en un 40 % de la longitud total de un tramo haya posibilidad de adelantar con seguridad, lo que se consigue básicamente en las alineaciones rectas. Sin embargo, la recta produce monotonía en la conducción, responsable de accidentes, y facilita el deslumbramiento por las luces de otros vehículos, o por el sol al amanecer y al atardecer en tramos desfavorablemente orientados.



Figura 1.



Figura 2.

Algunos tramos de carreteras de calzada única presentan problemas de inconsistencia de su diseño geométrico, que no se ven remediados sin una modificación global de su trazado en planta, que vaya más allá de mejoras de curvas aisladas.

Pero el trazado en planta no es el único factor que se ha de tener en cuenta. A veces un trazado en planta sin problemas aparentes para su duplicación presenta numerosos acuerdos verticales, cuyas características, a tenor de lo exigido en la Norma 3.1-IC, (longitudes cortas de los acuerdos verticales; vértices de acuerdos consecutivos a menos distancia de la exigida, visibilidad disponible insuficiente, etc.) resultarían inapropiadas para una autovía. En consecuencia, muchos ingenieros opinan que esos “toboganes” más o menos pronunciados de la carretera existente no se deben reproducir en la nueva calzada de la autovía; pero otros⁶ opinan que, si la carretera de calzada única proporcionaba una visibilidad suficiente para su explotación con circulación en doble sentido, más suficiente será una vez desaparecida la necesidad de adelantar en presencia de un vehículo contrario. (Figura 1 y Figura 2).

Por otra parte, no siempre se puede mantener la calzada existente para servir al mismo sentido de circulación en toda su longitud. Con cierta frecuencia, los obstáculos u otros condicionantes de las márgenes exigen trenzar las calzadas nueva y antigua: lo que introduce heterogeneidad e inconsistencias en ambas, de difícil asunción, que fuerzan siempre a la mejora de la calzada antigua.

Las primeras duplicaciones de calzada en los años 80 se llevaron a cabo realizando pocos cambios en

las carreteras para cumplir las exigencias de la Norma de Trazado y las de su “Complementaria para el trazado de autopistas”, vigentes en aquel momento. Lo que ya no está claro es si las duplicaciones de calzada que pudieran hacerse hoy conseguirían, sin sufrir importantes adaptaciones, ajustarse a la Norma de Trazado vigente desde 1999.

Modificaciones de la sección transversal

Los carriles de las carreteras convencionales susceptibles de duplicación y los de las autovías suelen tener la misma anchura, 3,50 m; pero no ocurre lo mismo con los arcenes que, en las primeras, son simétricos (con anchuras entre 1,0 m y 1,5 m), mientras que en las autovías el arcén interior es menor que el exterior (en general 1,0 m y 2,5 m, respectivamente). Para convertir una plataforma de calzada única en una calzada de autovía, en el peor de los casos se debería estrechar el arcén interior, lo que no entraña dificultad; y ensanchar el arcén exterior, que sí plantea problemas constructivos a veces de costosa solución. Otro tanto se podría decir de la obligada ampliación de las bermas. En todo caso, la transformación de la sección transversal y la posición de la nueva calzada respecto de la existente están condicionadas por las características de los firmes de las calzadas y de los arcenes.

En la sección transversal de la autovía aparece un nuevo elemento, la mediana, que se puede utilizar para muy diversas funciones según su anchura: desde acoger estrictamente los elementos de señalización y los

sistemas de contención de vehículos, hasta conseguir que las dos calzadas no sólo queden separadas, sino que sean realmente independientes. En los casos intermedios se utilizarán para alojar una cuneta de recogida de agua de las calzadas y, en su caso, para absorber diferencias de nivel entre éstas. La anchura de la mediana puede desempeñar un papel importante en la viabilidad de duplicar la calzada, favoreciéndola a medida que aumenta, sobre todo para enjugar los desniveles resultantes del diseño de dos perfiles longitudinales diferentes, correspondientes uno a la calzada existente y otro a la nueva.

Modificaciones de los firmes

La Norma 6.1-IC “Secciones de firme” se ha renovado en varias ocasiones (la última en el año 2003), siendo cada vez más exigente tanto en lo relativo a los espesores de las diferentes capas del propio firme, como en los espesores y materiales necesarios para formar la explanada en la que se apoya.

En las duplicaciones, el firme de la carretera existente (muy probablemente construida antes de ese año 2003) no cumplirá la Norma, por lo que surgen dos posibilidades:

- Mantener el firme, admitiendo que la nueva autovía tiene dos calzadas con comportamientos diferentes y, por lo tanto, con necesidades de conservación también diferentes.
- Dotar del mismo firme a ambas calzadas, lo que implica modificar el

⁶ Entre quienes se cuentan quienes proyectaron las duplicaciones de calzada del Plan de Carreteras 1984/1992.



Figura 3.



Figura 4.



Figura 5.

existente en una profundidad del orden de un metro entre la nueva explanada y el nuevo pavimento.

En caso de adoptar la segunda posibilidad ya no se podría hablar de un aprovechamiento de la infraestructura existente, sino de construir una nueva calzada sobre una carretera en servicio.

Otra particularidad de la duplicación de calzada es que, en las alineaciones rectas de la calzada que se ha aprovechado suele haber un bombeo cuya eventual corrección es gravosa, y además inútil si se hace de manera que la plataforma desagüe hacia la margen exterior; mientras que si se desagua hacia la mediana, se dispone un mayor espesor de refuerzo en el carril derecho, por donde circulan los vehículos pesados.

Adecuación del desagüe existente

Muchas de las carreteras actuales se proyectaron en su día con la Norma de Drenaje de 1965 (o incluso con normas anteriores), en la que no se establecía un diámetro mínimo para los conductos del desagüe transversal, sino que éste era solamente función

del caudal que, por cierto, correspondía a un periodo de retorno de 25 años.

En la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial" de 1989, el periodo de retorno se elevó a 100 años y, además, se exige un diámetro mínimo en función de la longitud del conducto⁷ que, en el caso de las autovías, llega a 1,80 m.

En los terrenos ondulados o accidentados las alturas de los terraplenes que habitualmente acompañan a las obras de desagüe transversal permiten ampliar la altura de éstas. Sin embargo, en terrenos llanos ese aumento del tamaño del conducto no se puede realizar, en la mayoría de los casos, sin elevar la rasante de la carretera: lo que implica que no se aprovecha.

También bajo el punto de vista del desagüe se puede analizar la posibilidad de mantener la situación actual; aunque la solución no es tan inmediata como en el caso de los firmes, ya que habría que comprobar el correcto funcionamiento de las obras de desagüe existentes que, aun admitiendo un periodo de retorno de 25 años, se puede ver afectado de manera importante al cambiar las condiciones de entrada y salida y aumentar la longitud del conducto. No cabe despreciar que esa pequeña

obra de desagüe transversal, con su pequeño tamaño, ha debido de funcionar satisfactoriamente durante muchos años; de lo contrario, habría sido remediada por los Servicios de Conservación... ¿Por qué no dejarla como está, en estos tiempos de penuria? (Figura 3).

Además, en esos mismos terrenos llanos tan aparentemente propicios a la duplicación, es frecuente que se den problemas de acumulación de agua en los puntos más bajos de las cunetas, ya que no existe una pendiente transversal que facilite que el agua se aleje de la calzada. El problema se puede solucionar permitiendo que el agua se acumule; pero comprobando previamente que no se producen daños a las propiedades colindantes (de nuevo hay que hablar de trabajos para los que se necesita un detalle mucho mayor que para los estudios informativos) y, por supuesto, que no se inundará la autovía. Si no se puede garantizar esa situación, será imprescindible levantar la rasante para aumentar la altura del relleno. (Figura 4 y Figura 5).

⁷ Esta exigencia proviene de una petición de la Dirección General de Obras Hidráulicas al informar sobre el borrador de Instrucción.

No obstante lo anterior, el problema de más difícil resolución es la evacuación hacia el exterior del agua recogida por la cuneta de la mediana:

- En los terrenos ondulados o accidentados se suceden los tramos en desmonte y en terraplén, y la cuneta de la mediana se puede desaguar con relativa facilidad hacia el exterior en éstos últimos.
- Sin embargo, en los terrenos llanos lo habitual es que la carretera objeto de duplicación esté situada a la misma cota del terreno, o sobre un pequeño terraplén. Si se dispone la nueva calzada enrasada con ella resultará una mediana inundable. La profundidad de la cuneta de la mediana es del orden del metro; del mismo orden de magnitud es la profundidad de la arqueta; a ello hay que sumar la pendiente del colector, del orden del décímetro; en suma, la altura mínima de terraplén para poder desaguar transversalmente la cuneta de la mediana es del orden de los dos metros, altura de la que, evidentemente, no se dispone en una autovía a ras del terreno. (Figura 6).

Hay que tener en cuenta, además, que esa altura mínima se necesita precisamente en el punto más bajo de la cuneta de mediana, que puede coincidir con el punto de menor "cota roja".

El problema es fundamentalmente económico y ambiental, puesto que para esos casos se necesitan grandes volúmenes de préstamos que, en estos terrenos tan llanos donde no se producirán desmontes, deben proceder del exterior de la vía.

- Una de las alternativas para paliar este inconveniente es disponer una mediana estricta, desapareciendo así la cuneta. A cambio, se necesita una barrera de seguridad en la mediana, y si el desagüe de una calzada se produce superficialmente a través de la otra, se presentan problemas derivados de la presencia de agua sobre el pavimento.

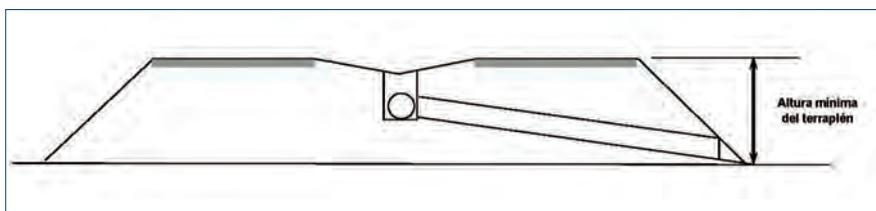


Figura 6.

- Una variante de la alternativa anterior es disponer un satujo⁸ en la mediana: ya no se desagua a través de la calzada contigua, pero persiste la necesidad de desaguar transversalmente el colector.
- Otra opción sería, por el contrario, separar mucho más las dos calzadas, hasta hacer que la mediana sea suficientemente ancha, de forma que también desaparezca la cuneta o, mejor dicho, que pueda tener una sección mucho mayor y una influencia mucho menor en las calzadas por donde circulan los vehículos. El inconveniente es la mayor superficie de terreno afectada por la autovía.

Nuevas estructuras

Las estructuras, en muchos casos, no constituyen un obstáculo insalvable para duplicar una calzada; pero hay que tener en cuenta que el número de estructuras transversales para reponer las comunicaciones existentes es mucho mayor en una duplicación de calzada que en una autopista en pleno campo.

En la mayoría de las carreteras que se duplican en campo abierto apenas suele haber otras estructuras que las de salvar los cruces de ríos, canales, acequias, ferrocarriles, autovías y autopistas. Sin embargo en las autovías, además de duplicar las anteriores, hay que construir numerosas obras de paso para los caminos y carreteras que ahora se cruzan a nivel.

Cuando se trate de hacer una nueva obra de paso, debería ser preferentemente sobre la nueva autovía ya que, en principio, plantea menos problemas constructivos que los pasos inferiores, aunque conlleva una mayor ocupación. Por el contrario, la duplicación de

una obra ya existente de paso bajo la carretera se podrá realizar, en la mayoría de los casos, sin especiales problemas constructivos. (Figura 7 y Figura 8).

Los pasos sobre una carretera de calzada única suelen ser difícilmente aprovechables para formar parte de la autovía, porque casi nunca tienen previsto un vano para la segunda calzada y, por lo tanto, deberán destruirse para hacer uno nuevo. (Figura 9).

Para reducir las modificaciones necesarias en las vías transversales, en muchos casos se eleva la rasante para pasar sobre ellas; pero para construir esos rellenos hay que recurrir a préstamos, con la correspondiente afección ambiental.

Accesibilidad de las propiedades colindantes

En una carretera convencional acceden directamente a ella un gran número de carreteras, caminos y entradas a fincas particulares, el cual variará en función del tamaño de las parcelas, del uso del suelo y del carácter del territorio atravesado. En un tramo de 10 km no es difícil contabilizar de 2 a 3 intersecciones con carreteras, de 15 a 20 cruces con caminos agrícolas, y otras tantas entradas directas a fincas particulares. Si se transforma la carretera en una autovía, primero hay que destruir esa accesibilidad (ya que se deben eliminar todos los accesos directos), y después tratar de restablecerla.

Al tomar la decisión de construir una autopista duplicando una carretera existente hay que tener en cuenta que la primera debe ser vallada y aislada de su entorno para evitar accesos

⁸ Combinación de un caz provisto de un sumidero continuo, y un colector situado bajo éste.



Figura 7.

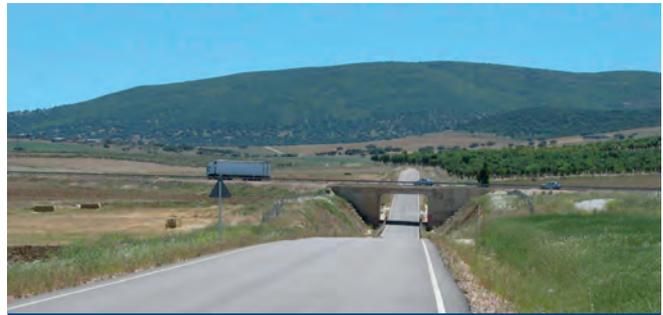


Figura 8.



Figura 9.



Figura 10.

incontrolados; y que esta práctica se ha extendido también a las autovías.

¿Se puede reponer la accesibilidad solamente con la autovía? La Norma 3.1-IC establece una distancia mínima entre enlaces de 6 km, medidos entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos; una distancia que, a efectos prácticos, se traduce en 7 km medidos entre las vías transversales con las que conecta la autovía. Es evidente que, en ese teórico tramo de 10 km, es imposible disponer más de uno o dos enlaces, muchos menos que la treintena de accesos directos actuales. Por lo tanto, la accesibilidad sufrirá un gran deterioro, que solamente se podría restablecer añadiendo a la autovía unas vías de servicio. Esto

provoca que una plataforma existente de 14 ó 15 m de anchura se transforme en una de más de 40 m, rompiendo todo el tejido de comunicaciones existente en la carretera antigua.

Por el contrario, si se proyecta la autopista o autovía con un trazado independiente de la carretera convencional, los usuarios locales que ahora acceden a ésta podrán seguir utilizándola, sin recorridos adicionales, para los movimientos de menor recorrido; y para el de medio y largo recorrido pueden contar con las dos infraestructuras, la carretera y la autovía. También es cierto que la nueva e independiente autovía corta toda la red viaria local, cuya continuidad es necesario reponer; reproduciéndose, al menos en parte, la problemática descrita.

En cada caso se debe restablecer la accesibilidad, proyectando los elementos necesarios para ello (vías de servicio, caminos laterales, etc.) y comparando las opciones. No hay una solución generalizable; y las características agrícolas, industriales y urbanísticas de las márgenes tienen una influencia decisiva.

Los usuarios de la vía

A lo largo de un itinerario se puede encontrar un gran número de diferentes usuarios: desde peatones hasta grandes vehículos pesados para transportes especiales, pasando por bicicletas, ciclomotores, vehículos de tracción animal, tractores, maquinaria agrícola, motos, vehículos ligeros, furgonetas y camiones.

Las velocidades de algunos de esos usuarios son tan diferentes, que resultan incompatibles para coincidir en la misma vía, sobre todo si en ésta está permitida la máxima velocidad legal de 120 km/h y están concebidas, específicamente, para desplazamientos medios y largos, como es el caso de las autovías. (Figura 10).

En las duplicaciones de calzada se aprovecha la carretera existente, resultando una sola vía para todos los vehículos del itinerario. Sin embargo, la seguridad vial aconseja separarlos en dos vías especializadas: la carretera para los usuarios y tipos de vehículos locales, y la autovía para los de más largo recorrido y mayor velocidad de circulación. Conviene estudiar las características del tráfico y de la movilidad en el tramo, para tener una visión más acertada del problema.

Seguridad vial durante la construcción

En la construcción de la duplicación de una calzada se pueden distinguir tres etapas:

1. En la primera se construye una nueva calzada junto a la carretera.
2. En la segunda se traslada el tráfico a esa nueva calzada, mientras se modifica la carretera para transformarla en calzada de autovía.
3. Una vez terminada la fase anterior se dispone la señalización horizontal y vertical definitiva, y se abren al tráfico las dos calzadas.

En la primera etapa se producen interferencias con los usuarios de al menos una de las márgenes de la carretera, ya que la nueva calzada corta los accesos directos, las conexiones de caminos, las intersecciones y los enlaces con otras carreteras. La reposición de esos accesos se realiza mediante desvíos provisionales del tráfico, peligrosos para los usuarios y molestos para la obra.

Esa misma situación se vuelve a producir en la segunda etapa, con el inconveniente adicional de que los usuarios son trasladados provisionalmente para circular en doble sentido por una vía diseñada y señalizada horizontalmente para circular en uno solo, y encima con pocas posibilidades de adelantamiento.

Si se estudian con atención las víctimas que se produjeron en accidentes de carretera en la fase de construcción de las autovías que duplican carreteras existentes y se comparan con las actuales, resulta evidente que las decisiones que se tomaron tenían unos riesgos no valorados. En el primer tipo de obra, tan cercano a la circulación de vehículos, se complican notablemente los procesos constructivos y los movimientos de la maquinaria y camiones; aumenta el número y el coste de los desvíos provisionales del tráfico; y los usuarios están sometidos a limitaciones de velocidad. Todo ello contribuye a aumentar el riesgo de accidentes.

Servicios afectados

Es habitual encontrar en los bordes de las carreteras conducciones telefónicas, de gas, de abastecimiento de agua y electricidad, etc., que pudieran resultar afectados por las obras de duplicación de calzada. De nuevo hay que hablar de que el conocimiento de estas instalaciones y la valoración, al menos aproximada, de su reposición no se puede llevar a cabo durante la redacción de un estudio informativo, ya que para ello se precisa un detalle mucho mayor. Por esa razón surge la necesidad de posponer la decisión de si duplicar la carretera o hacer un trazado independiente de la misma (en el supuesto de que el estudio informativo y su proceso de información pública se hayan pronunciado por un corredor cercano a la carretera existente) al momento en que se redacte al menos un anteproyecto.

El coste de la reposición de los servicios afectados por las obras es cada vez más difícil de establecer *a priori*, puesto que depende de otros organismos (Comunidades Autónomas, Diputaciones y Ayuntamientos) y de Compañías privadas que tratan de imponer la forma de realizar la reposición y los precios unitarios. Al ser mucho más densas en servicios las márgenes de las carreteras existentes, es evidente que este capítulo es mucho más caro en las duplicaciones que en las autopistas o autovías de nuevo trazado.

Aspectos económicos

En el informe de la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos se concluía que "la duplicación de calzadas sólo podría ser competitiva en tramos desarrollados en terrenos llanos y no habitados". Esto no sugiere la conveniencia de duplicar las carreteras sólo en las llanas y deshabitadas; sino que desde el punto de vista económico solamente en esos casos se puede hablar de competitividad económica

con la opción de hacer una autovía de nuevo trazado independiente de la carretera.

Se ha visto en apartados anteriores que puede ser difícil mantener la misma rasante en la calzada de la autovía que en la carretera que se aprovecha para ello: la categoría de la explanada, la sección estructural del firme, las dimensiones mínimas de las obras de desagüe, etc., suelen obligar a modificar la rasante de la carretera para convertirla en calzada de autovía. Si a eso se le añade que, para poder desaguar la cuneta de la mediana, hay que conseguir que la autovía vaya a una altura mínima de terraplén que habitualmente no se da en los tramos llanos de las carreteras existentes, se puede concluir que para hacer una duplicación, en muchos casos hay que construir una calzada nueva sobre la carretera existente, es decir: que para "aprovechar" una carretera primero hay que destruirla y luego construir una autovía completa de forma que una de sus calzadas esté en el mismo sitio de la carretera que existía.

En una autovía de nuevo trazado es mucho más fácil lograr una compensación de tierras dentro de la propia infraestructura, que en una duplicación de calzada.

Si el territorio está deshabitado, la longitud de los caminos laterales y vías de servicio podría ser muy reducida. Por otro lado se ahorraría una parte de las expropiaciones⁹ (el dominio público actual, es decir, la anchura de las explanaciones más tres metros a cada lado) que compensara parcialmente un mayor coste de la construcción. Por lo tanto, desde ese punto de vista económico, podría darse el caso de que se igualaran los costes totales.

Pero a la hora de contabilizar detalladamente los costes, se deben sumar los desvíos provisionales durante las obras, las actuaciones sobre la carretera (como demoliciones del firme y

⁹ Aunque el metro cuadrado de expropiación suele ser mucho más caro al borde de la carretera que en pleno campo.

de las obras de fábrica existentes) la ampliación de estructuras, la reposición de servicios, mucho más frecuentes en las márgenes de las carreteras, etc.; y en todo caso, siempre que haya igualdad de costes, no se debe olvidar que el patrimonio resultante de la primera opción, la de la duplicación de calzada, es solamente una autovía; mientras que haciendo trazados independiente, con esa misma inversión se consiguen una autovía y una carretera de primer orden como son las susceptibles de duplicación.

La realidad, sin embargo, es que en todos los casos la seguridad vial impone la necesidad de una vía alternativa para poder especializar la autovía sólo para los vehículos más rápidos, es decir: que el resultado final en cuanto a infraestructuras construidas, sería muy parecido en ambos casos.

Aspectos ambientales

Desgraciadamente es muy frecuente el concepto de que se consigue un menor impacto ambiental de una nueva autovía alojándola en un corredor ya antropizado, es decir: llevándola junto a otra infraestructura existente (carretera, ferrocarril, canal, etc.), y lo más cercana posible a ella. Pero eso no debe llevar al absurdo de proyectar la autovía como si fuera una carretera convencional, un ferrocarril o un canal.

La única explicación de esa práctica sería la de intentar ocupar la menor superficie posible; pero la cercanía y el paralelismo complican de tal forma los enlaces y los cruces con otras carreteras y caminos, que la superficie finalmente ocupada sería mucho menor si se trazase la autovía independiente de la otra infraestructura, sea ésta la que sea.

¿Cómo se inutiliza más superficie: dejando parcelas de apenas unos cuantos metros de anchura entre la carretera y la autovía, o dejando parcelas de algún centenar de metros entre ambas, con acceso desde la primera? Parece razonable que sea mejor lo segundo.

Tampoco se ahorra ocupación duplicando una carretera existente, porque al final, por razones de seguridad y para restituir la accesibilidad como ya se ha indicado, hay que disponer vías de servicio (a veces a ambos lados de la autovía) y la ocupación resultante es, en muchos casos, la misma que en una autovía de nuevo trazado.

2.2. Construcción de una autovía por fases

Una infraestructura viaria se debe adaptar a la demanda prevista en el año horizonte; por lo que, si a medio o largo plazo hubiera indicios justificados de un crecimiento suficiente, la construcción por fase puede constituir una alternativa técnica.

Es obvio que esta opción solamente se puede plantear en autopistas y autovías de nuevo trazado, puesto que la primera fase de la duplicación de una calzada ya está construida y en servicio.

Se pueden plantear dos situaciones diferentes:

- Si la nueva autovía corresponde a un itinerario donde hay una carretera convencional con un trazado manifiestamente "lento", por sus numerosas curvas de radio reducido, sus tramos sin posibilidad de adelantar, sus rampas y pendientes pronunciadas, etc., es muy posible que la primera calzada de la autovía, utilizada para ambos sen-

tidos de circulación, aporte ventajas funcionales significativas.

Esa primera calzada, no obstante, sólo se debe construir después de haber analizado la situación definitiva, dotándola de todos los elementos necesarios para que sea factible en su día la construcción de la segunda calzada con la primera en servicio. En la mayoría de los casos las obras imprescindibles implican un alto porcentaje de la totalidad de las correspondientes a la autovía completa. En algunas carreteras, construidas con nuevo trazado como primera fase de una futura autovía, en el momento de completar la actuación alguna o varias de las Normas de la Instrucción de Carreteras había experimentado mejoras que obligaban a modificar la calzada de la primera fase antes de convertirla en calzada de autovía.

- El segundo caso correspondería a un itinerario en el que las características de la carretera convencional existente son más que aceptables, o ésta ha sido objeto de una reciente mejora. ¿Qué sentido tiene hacer otra calzada de nuevo trazado (como la primera de la futura autovía) con idéntica función que aquélla, y en la que los usuarios no encontrarían apenas ventajas ni en rapidez ni en comodidad ni en seguridad? (Figura 11).



Figura 11.

En uno y otro caso hay que tener en cuenta que las características geométricas del trazado de una carretera y de una autovía son diferentes: la recta es el mejor elemento para los adelantamientos, mientras que en la autovía no se utiliza salvo en casos excepcionales. Si en la primera fase se proyecta un buen trazado para una carretera convencional, en la segunda fase se tendrá un trazado inadecuado para una autovía; y viceversa.

2.3. Mejoras de la carretera existente

Cuando los recursos disponibles para invertir en carreteras son escasos surge, como se ha visto, la tentación de volver a duplicar las carreteras, o la de dilatar la inversión en el tiempo haciendo, de momento, sólo una de las calzadas de la autovía.

No se pueden negar *a priori* las ventajas de esas soluciones; pero a todas luces se hacen difíciles de lograr, especialmente en el caso de las duplicaciones, sin reconsiderar la aplicación a rajatabla de determinadas exigencias de la Instrucción de Carreteras, especialmente en lo relativo al trazado, los firmes y el desagüe.

Sin embargo, hay un abanico de soluciones, hasta ahora no suficientemente consideradas, para la mejora de las carreteras convencionales: no con el propósito de convertirlas en el futuro en una autovía, sino para aumentar su capacidad y su seguridad.

De nuevo hay que volver a plantear el estudio minucioso de cada tramo concreto analizando, entre otras, algunas de las siguientes propuestas:

- Supresión de travesías.
- Construcción de variantes de trazado en tramos conflictivos o con geometrías inconsistentes.
- Conversión de algunas o todas las intersecciones en enlaces.
- Disminución del número de accesos directos, concentrándolos en unas pocas intersecciones o enlaces mediante vías de servicio caminos laterales. ¿Se puede llegar

a la imitación total de los accesos directos?

- Mejora de la capacidad de los tramos donde ésta se reduce (no sólo en las rampas), disponiendo un carril adicional para facilitar los adelantamientos.
- Coordinación entre los diferentes gestores de las carreteras que componen la red, para mejorar la movilidad del conjunto. A veces una pequeña actuación en una carretera "secundaria" puede conducir al mejor aprovechamiento de la "principal", con independencia de quien sea el gestor de una u otra vía. La infrautilización de algunas autopistas, como es el caso de las radiales de Madrid, se intenta explicar por el precio del peaje, sin tener en cuenta que las carreteras de conexión, por su escasa calidad, neutralizan los teóricos ahorros de tiempo que ofrece la autopista.

2.4. Reconsideración de algunos puntos de la Instrucción de Carreteras

La Norma de Trazado 3.1-IC recoge, en su apartado 1.2 "Objeto y ámbito de aplicación" los siguientes varios párrafos:

"Excepcionalmente, se podrán admitir cambios de los criterios desarrollados en la presente Norma con la suficiente y fundada justificación.

En casos especiales, no contemplados en la presente Norma, el proyectista podrá acudir a las guías y textos publicados por el organismo titular de la carretera, o a la realización de estudios específicos.

En proyectos de carreteras urbanas, de carreteras de montaña y de carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad y de mejoras locales de carreteras existentes, podrán disminuirse las características exigidas en la presente Norma justificándose adecuadamente".

En estos años en los que se están produciendo tantos ajustes en la economía española y europea, ¿no se dan las circunstancias excepcionales para reconsiderar algunos aspectos de la Norma de Trazado que no tienen una gran repercusión en la seguridad vial, y sí la tienen, en cambio, en el coste de la carretera?

¿No es cierto que una interpretación diferente de la visibilidad de parada podría permitir la utilización de curvas de menor radio, menores despejes laterales y, en definitiva, un ahorro importante? ¿No es cierto que adelantando a uno o varios camiones en una curva a derechas, la visibilidad disponible disminuye drásticamente? ¿Y circulando de noche? ¿Se debería, por lo tanto, prohibir circular en esos dos casos a más de 60 kilómetros/hora? A veces se ha recurrido al artificio de disponer una señal de reducción de velocidad; pero ¿entiende el usuario cuál es la razón por la que debe reducir la velocidad? Por otro lado, hoy sabemos:

- Que la siniestralidad en las carreteras de calzada única con dos carriles y visibilidad limitada es semejante a la que hay en las demás carreteras interurbanas fuera de poblado.
- Que la percepción de objetos de pequeña altura puede dar lugar a acuerdos verticales convexos más largos, sin beneficios documentados de seguridad¹⁰, incrementando sustancialmente los costes de construcción debidos al aumento de la excavación necesaria. Así, en Francia ya no se cree que la visibilidad de parada sea muy importante para el diseño de carreteras, pues estudios realizados sugieren que los choques con objetos fijos no son corrientes: los más comunes son los choques con vehículos detenidos y, con mayor frecuencia, los atropellos de peatones que tienen lugar típicamente de noche.

¹⁰ Sólo el 0,07 % de los choques registrados se relacionan con objetos de menos de 15 cm de altura.

- Que es dudoso que se incremente la capacidad del conductor para percibir situaciones de riesgo de choque, adoptando visibilidades de parada que rebasen sus capacidades para detectar y reconocer objetos pequeños. Algunas normas, como las australianas y las suecas, introducen un requerimiento relacionado con la capacidad visual de los conductores. Algunos llegan a la conclusión de que una velocidad operativa superior a 90 km/h de día, o a 70 km/h de noche, rebasa la capacidad visual de los conductores.

Así que el paradigma invocado en los albores de la historia del trazado de las carreteras, según el cual el diseño de los acuerdos verticales se basaba en evitar el choque con perros muertos que hubiera sobre el pavimento, parece que tiene poco que ver con la seguridad de la circulación. Sin embargo, se ha mantenido hasta hoy, al igual que las mismas arduas e ilusorias construcciones se siguen empleando para diseñar los acuerdos verticales convexos. Sólo cambian el tamaño del perro y el de los demás parámetros...

Pero la visibilidad no es el único factor que se podría reconsiderar. ¿Influye en la seguridad el desarrollo mínimo de las alineaciones curvas? ¿Y la distancia entre los vértices de los acuerdos verticales?

Entiéndase bien que no se está propugnando un recorte a la baja de los estándares de calidad, sino una reconsideración de los que, sin tener una decisiva influencia en la seguridad vial, impliquen una reducción importante de los costes. Y todo ello a la luz de la experiencia obtenida en las carreteras proyectadas desde la aparición de la Norma.

Otro tanto podría decirse de la Norma de Drenaje, que impone en la mayoría de los casos el empleo de conductos de un diámetro muy superior al que sería estrictamente necesario para evacuar el caudal de cálculo.

¿Por qué no se emplean ya los pavimentos de hormigón, de coste (en ciclo completo de vida) es similar a los de mezcla bituminosa y produce un importante ahorro en mantenimiento?

3. Resumen

La modernización de la red de carreteras española ha sido, sin duda alguna, uno de los motores de nuestro desarrollo: no sólo por la mano de obra necesaria para su construcción, sino por la enorme mejora que gracias a esa modernización ha experimentado la movilidad de personas y mercancías.

Ahora la inversión en infraestructuras está muy limitada, y surge la necesidad de cuestionarse los paradigmas técnicos en los que se ha basado el proyecto de la red viaria española de los últimos 30 años, a fin de reducir los costes sin disminuir ni la seguridad ni la calidad de nuestras carreteras.

Y la forma de cuestionarse todo lo que se ha hecho para ver qué se debe seguir haciendo y qué otras cosas hay que modificar, no puede ser otra que utilizar los instrumentos que proporciona la propia Ley de Carreteras, es decir: los estudios de planeamiento, los estudios previos, los estudios informativos, los anteproyectos y los proyectos de trazado o construcción.

La autopista y la autovía de nuevo trazado, la duplicación de calzada, la carretera de nuevo trazado, el arreglo de la carretera existente, la mejora de las conexiones entre diferentes infraestructuras, etc. son, en principio, actuaciones perfectamente válidas.

La actuación óptima en cada tramo no puede determinarse *a priori*, sino que se deben analizar todas (ésta y cualquier otra opción imaginable), y compararlas desde todos los puntos de vista objetivos para proponer la adopción de la que se considere más adecuada.

Y ese análisis crítico debe realizarse también sobre los parámetros de la Instrucción de Carreteras, que tienen una mayor repercusión en los costes

de las obras, sobre sus valores límite o sobre la interpretación de su aplicación; sin que ello implique en modo alguno una reducción de la funcionalidad y de la seguridad de la carretera.

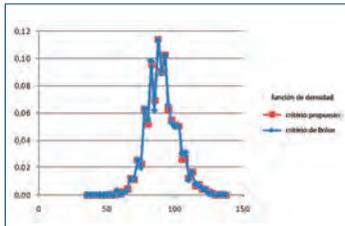
Otro aspecto esencial para el futuro, que requiere una actuación del Gobierno (no sólo del Ministerio de Fomento) es equilibrar los condicionantes ambientales con el resto de condicionantes. La experiencia de los últimos años dice que se ha despilarrado dinero público por motivos muy secundarios, decididos por la DIA sin posibilidad de contraste. Valorando en su justa medida los condicionantes derivados del medio ambiente, deben poder sopesarse sus consecuencias económicas y de rebajamiento de la seguridad vial, etc.

Sería muy conveniente que, en caso de discrepancias entre los Ministerios, hubiera un órgano de arbitraje entre los interesados: Fomento, Medio Ambiente, Interior (tráfico y seguridad vial), Hacienda, etc.

Otro aspecto que ha condicionado fuertemente los costes, con poca justificación, es el importe de las expropiaciones. La jurisprudencia actual trata a cualquier finca como un solar edificable; y esto eleva fuertemente el importe del justiprecio. Parece que el Gobierno debiera abordar este tema basándose en las premisas siguientes:

- Al terreno que se expropia hay que abonarle un justiprecio por su uso actual: agrícola, forestal, ganadero, etc.; y también debe incluir cualquier edificación, instalación o servicio que tenga.
- En cuanto a su futurible repercusión urbana, hay que considerar que ella está ya prevista por el Ministerio de Hacienda en la valoración catastral, que, como todos saben refleja la mitad del costo de mercado.
- Cualquier particular puede incrementar su valor catastral por expectativas urbanísticas; pero si no lo hace, está validando la interpretación catastral. ❖

Valores característicos de circulación en carreteras de dos carriles para su empleo en simulación



Characteristic values on circulation on two-lane roads for use in case of simulation

Manuel Romana García
Doctor Ingeniero de Caminos
Escuela de Ingenieros de Caminos
Universidad Politécnica de Madrid

Guillermo Castilla
Master en Sistemas de Ingeniería Civil
Universidad Europea de Madrid
Escuela Politécnica

Resumen

Las carreteras de dos carriles no son fáciles de modelar. Los modelos macroscópicos generalmente omiten la estructura de cola, esencial para describir el nivel de servicio. Los modelos microscópicos son más adecuados, pero en términos prácticos pueden ser considerados inadecuados, ya que requieren la introducción de datos que no están disponibles para la mayoría de las áreas. Este documento trata de proporcionar información para mejorar el uso de los modelos microscópicos, en particular para la Comunidad de Madrid.

Los vehículos tradicionales son turismos, camiones, autobuses y motocicletas. Sin embargo, está claro que la congestión en las carreteras está causada por los vehículos pesados, pero también por vehículos más lentos, cuando ambos circulan a una velocidad inferior a la deseada. Estos vehículos más lentos pueden circular de forma aislada o como líderes de pelotón.

Este artículo se centra en la distribución de velocidad de los diferentes tipos de vehículos y la estructura de cola, para establecer los procedimientos de medición, y sobre los errores que surgen cuando se tienen en cuenta vehículos aislados o líderes de pelotón. También proporciona información estadística sobre la distribución de la velocidad deseada y sobre la conducción de día o de noche en carreteras de dos carriles en la Comunidad de Madrid.

Se propone un nuevo criterio sobre el vehículo aislado, lo que permite unas condiciones menos restrictivas y un aumento de tamaño de las muestras. Se establecen otras conclusiones con respecto a la inclusión de todos los líderes de pelotón en cuanto al diseño de velocidad, y si los líderes de cola corta pertenecen a la misma población que los de colas largas cuando se tiene en consideración la longitud de cola detrás de un vehículo.

PALABRAS CLAVES: simulación, modelos de cola, carreteras de dos carriles, distribución de velocidad.

Abstract

Two-lane roads are not easy to model. Macroscopic models usually omit the queue structure, essential for characterizing the level of service. Microscopic models are more adequate, but in practical terms they can be considered inadequate, since they require the introduction of data unavailable for most areas. This paper seeks to provide information to improve the use of microscopic models, in particular for the Madrid Region.

Traditional vehicle types are passenger cars, trucks, buses and motorcycles. However, it is clear that congestion is caused by heavy vehicles, but also by slower cars, both having lower desired speeds. These slower vehicles can travel isolated or as platoon leaders.

This paper focuses on the speed distributions of different vehicle types and queue structure, to establish measurement procedures and what errors arise from considering isolated vehicles or queue leaders. It also provides statistical information on desired speed distributions and day and nighttime driving in two-lane roads in the Madrid Region.

A new isolated vehicle criterion is proposed, allowing less restrictive conditions and larger sample sizes. Other conclusions are established regarding the inclusion of all platoon leaders in design speed considerations, and whether different populations can be established regarding queue length behind a vehicle.

KEY WORDS: simulation, queue models, two-lane roads, speed distribution.

1. Introducción

En la actualidad, el uso de *software* de simulación microscópica para el modelado del transporte está muy extendido. Sin embargo, no hay ningún modelo extensamente aceptado para carreteras convencionales. Todos los simuladores basan la generación de vehículos y tráfico de sus modelos en leyes de velocidades deseadas, o en velocidades obtenidas a partir de la geometría del trazado. Generalmente estas leyes no han sido contrastadas con investigaciones que aseguren que se adecuan a la realidad. Esto ocurre en el caso de España, así como en otras muchas regiones. Éste artículo pretende dar información experimental aplicada a modelos españoles, específicamente en la Comunidad de Madrid.

2. Estado del arte

2.1. Simulación

En carreteras convencionales el uso de simulaciones es menos común que en autovías, autopistas y otras vías arteriales debido a las dificultades que surgen a la hora de reproducir las interacciones que se dan entre vehículos que circulan en sentidos opuestos. Congestión y adelantamientos no dependen solamente del tráfico en un sentido, sino que también les influye las características geométricas de ese segmento de carretera, las limitaciones legales a la velocidad y su nivel de acatamiento. Para simular esta situación, los programas más utilizados y conocidos, son: VTI (sueco), TRARR (australiano), ambos desarrollados en la década de los setenta, y TWOPAS, desarrollado por la FHWA en Estados Unidos. TWOPAS es el modelo de simulación del paquete IHSDEM para el análisis de la consistencia de diseño de carreteras convencionales, lo que significa que su uso va en aumento. Hoy día hay otros paquetes de *software*, como CORSIM que busca convertirse en una referencia en el mundo de las simulaciones de tráfico.

Símbolo	Descripción
V85	Percentil 85 de la distribución de velocidades deseadas.
V99	Percentil 99 de la distribución de velocidades deseadas.
V85 ₂₀₀	Percentil 85 de la distribución de velocidades deseadas 200 m antes de la curva PC.
Sx	Desviación Típica.
R	Radio de curvatura.
GC	Grado de curvatura.
CCR	Ratio de Cambio de Curvatura.
Lc	Longitud de la curva.
Ω	Ángulo girado total.
Lr	Longitud de la recta que precede a la curva.
Vr	Velocidad de operación en aproximación a la curva.

Un estudio de evaluación de los paquetes de *software* de simulación, conducido por BOTHA (1993), comparaba la aplicabilidad de TRARR y TWOPAS en Estados Unidos. BOTHA concluyó que ambos realizaban simulaciones más que aceptables a la hora de simular este tipo de vías, pero el que resultó mejor fue TWOPAS por modelar con límites de 80 km/h, que puede utilizarse como referencia a la hora de realizar comparativas con el caso español.

Koorey (2003) estudió la aplicabilidad de modelos de simulación para carreteras convencionales en Nueva Zelanda, concluyendo que TRARR es el programa más adecuado para éste país debido a la gran cantidad de estudios realizados que lo respaldan.

El modelo sueco, conocido como VTI, no está disponible ni para profesionales del sector ni para investigadores, y por lo tanto es usado casi exclusivamente por sus creadores. Esto significa que es difícil tener un juicio comparativo independiente de la validez de su aplicabilidad.

Suárez (2007) estudió la aplicabilidad del reciente paquete VISSIM al caso de intersecciones urbanas en

Colombia. Previamente a este estudio, realizó otro aplicando el paquete a carreteras convencionales de dos carriles, lo cual, como en el caso de BOTHA, puede ser considerado una referencia a la hora de buscar comparativas de resultados para el caso español.

VISSIM fue creado originalmente para simular tráfico urbano con señalización vertical. Para otras vías, como autopistas o carreteras convencionales, aún tiende a presentar algunos problemas. PARAMICS es un simulador para autovías, pero puede modelar carreteras convencionales de dos carriles bajo condiciones muy simplificadas.

La más reciente inclusión en la lista es el modelo CORSIM. Su módulo para carreteras de dos carriles ha sido desarrollado basándose en Washburn & Li 2010. Pero su reciente distribución significa que su aplicabilidad a carreteras convencionales en España es tan dudosa como el resto de los simuladores mencionados.

Concluimos que no hay unanimidad sobre lo adecuado de utilizar modelos de simulación microscópica para el estudio de carreteras convencionales de dos carriles en España. Particularmente si consideramos que no hay ningún estudio sólido que pueda alimentar a los simuladores con datos apropiados de los últimos años.

2.2. Cálculo de la V85 basado en el diseño geométrico.

Las velocidades deseadas en recta para carreteras convencionales que se pueden encontrar en estudios e investigaciones son muy variadas. Hay por lo tanto poca certeza en los resultados, ya que dependen del modelo escogido en cada caso. La velocidad de operación (V85) se define en el Manual de Capacidad del 2010, así como en la mayor parte de los manuales de diseño geométrico (Fomento 2001; AASHTO 2011), como el percentil 85 de la distribución de velocidades deseadas.

Tabla 2. Listado cronológico de los valores propuestos por diversos autores para la estimación de la velocidad de operación considerando todos los vehículos de la vía.

Autor/es	Ecuación	Estimación para la conducción en un tramo recto	Año	País
Cardoso et al.	$V_{85} = 35086 - 289999/\sqrt{R} + 0,759Vr + c$	N/A	1998	Several
Ottesen&Krames	$V_{85} = 103,66 - 1,95GC$ $V_{85} = 102,44 - 1,57 GC + 0,012Lc - 0,01GC Lc$ $V_{85} = 41,62 - 1,29GC + 0,0049Lc - 0,12 GC Lc + 0,95Vr$	$V_{85} = 103,66$ $V_{85}_{@PC200} = 102,44$ $V_{85} = 41,62$	2000	USA
McFadden & Elefteriadou	$V_{85} = -14,90 + 0,144V_{85}_{@PC200} + 0,0153Lr + 954,55/R$ $V_{85} = -0,812 + 0,0017Lr + 998,19/R$	$V_{85} = -14,90 + 0,144V_{85}_{@PC200}$	2000	USA
Gibreel et al.	$V_{85} = 102,2 - 0,10\Omega$	$V_{85} = 102,2$	2001	USA
Missaghi y Hassen	$V_{85} = 91,85 + 9,81 \cdot 10^{-3}R$ $V_{85} = 94,30 + 8,67 \cdot 10^{-6}R^2$	$V_{85} = 91,85$ $V_{85} = 94,30$	2005	Canada
Castro et al.	$V_{85} = 120,16 - 5596,72/R$	$V_{85} = 120,16$	2006	Spain

La Tabla 2 resume el desarrollo de criterios de estimación de la V_{85} que solo toman como referencia la geometría de la vía, donde los principales parámetros involucrados son:

- R: radio de curvatura
- GC: grado de curvatura
- CCR: ratio de cambio de curvatura
- Lc: longitud de la curva
- Ω : ángulo girado total
- Lr: longitud del tramo recto anterior a la curva.
- Vr: velocidad de operación en aproximación a la curva.

Es llamativo que la estimación de Castro (2006) es aproximadamente un 20% superior que la mayoría de los valores aportados. En este caso de estudio, Castro (2006), se considera el más adecuado para el caso de Madrid, ya que es resultado de investigaciones llevadas a cabo en carreteras españolas.

2.3. Intervalos críticos

De cara a establecer si un vehículo viaja a su velocidad deseada (aislados y líderes de cola) o si forma parte de una cola, es necesario considerar un intervalo de tiempo crítico para poder decidir si a la

velocidad de un vehículo le afecta la de sus predecesores o no. Brilon (1977) establece el intervalo crítico en 5 segundos para marcar a un vehículo como seguidor. También estipula que los vehículos pueden ser considerados aislados con seguridad cuando queden fuera del rango de 15 segundos de sus predecesores y a menos de 5 segundos de sus seguidores.

Harwood en su estudio para el Manual de Capacidad (HCM) en el 2000 redujo el rango aún más, dejando en 3 segundos el tiempo crítico de los seguidores, criterio que permanece constante en la revisión de éste del año 2010.

2.4. Distribuciones y estimaciones estadísticas

Los modelos estadísticos para distribuciones de velocidad en carreteras convencionales de dos carriles no son objeto frecuente de investigación. El caso español de este campo apenas ha sido acometido y los estudios existentes generalmente los conforman datos muy antiguos. Por lo tanto es un área a considerar para nuevas líneas de investigación.

Gerlough (1977) caracterizó las distribuciones de velocidad de datos medidos vehículo a vehículo como distribuciones normales y distribuciones beta, pero sus conclusiones son para autopistas.

Gardeta (1983) confirma las afirmaciones dadas por Gerlough en su tesis doctoral, adaptándolas al caso de carreteras convencionales de dos carriles. Su estudio demuestra que usar el modelo beta es sólo una muy ligera mejora sobre la distribución normal. Por lo tanto será en general más fácil utilizar esta última.

3. Objetivos

Este artículo busca aportar algunos valores de referencia que puedan ser utilizados para calibrar modelos microscópicos que puedan ser aplicados al caso español, en particular a la Comunidad de Madrid. El estudio tiene cuatro objetivos principales:

1. Obtener la distribución de velocidades deseadas de cara a su posible uso en la simulación de casos dentro de la Comunidad de Madrid a partir de grandes conjuntos de datos. En la mayor

parte de los casos estas distribuciones de velocidad se obtienen de muestras (pequeñas) de vehículos aislados, midiendo sus velocidades en curvas o tramos rectos. Si Brilon (1977) tiene razón hay velocidades deseadas más bajas que no se están considerando: las de los líderes de cola.

- Examinar el criterio de Brilon para vehículos aislados e intentar utilizar una definición alternativa que dé los mismos resultados pero tamaños de muestra mayores. Brilon (1977) toma una aproximación muy conservadora al problema ya que su objetivo se limita a localizar con mucha seguridad a aquellos vehículos que circulen aislados. Esto es un problema cuando se trabaja con series de datos cortas, ya que las muestras que resultan de un criterio tan conservador generalmente son muy pequeñas.
- Contrastar las velocidades de los líderes de cola para comprobar que los líderes de colas cortas pertenecen a la misma población que los líderes de colas largas.
- Obtener un estimador puntual del valor de la desviación típica, comparándola con los valores de la media, ya que tradicionalmente se estima la desviación como un 10 % de ésta.

4. Datos

Los datos utilizados para este estudio provienen de la red de estaciones de detectores de doble lazo de la Comunidad de Madrid, que registra la información vehículo a vehículo. Los datos fueron recogidos en períodos de aproximadamente tres días por estación entre los días 17 y 27 de diciembre del 2009. Tres estaciones pertenecen a la carretera M-501 y otras tres a la M-607. La descripción de los datos de posición y tiempo de campaña se resumen en la Tabla 3.

5. Procesado de los datos

La longitud crítica de los vehículos ligeros se estableció en 5,5 m, según las recomendaciones del Manual de Capacidad, considerándose vehículo pesado cualquiera que superase esta cifra.

Se decidió estudiar la división en colas de los vehículos atendiendo a dos criterios: el propuesto por Brilon (1977) y un criterio alternativo que propone este artículo. Ambos criterios establecen cinco grupos principales tanto para vehículos ligeros como para pesados. Estos grupos son:

- Aislados – El criterio propuesto establece los tiempos críticos en

5 segundos por delante y 5 por detrás, mientras que el criterio de Brilon establece estos tiempos en 15 segundos por delante y 5 segundos por detrás.

- Colas de 2 – Líderes de colas formadas por dos vehículos. Los seguidores se definen como cualquier vehículo dentro del rango de 3 segundos consecutivos a su predecesor. Los líderes de cola son aquellos que se encuentran a más de 5 segundos de su predecesor.
- Colas de 3 – Líderes de colas formadas por 3 vehículos. Las definiciones de líder y seguidor son las mismas que para las colas de dos vehículos.
- Colas de 4 – Líderes de colas formadas por 4 vehículos. Las definiciones de líder y seguidor son las mismas que para las colas de dos vehículos
- Colas de 5 o más – Líderes de colas formadas por 5 vehículos. Las definiciones de líder y seguidor son las mismas que para las colas de dos vehículos.

Se realizó un análisis estadístico para obtener las velocidades V85 y V99 de cada grupo. También se calcularon la media, la mediana, la desviación típica y las velocidades máximas y mínimas de cada grupo. La Tabla 4 muestra un extracto de este análisis.

Tabla 3. Resumen de datos de las seis estaciones.

Carretera	M-501			M-607		
	Código de estación	572	586	587	626	629
P.K.	53,8	56,11	62,12	57,3	50,41	37,5
Sentido 1	San Martín de Valdeiglesias	San Martín de Valdeiglesias	Ávila	Navacerrada	Becerril de la Sierra	Colmenar Viejo
Sentido 2	Navas del Rey	Pelayos de la presa	San Martín de Valdeiglesias	Cerceda	Cerceda	Cerceda
Inicio del intervalo	11:36 17 – DIC – 2009	11:47 17 – DIC – 2009	11:58 17 – DIC – 2009	08:12 21 – DIC – 2009	08:21 21 – DIC – 2009	08:32 21 – DIC – 2009
Fin del intervalo	13:30 19 – DIC – 2009	12:13 19 – DIC – 2009	15:55 20 – DIC – 2009	00:44 27 – DIC – 2009	07:32 23 – DIC – 2009	18:26 22 – DIC – 2009
Vehículos aforados	18.959	18.978	19.004	18.961	18.956	18.847

Tabla 4. Ejemplo de la similitud entre los resultados obtenidos con ambos criterios.

	Método propuesto					
	Total	Aislados	Colas de 2	Colas de 3	Colas de 4	Más de 5
V85	92	104,7	97	94,75	92	88
V99	110,66	124,56	107,87	119,35	103,13	96,89
Media	77,3	90,3	84,9	82,7	80,4	76,3
Mediana	78	91	86,5	84,5	82	77,5
Sx	15,2	14,8	13,8	14,3	12,4	11,7
max	142	137	132	139	105	101
min	26	33	32	33	41	46
Vehiculos	7.635	823	414	216	130	212
	Brilon					
	Total	Aislados	Colas de 2	Colas de 3	Colas de 4	Más de 5
V85	92	105	99	96	95	91
V99	110,66	121,2	113	126	106,28	104,12
Media	77,3	91,2	88,8	86,6	84,5	79,4
Mediana	78	91	89	87	84	81
Sx	15,2	13,3	11,6	11,1	11,8	12,7
max	142	130	132	139	121	115
min	26	47	39	52	44	31
Vehiculos	7.635	491	227	125	93	199

M607- Estación 632 Dirección 1 - día

Tabla 5. Ejemplo de los resultados de las ANOVAS por escenario.

M-607 - Estación 632 - Dirección 1 - día					
grupos		F	P-value	Crit F	
aislados	colas de 2	38,905989	6,0966 ⁻¹⁰	3,84899926	rechazar Ho
grupos		F	P-value	Crit F	
colas de 2	colas de 3	3,65269627	0,05643345	3,85630842	aceptar Ho
grupos		F	P-value	Crit F	
colas de 4	Más de 5	27,1471953	3,8616 ⁻⁷	3,87775387	rechazar Ho
grupos		F	P-value	Crit F	
aislados	colas de 4	53,0159909	6,9302 ⁻¹³	3,8512554	rechazar Ho
grupos		F	P-value	Crit F	
colas de 2	colas de 4	11,1228364	0,00091107	3,85867252	rechazar Ho
grupos		F	P-value	Crit F	
colas de 3	colas de 4	2,28138625	0,13185278	3,86863254	aceptar Ho

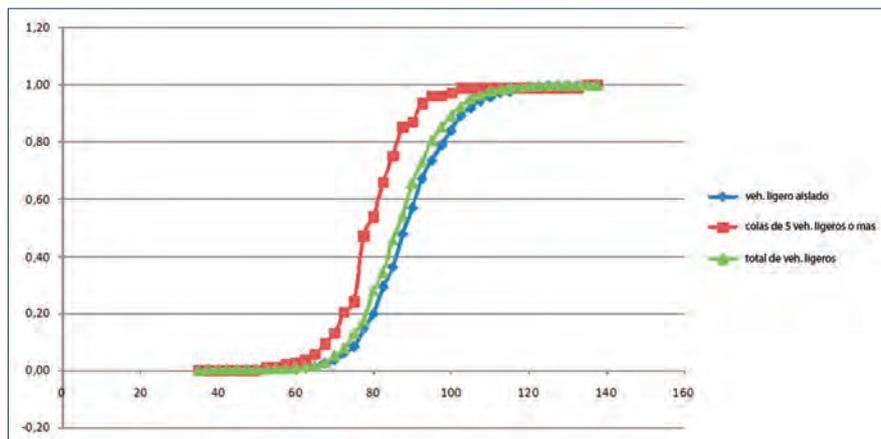


Figura 1. Ejemplo de la comparación entre funciones de distribución de varios grupos con el método propuesto en este artículo. Estación 587 de la carretera M-501.

Se obtuvieron 48 escenarios de análisis a base de considerar la conducción diurna o nocturna, las tipologías de vehículos (ligeros o pesados) y segregar cada sentido en las seis estaciones estudiadas. Quedando por ejemplo el primer escenario como: M501, estación 572 – Diurno – Sentido 1 – Vehículos ligeros.

Los resultados de ambos criterios fueron iguales o extremadamente cercanos, aunque el tamaño de muestra del criterio propuesto en la mayoría de los casos doblaba el tamaño de muestra obtenido aplicando el criterio de Brilon.

Se aplicó también un contraste tipo ANOVA. El test ANOVA es una forma habitual de comparar poblaciones. El test se aplicó sobre los mencionados 48 escenarios, obteniendo unos resultados que permiten afirmar categóricamente que los vehículos aislados pertenecen a distribuciones diferentes de aquellas de las colas.

En la Tabla 5 figura un ejemplo del análisis llevado a cabo en cada escenario. Los subgrupos representados son aquellos que se utilizaron en todos los casos:

- Aislados - Colas de 2
- Colas de 2 - Colas de 3
- Colas de 4 - Colas de 5 o más
- Aislados - Colas de 4
- Colas de 2 - Colas de 4
- Colas de 3 - Colas de 4

Se llevó a cabo una ANOVA para comparar la conducción diurna con la nocturna entre los líderes de cola (considerando vehículos aislados como líderes de cola de 1). En dos de cada tres casos, la conducción (distribución de velocidad) podía ser considerada diferente.

Se consideró relevante realizar un último test ANOVA para obtener una comparación entre vehículos aislados, colas de 2 ó 3, y colas de 4 ó más. Esto podría abrir la puerta a futuras caracterizaciones por familias de velocidades. De los 36 casos estudiados, sólo hubo tres que superaron el test, es decir, que solamente

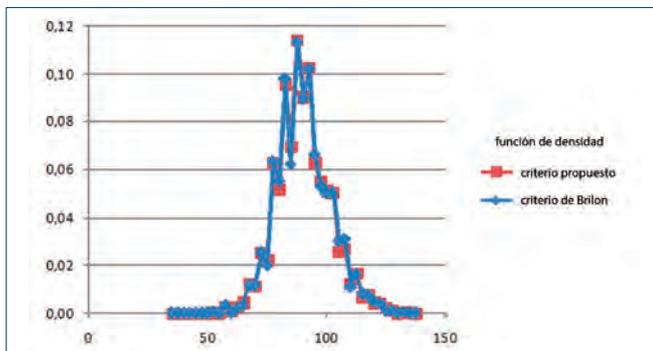


Figura 2. Comparación de las funciones de densidad entre el criterio propuesto y el criterio de Brilon. Estación 587 de la carretera M-501.

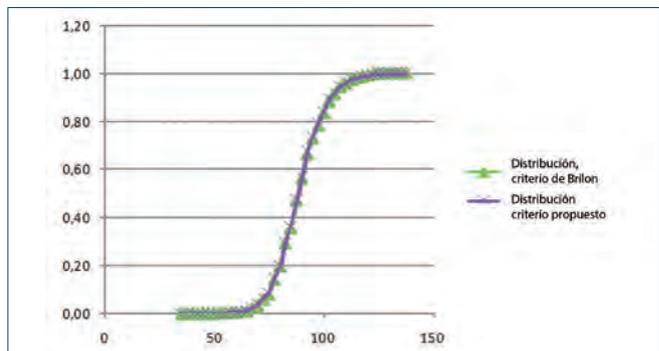


Figura 3. Comparación de las funciones de distribución entre el criterio propuesto y el criterio de Brilon. Estación 587 de la carretera M-501.

éstos pueden ser considerados pertenecientes a la misma población. El resumen de esta última comparativa se puede ver en la Tabla 6.

Finalmente, los resultados de V85 obtenidos para cada estación se agruparon para poder representarlos gráficamente de forma conjunta y obtener un valor numérico representativo para el caso español a partir de esa figura. El porcentaje de la media que suponía la desviación típica también fue representado. Esto se hizo para comprobar si la asunción generalizada de que la desviación típica es un 10 % del valor de la media es aplicable y correcto en el caso de carreteras convencionales españolas.

Los resultados obtenidos se resumen en las Figuras 4, 5, 6 y 7.

Se quiso realizar, a su vez, una comparativa de velocidades deseadas entre vehículos aislados y líderes de cola (que incluyen también a los aislados como líderes de cola de 1). Normalmente sólo se consideran los aislados cuando se trata de conseguir la V85 pero, como se dijo antes, no son los únicos que viajan a sus velocidades deseadas.

La Tabla 7 resume los resultados de las V85 medidas en cada una de las seis estaciones para aislados y líderes, incluyendo el error que se produce al considerar únicamente vehículos aislados en lugar de todos los líderes.

La Tabla 8 muestra las predicciones de V85 utilizando Castro et al. (2006) para las seis estaciones. La Tabla 9 muestra las diferencias en porcentaje entre las predicciones de Castro et al. (2006), considerando

Tabla 6. Comparación mediante test ANOVA de vehículos aislados, colas de 2 y 3, y colas de 4 ó más para conducción diurna de vehículos ligeros.

Código	Carretera	Estación	Dirección	Grupo	Resultado ANOVA	Rechazar	Aceptar
1	501	572	1	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
1	501	572	1	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
1	501	572	1	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
1	501	572	2	aislados - colas de 2 y 3	Aceptar HO		1
1	501	572	2	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Aceptar HO		1
1	501	572	2	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
2	501	586	1	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
2	501	586	1	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
2	501	586	1	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
2	501	586	2	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
2	501	586	2	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
2	501	586	2	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
3	501	587	1	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
3	501	587	1	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
3	501	587	1	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
3	501	587	2	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
3	501	587	2	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
3	501	587	2	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
4	607	632	1	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
4	607	632	1	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
4	607	632	1	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
4	607	632	2	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
4	607	632	2	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
4	607	632	2	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
5	607	629	1	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
5	607	629	1	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
5	607	629	1	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
5	607	629	2	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
5	607	629	2	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
5	607	629	2	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
6	607	626	1	aislados - colas de 2 y 3	Aceptar HO		1
6	607	626	1	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
6	607	626	1	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	
6	607	626	2	aislados - colas de 2 y 3	Rechazar HO	1	
6	607	626	2	colas de 2 y 3 - 4 ó más	Rechazar HO	1	
6	607	626	2	aislados - 4 ó más	Rechazar HO	1	

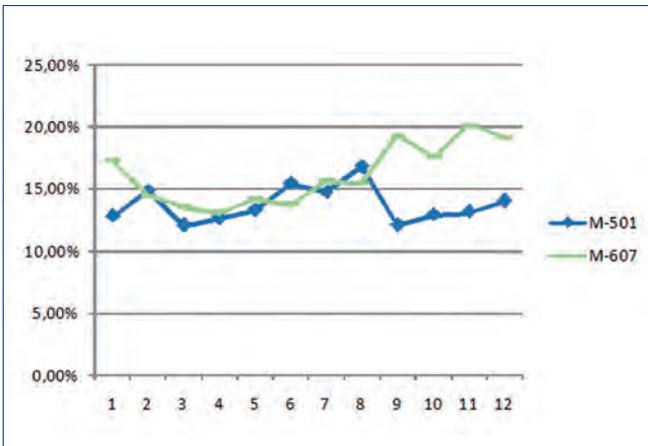


Figura 4. Porcentaje de la media que supone la desviación típica en cada estación. Los 12 puntos del eje de abscisas corresponden a vehículos ligeros, día-noche, sentido 1 - sentido 2, de las tres estaciones de cada carretera.

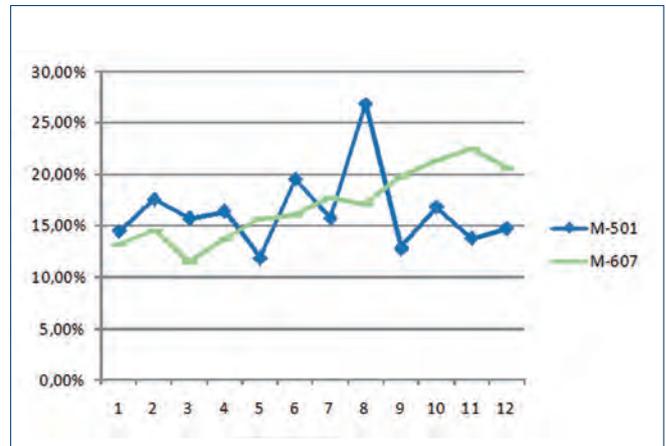


Figura 5. Porcentaje de la media que supone la desviación típica en cada estación. Los 12 puntos del eje de abscisas corresponden a vehículos pesados, día-noche, sentido 1 - sentido 2, de las tres estaciones de cada carretera.

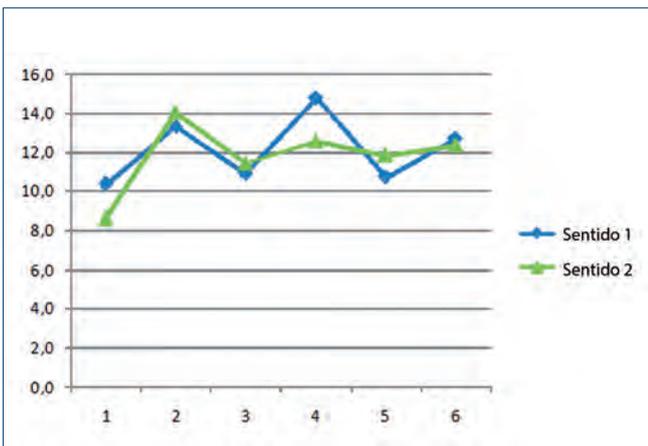


Figura 6. Valor de la desviación típica en conducción diurna para vehículos ligeros en las seis estaciones.

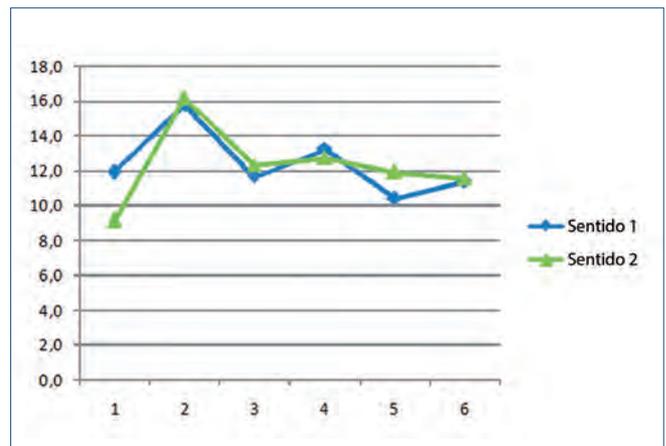


Figura 7. Valor de la desviación típica en conducción nocturna para vehículos ligeros en las seis estaciones.

solo las características geométricas de la vía, y los datos, tanto para líderes como para vehículos aislados.

Se dan diferencias de hasta un 39% entre la realidad y la estimación geométrica del modelo de Castro, quedando la estimación de Castro et al. (2006) siempre por encima de la realidad. Los rangos de las predicciones varían, siempre al alza, desde un 4% hasta un máximo de un 39%. Por otro lado, las diferencias que surgen de considerar líderes o aislados no son significativas.

6. Distribuciones de velocidades deseadas en tramos rectos para vehículos ligeros.

La mayor muestra homogénea de los datos de partida de este artículo es aquella formada por vehículos

ligeros en conducción diurna a lo largo de tramos rectos (n=16.328). La Tabla 10 contiene la distribución que puede ser utilizada para propósitos de microsimulación. Si se usa una distribución normal, como es habitual en los programas de simulación, el valor medio que ha de tomarse será de 91,93 km/h y la desviación típica de 13,55 km/h. Debe destacarse que, desde el punto de vista de los test estadísticos, los datos no cumplirán la hipótesis nula de los test de Kolmogorov- Smirnov, Shapiro- Wilks o Chi-cuadrado. Esto es debido a que, como es sabido, si los tamaños de muestra son muy grandes, como ocurre en este caso, los datos son ligeramente no-normales y los tamaños de muestra lo bastante grandes como para marcar claramente estas diferencias respecto a la normalidad. En particular

los datos muestran colas que abarcan más allá de tres desviaciones típicas desde la media.

La Figura 8 contiene la representación gráfica de las funciones de densidad y distribución de los datos y del modelo normal. Las funciones de distribución encajan muy bien, pero en la función de densidad puede observarse claramente la no conformidad sobre todo en torno a la media.

7. Conclusiones

La velocidad de operación, V85 (como se define en el Manual de Capacidad) es el percentil 85 de la distribución de velocidades deseadas.

Cuando se calcula este valor, normalmente solo se consideran los vehículos aislados, ya que sus velocidades se pueden determinar utilizando un aforador láser. Sin embargo,

Tabla 7. V85 para líderes y aislados en vehículos ligeros de conducción diurna.

Dirección 1			Dirección 2		
V85 veh. aislados	V85 líderes de cola	Error	V85 veh. aislados	V85 líderes de cola	Error
94	91	3,30 %	81	80	1,25 %
115	113	1,77 %	112	109	2,75 %
104	101	2,97 %	100	98	2,04 %
104,7	99	5,76 %	106	105	0,95 %
88	86	2,33 %	90	87	3,45 %
77	77	0,00 %	74	73	1,37 %

2,33 %	Error medio
5,76 %	Error máximo

Tabla 8. V85 para líderes y aislados considerando conducción diurna de vehículos ligeros comparando los datos de estudio con Castro et al. (2006).

Carretera	Estación	Radio de curvatura (m)	Longitud del tramo recto	V85 (Castro)	V85 dirección 1 (líderes) *	V85 dirección 1 (aislados) *	V85 dirección 2 (líderes) *	V85 dirección 2 (aislados) *
M-501	572	800	0	113	91	94	80	81
M-501	586	<i>infinito</i>	500	120	113	115	109	112
M-501	587	<i>infinito</i>	500	120	101	104	98	100
M-607	626	<i>infinito</i>	2.000	120	77	77	73	74
M-607	629	600	0	111	86	88	87	90
M-607	632	<i>infinito</i>	400	120	99	105	105	106

Tabla 9. Diferencias entre la predicción de Castro y las medidas reales de V85.

		Castro - medida		Castro - medida		Castro - medida		Castro - medida	
V85 predicha (Castro)	V85 Medida dirección 1 (líderes)	dirección 1 (líderes)	V85 Medida dirección 1 (aislados)	dirección 1 (aislados)	V85 Medida dirección 2 (líderes)	dirección 2 (líderes)	V85 Medida dirección 2 (aislados)	dirección 2 (aislados)	
113	91	20 %	94	17 %	80	29 %	81	28 %	
120	113	6 %	115	4 %	109	9 %	112	7 %	
120	101	16 %	104	13 %	98	18 %	100	17 %	
120	77	36 %	77	36 %	73	39 %	74	38 %	
111	86	22 %	88	21 %	87	22 %	90	19 %	
120	99	18 %	105	13 %	105	13 %	106	12 %	

los vehículos aislados no son los únicos que viajan a sus velocidades deseadas, los líderes de cola también lo hacen.

La comparación entre V85 de aislados y líderes de cola para vehículos ligeros durante conducción diurna para las seis estaciones muestra un error medio de 2,33 % y uno máximo del 5,75 %. Estos valores, particularmente el máximo, plantean una duda razonable sobre si es correcto utilizar solamente

vehículos aislados cuando se miden velocidades deseadas. Los errores son lo bastante bajos como para considerar el uso exclusivo de aislados como una adecuada primera aproximación.

Los valores de V85 predichos utilizando el modelo de Castro et al. (2006) que considera únicamente la geometría del trazado, son significativamente mayores que los medidos de la realidad. Las medias de los resultados *in situ* rondan los 95 km/h,

frente a los 120 km/h que predice Castro. Incluso en estaciones en curva, donde las predicciones de velocidad son menores, las diferencias aún rondaban el 20 %. Así un modelo muy diferente surgiría de considerar los datos de campo frente a considerar únicamente la geometría de la vía.

De los resultados, está claro que el criterio propuesto en este artículo supone una mejora respecto del de Brilon (1977), ya que para un mismo conjunto de datos se

Tabla 10. Distribución de velocidades deseadas en tramos rectos para vehículos ligeros en conducción diurna.

Velocidad (km/h)	Frecuencia	Función de densidad	Función de distribución
0	0	0,00 %	0,00 %
40	16	0,10 %	0,10 %
48	24	0,15 %	0,24 %
56	83	0,51 %	0,75 %
64	192	1,18 %	1,93 %
72	627	3,84 %	5,77 %
80	1961	12,01 %	17,78 %
88	3767	23,07 %	40,85 %
96	4116	25,21 %	66,06 %
104	2902	17,77 %	83,83 %
112	1556	9,53 %	93,36 %
120	666	4,08 %	97,44 %
128	263	1,61 %	99,05 %
136	106	0,65 %	99,70 %
144	33	0,20 %	99,90 %
152	12	0,07 %	99,98 %
160	2	0,01 %	99,99 %
168	2	0,01 %	100,00 %
176	0	0,00 %	100,00 %

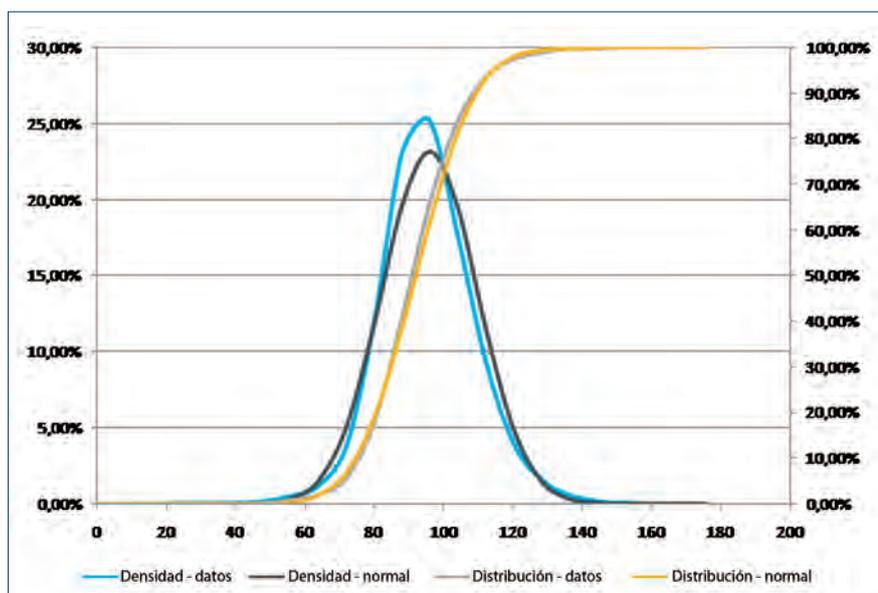


Figura 8. Funciones de densidad y distribución de los datos y el modelo normal.

obtienen muestras de tamaños mucho mayores. Los tamaños de muestra rondan el doble que los obtenidos usando el método de Brilon (1977) en todas las estaciones y sentidos. El criterio planteado es mucho menos restrictivo a la hora

de definir los parámetros y caracterizar los grupos: 15 segundos para predecesores y 5 segundos para seguidores siguiendo el criterio de Brilon (1977), comparado con los 5 y 3 segundos propuestos en este artículo. Con las velocidades medidas,

entorno a los 90 km/h, el criterio de Brilon implica unas distancias entre vehículos de 375 m, frente a los 125 m que surgen del criterio propuesto. Una separación de 125 m, es más que suficiente como para dejar pocas dudas de si el coche siguiente es seguidor o circula de forma aislada.

Los resultados de los test ANOVA para vehículos ligeros en conducción diurna muestran que vehículos aislados, colas de 2 y 3 vehículos y colas de 4 ó más vehículos, pertenecen a familias distintas. De los 36 test realizados solo en 3 casos las poblaciones eran iguales. Por lo tanto se puede decir que una cola de 4 ó más vehículos es considerada lenta. Se puede considerar que las colas de 2 y 3 vehículos se desplazan a velocidades moderadas, posiblemente conteniendo una proporción de vehículos rápidos y otra de vehículos lentos dentro de ellas.

Se descubrió que en carreteras convencionales con radios horizontales elevados no se debe utilizar el 10 % de la media de distribución de velocidades para estimar la desviación típica de dicha distribución. Los valores obtenidos en las seis estaciones sugieren que sería mejor tomar el 15 % como primera estimación, considerando un estimador puntual de la desviación típica el valor de 12 km/h para conducción tanto diurna como nocturna.

8. Relevancia práctica y aplicaciones potenciales

Este artículo busca divulgar distribuciones de velocidades deseadas basadas en grandes conjuntos de datos incluyendo tanto vehículos aislados como líderes de cola.

La diferencia en el percentil 85 en ambas distribuciones puede ser de hasta un 5,8 %. La distribución completa de velocidades deseadas para vehículos ligeros en tramos rectos puede ser consultada en la Tabla 10.

El criterio de descripción de aislados de Brilon (1977) se ha mejorado

en este estudio, permitiendo obtener muestras mucho mayores con resultados idénticos de un mismo conjunto de datos.

Los test ANOVA realizados muestran que los vehículos que se pueden caracterizar como lentos son aquellos que lideran colas de 4 ó más. Los líderes de colas menores podrían tener velocidades deseadas mayores (es decir, no podrá afirmarse que sean vehículos lentos aunque formen colas).

9. Referencias

- [1] AASHTO (2011) "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition". AASHTO, Washington, DC.
- [2] BOTMA, H. y FI, I. (1991). "Traffic Operation on 2-Lane roads in Hungary and The Netherlands", en "Highway Capacity and Level of Service". U. Brannolte, editor. A.A. Balkema, Rotterdam.
- [3] BOTHA, J L. (1993). "Comparison of performance of TWO PASS and TRARR models when simulating traffic on two-lane highways with low design speeds". Transportation Research Record. Issue Number: 1398. ISSN: 0361-1981.
- [4] BOYLES, S. (2010). "Quantifying Travel Time Variability in Transportation Networks". Research Report SWUTC/10/167275-1. University of Texas at Austin. Texas.
- [5] BRILON, W. (1977). "Queueing Model of Two-Lane Rural Traffic". Transportation Research, Vol. 11, pp. 95-107.
- [6] BRILON, W y WEISER, F. (2006). "Two-Lane Rural Highways-the German Experience". Journal: Transportation Research Record, vol. 1988, no. 1, pp. 38-47.
- [7] BUCKLEY, DJ. (1968). "A Semi-Poisson Model of Traffic Flow". Transportation Science, Vol. 2, N° 2, mayo 1968. ORSA, EE.UU.
- [8] CASTILLA, G. y ROMANA GARCIA, M. (2012). "Tipos de vehículos y su caracterización para un modelo mesoscópico de carreteras de 2 carriles. Velocidades medias y percentiles en vehículos libres y en cola". Paper presented at X CIT (Congreso de Ingeniería de Transporte), Foro de Ingeniería de Transportes. Granada (Spain).
- [9] CASTRO, M., et al (2006). "Desarrollo de un sistema para el análisis de la consistencia del trazado en carreteras". Universidad Politécnica de Madrid.
- [10] GARDETA OLIVEROS, J.G. (1983). "Estudio de modelos de tráfico vial para carreteras bidireccionales de dos carriles". Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de ingenieros de caminos, canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- [11] GERLOUGH, D. y BARNES, F. (1977) "Poisson and Other Distributions in Traffic". Eno Foundation.
- [12] KOOREY, G. (2003) "Assessment of Rural Road Simulation Modelling tools". Transfund New Zealand Research Report No. 245. ISBN 0-478-25355-9. ISSN 1174-0574.
- [13] LAMM, R., et al. (1987). "Recommendations for evaluating horizontal design consistency based on investigations in the state of New York. Washington: Transportation Research Board". Transportation Research Record 1100.
- [14] LAMM, R., et al. (1990). "Comparison of operating speed on dry and wet pavement of two lane rural highways". Washington: Transportation Research Board. Transportation Research Record 1280.
- [15] MINISTERIO DE FOMENTO (2001) "Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras". Dirección General de Carreteras. Serie Normativas
- [16] NEZAMUDDIN, N. (2010) "Speed distribution profile of traffic data and sample size estimation". TEC, APRIL 2010.
- [17] OPPENLANDER, J.C. (1963) "Sample Size Determination for Spot-Speed Studies at Rural, Intermediate, and Urban Locations". In Highway Research Record: Journal of the Highway Research Board, No. 35, HRB, Washington, D.C., 1963, pp. 78-80.
- [18] QUAIUM, R. (2010) "A comparison of vehicle speed at day and night at rural horizontal curves". Tesis doctoral, Texas A&M University
- [19] RIFFKIN, M. (2008) "Variable speed limit signs effects on speed and speed variation in work zones". Utah Department of Transportation Research and Innovation Division
- [20] ROMANA GARCIA, M. (1996). "Evaluación práctica de niveles de servicio de carreteras convencionales de dos carriles en España". CEDEX. ISBN: 84-498-0286-5.
- [21] SÁNCHEZ, J. F. "Metodología para la evaluación de la consistencia del trazado de carreteras interurbanas de dos carriles". PhD Thesis. Universidad Politécnica de Madrid.
- [22] SUÁREZ, L.A. (2007). "Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación". MScThesis, Magister en Ingeniería Infraestructura y Sistema de Transporte. Universidad Nacional de Colombia.
- [23] TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2010). "Highway Capacity Manual 2010". TRB, National Research Council, Washington, D.C.(current version)
- [24] WASHBURN, S. S. & LI, J. (2010). "Development of a Simulation Program for Two-Lane Highway Analysis". CMS Project No. 2008-002. University of Florida, Gainesville. ❖

Pavimentos de Hormigón en Argentina

Henry Germán Perret
Ingeniero Civil

Un pavimento es una estructura formada por una o más capas de material pétreo tratado, cuya función es la de proporcionar al usuario una rodada cómoda, segura y a un bajo costo.

Particularmente, los pavimentos rígidos son aquellos formados por una losa apoyada sobre una base o bien sobre la subrasante transmitiendo las tensiones al suelo de manera reducida.

1. Historia del pavimento de hormigón en Argentina

Con la explosión de vehículos a motor en los Estados Unidos comenzó una verdadera revolución vial. En 1909, en Michigan, se realizaron las primeras rutas con hormigón, y en 1914 se realizaron las primeras especificaciones técnicas para la construcción de este tipo de carreteras.

En Argentina, los primeros pavimentos urbanos de hormigón se construyeron en la segunda década del siglo XX, de manera experimental. La construcción sistemática, con técnicas más modernas, se inició en el año 1927 y casi de manera simultánea en diversas ciudades de la provincia de Buenos Aires. Con el correr del tiempo, su aplicación se extendió a carreteras de la red vial nacional.

Hacia la década de los 70, su ejecución fue mermando paulatinamente como alternativa para la pavimentación de rutas y autopistas, restringiéndose su uso a pequeños proyectos, fundamentalmente urbanos.

La reinsertación de este tipo de pavimentos comenzó en el año 1996 en la Ruta Nacional N° 127 (Provincias de Entre Ríos y Corrientes). Esto marcó el inicio del primer convenio de cooperación técnica entre la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) y el ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino).

La obra implicó la construcción de 120 km, donde fueron analizadas las variantes flexible y rígida. La

decisión de ejecutarla en hormigón se basó en que el costo era menor en el ciclo de vida, más allá de que su costo de construcción era ligeramente mayor.

A partir de esta experiencia, los pavimentos de hormigón comenzaron a ser considerados en el momento de evaluar nuevos proyectos.

Dos años más tarde se inicia la construcción de la Ruta Provincial N° 39 en el tramo San Javier - La Brava - Arroyo Saladillo Amargo, en la Provincia de Santa Fe. La obra comprendió la construcción de 37 km nuevos de pavimento. Inicialmente la alternativa seleccionada era la flexible pero el Comitente, a raíz de los buenos

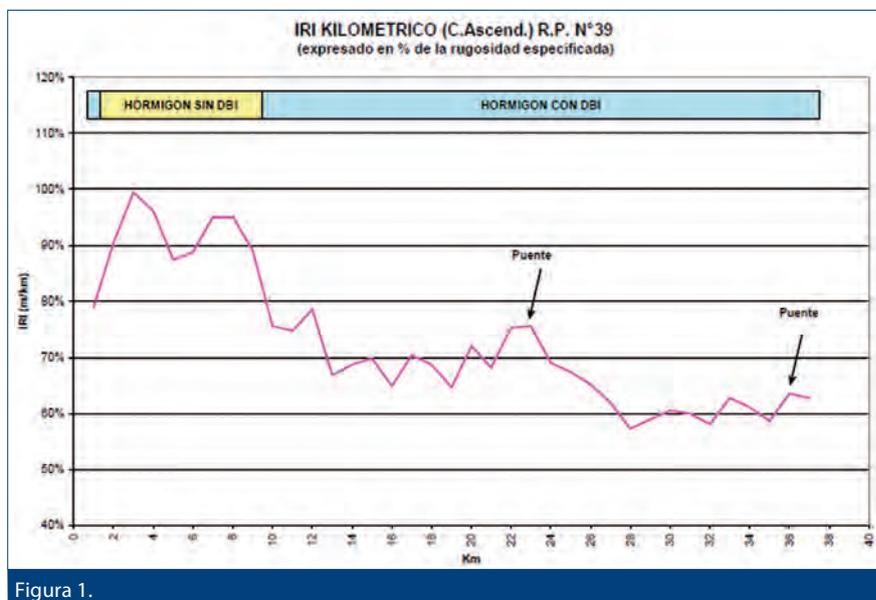


Figura 1.

resultados obtenidos en la RN N° 127, sugirió la construcción de un pavimento rígido. Del mismo modo que en el caso anterior, el costo de construcción inicial era mayor, pero su vida útil era el doble (30 años). Esta obra implicó la adquisición de una pavimentadora de media calzada que presentó la particularidad de ser el primer equipo con inserción automática de pasadores (DBI) en Sudamérica. Adicionalmente, este equipo contaba con inserción de barras de unión y fratás automático, lo que permitió una mejora sustancial en la regularidad longitudinal del pavimento. (Figura 1).

En el año 2001 se inició un ambicioso proyecto, la construcción de la Autopista RN N° 7 en la provincia de San Luis, de 212 km de longitud. Dada la magnitud del proyecto se estudiaron tanto la alternativa flexible como la alternativa rígida, adoptándose esta última por presentar un costo de mantenimiento, iluminación y operación vehicular sustancialmente menor, a pesar de exigir una inversión inicial mayor. Esta obra presentaba el desafío de ser ejecutada en un plazo de 18 meses, para lo cual se utilizó una planta elaboradora de hormigón con una capacidad de 300 m³/h y dos equipos cortadores de alta generación (trimmer). Esta obra significó el récord de pavimentación en hormigón en una sola jornada, ejecutándose un total de 1.804 metros lineales de hormigón en ancho completo, implicando un volumen de 2.800 metros cúbicos de hormigón.

Posteriormente se ejecutaron otros proyectos de envergadura media tales como la Autovía Ruta Provincial N° 6 en el tramo comprendido entre La

Plata y Zárate (Provincia de Buenos Aires), y la Autovía Ruta Provincial N° 55, tramo Merlo - Villa Mercedes (Provincia de San Luis), con una extensión total de 175 km.

Asimismo, entre los años 2006 y 2010, se construyó la duplicación de calzada de 122 km de longitud en la Autopista RN N°14 (Provincias de Entre Ríos y Corrientes), utilizándose cuatro pavimentadoras de ancho completo de manera simultánea.

En el año 2010 se culminó la Autopista Rosario-Córdoba, R.N. N° 9 (Provincias de Santa Fé y Córdoba), una obra emblemática en la vialidad argentina dada su envergadura. Esta obra implicó la construcción de 5,5 millones de metros cuadrados de suelo cemento y 500 km de pavimentos de hormigón (más de 1,2 millones de metros cúbicos de hormigón).

2. Construcción de pavimentos de hormigón. ¿Por qué antes no y ahora sí?

2.1 ¿Por qué antes no?

De lo expresado anteriormente, puede observarse que el uso del pavimento de hormigón para carreteras y autopistas tuvo en Argentina un uso restringido hasta mediados de la década del 90. Las razones de su escasa utilización pueden explicarse por lo siguiente.

Desde el punto de vista de la Administración, se fundamentaba que:

- El costo inicial de construcción es más elevado.
- Los fallos son más frecuentes.
- Son más difíciles de mantener y reparar.

El Contratista pensaba que:

- Las resistencias especificadas son difíciles de alcanzar.
- La ausencia de fisuración plástica es difícil de alcanzar.
- La corrección de los errores constructivos es muy costosa.

El usuario argumentaba que:

- Son poco confortables debido a la lisura deficiente y al golpeteo en cada junta transversal.

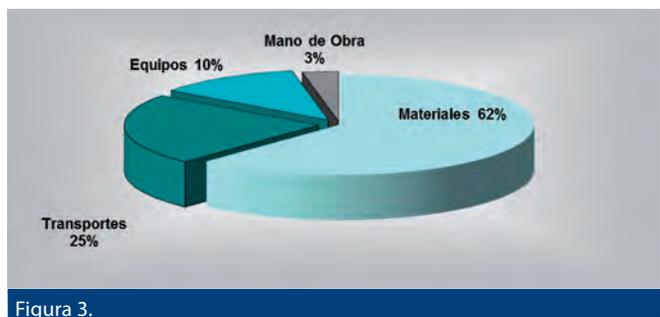
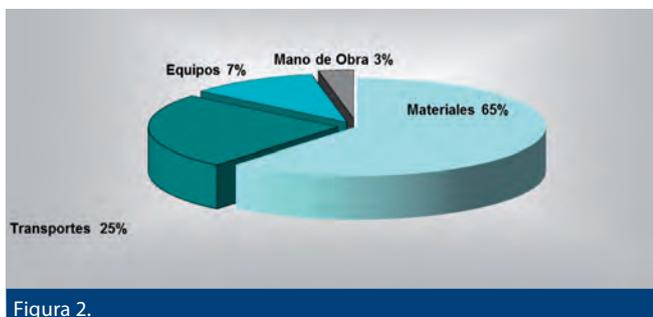
2.2 ¿Por qué ahora sí?

Tal como hemos visto, a partir del año 2000 se comenzaron a desarrollar en el país proyectos viales muy importantes utilizando pavimentos de hormigón por las razones que se indican a continuación.

2.2.1 Cuestiones económicas: el costo inicial del pavimento rígido ha ganado competitividad frente al flexible

Si observamos la composición típica del costo de un pavimento flexible y de uno rígido, notamos que la incidencia de los distintos rubros (materiales, mano de obra, equipos y transportes), es relativamente similar. (Figura 2 y 3).

Dentro del rubro materiales, la mayor incidencia corresponde al cemento portland (en la variante rígida) y al ligante asfáltico (en la variante flexible). En el primer caso representa el 37 % del costo total del ítem, y en el segundo el 39 %. Por lo tanto, al ser los costos de equipos, mano de obra, áridos y transporte similares para ambos casos, resulta de fundamental importancia el costo del ligante.



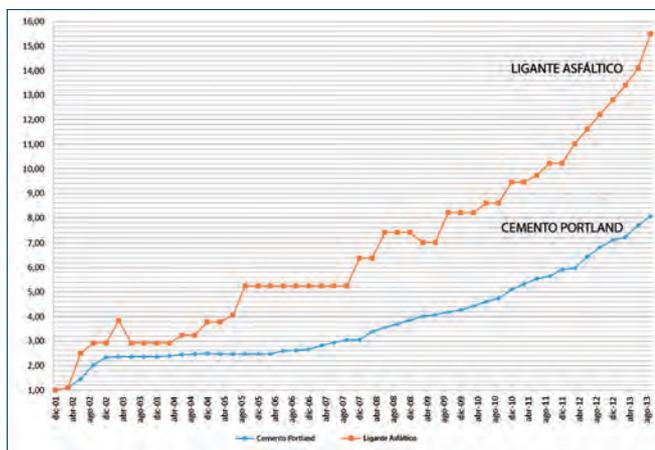


Figura 4. Evolución de precios Cemento Portland - Ligante Asfáltico.



Figura 5.

En el caso del ligante asfáltico, su precio está muy fuertemente influenciado por el precio del petróleo, el cual a su vez registra variaciones importantes. Si analizamos la evolución de los precios de ambos productos en Argentina desde diciembre del 2001 hasta el presente, observamos que el cemento portland creció 8 veces, mientras que el ligante asfáltico aumentó casi 16 veces. Para entender estas variaciones de precios debe tenerse en cuenta el contexto inflacionario en que se ha venido desarrollando la economía Argentina y la depreciación del Peso Argentino con respecto al Dólar. (Figura 4).

Visto esto, resulta fácil de entender que el pavimento de hormigón haya ganado competitividad frente a la variante flexible.

2.2.2. Por consideraciones técnicas

- Mejora en la calidad de los materiales: fundamentalmente del cemento portland. La industria impulsó la normalización de Cementos de Uso Vial, atendiendo a las prestaciones especiales de esta aplicación. Ello contribuyó significativamente a la obtención de hormigones uniformes y de mejor calidad. Entró en vigencia la norma IRAM 50002 "Cemento para Hormigón de uso Vial, aplicable con Tecnología de Alto Rendimiento (TAR)". Asimismo, los controles adoptados durante todo el proceso de fabricación, permitieron asegurar un nivel de calidad constante.

- Disponibilidad de buenos productos para curado y sellado de juntas. Las membranas químicas de curado permiten una excelente impermeabilización, evitando la aparición de la fisuración plástica. (Figura 5). Asimismo, los productos de sellado tienen un mejor comportamiento y una mayor vida útil, disminuyendo la frecuencia de re-sellado.
- La introducción de nuevas tecnologías de ejecución: concretamente la presencia en el mercado local de los equipos de alto rendimiento.

3. Construcción de pavimentos de hormigón con tecnología de alto rendimiento

Se entiende como Tecnología de Alto Rendimiento aquella que se ejecuta con medios mecanizados, utilizando extendedoras de encofrados deslizantes, que permiten la construcción de un pavimento con altos estándares de calidad y elevados rendimientos de ejecución.

Equipos utilizados

Trimmer

En realidad, este equipo no interviene específicamente en la construcción del pavimento de hormigón, pero su utilización se considera indispensable para mejorar la lisura de la calzada terminada y disminuir el sobre espesor constructivo, para asegu-

rar los espesores mínimos de proyecto sin riesgo de penalización.

El Pliego de Especificaciones Técnicas de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) establece penalidades muy importantes cuando se registran sectores de la calzada con espesores de testigos inferiores al espesor de proyecto. (Tabla 1).

Por un lado, constructivamente se debe dar un sobre espesor a la calzada para no correr el riesgo de la aplicación de penalidades, y por el otro, éste debe ser el mínimo posible para no tener volúmenes adicionales que afecten seriamente la economía de obra.

Si el corte o refino de la superficie de asiento de la calzada (en Argentina se utiliza el suelo cemento) se realiza con motoniveladora, se puede garantizar la cota exacta solamente sobre la estaca indicadora del nivel, las cuales son colocadas y niveladas por el equipo de topografía a intervalos constantes en el sentido longitudinal (usualmente entre 8 y 12 m) y transversal. No obstante, existe la tendencia del operario de motoniveladora a levantar la cuchilla de corte entre estacas, con lo cual se produce una situación similar a la descrita en la Figura 6.

Si adoptamos un nivel teórico de calzada terminada igual a la cota teórica del suelo cemento más el espesor de proyecto (e) puede ocurrir que en la zona próxima a la ubicación de las estacas tengamos un espesor de hormigón igual al de proyecto ($h_1 = e$). Según lo comentado

Tabla 1.

Espesor (cm)	Déficit (cm)	Penalidad	"Economía de H"
25,0	0,0	Sin penalidad	
24,9	0,1	Sin penalidad	
24,8	0,2	Sin penalidad	
24,7	0,3	0,5%	1,2 %
24,6	0,4	2,0%	1,6 %
24,5	0,5	4,5%	2,0 %
24,4	0,6	8,0%	2,4 %
24,3	0,7	12,5%	2,8 %
24,2	0,8	18,0%	3,2 %
24,1	0,9	24,5%	3,6 %
24,0	1,0	32,0%	4,0 %
23,9	1,1	Demolición	

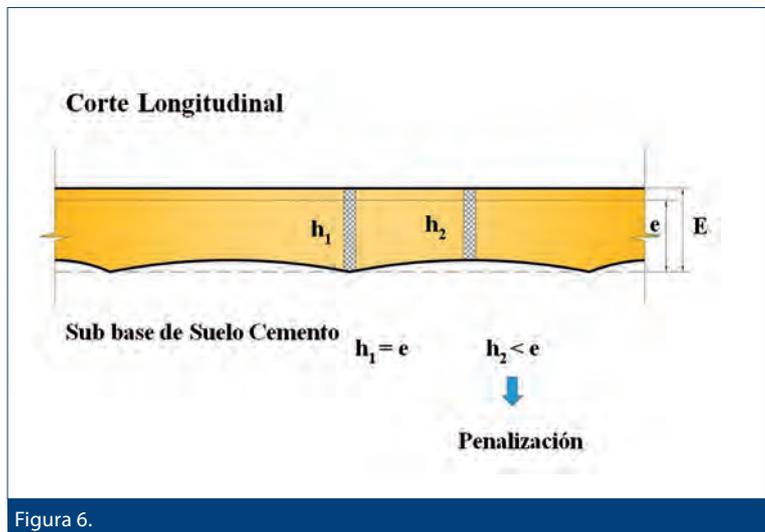


Figura 6.



Figura 7.



Figura 8.

anteriormente es muy probable que entre estacas se registren espesores $h_2 < e$, con lo cual correspondería la aplicación de penalidad. Para evitar esto, debiéramos poner un sobre espesor de hormigón, lo cual afectaría fuertemente el costo de la obra. Por lo tanto, debiéramos garantizar que la superficie de asiento de la calzada sea lo más uniforme posible, para lo cual la utilización del trimmer resulta indispensable.

Este equipo posee un cabezal de corte regulado por sensores electrónicos que copian el nivel de un hilo guía, garantizando la exactitud del refino. (Figura 7).

Asimismo, este equipo permite recuperar el material cortado para su posterior aprovechamiento. Esta ventaja puede ser aprovechada cuando la superficie a cortar es una base granular, pero no cuando se corta una base cementada. (Figura 8).

Planta elaboradora de hormigón

Este equipo debe asegurar una producción continua y de gran volumen, acorde a los rendimientos de colocación de la pavimentadora de encofrados deslizantes. De lo contrario, se producirían continuas paradas de este equipo, con la consiguiente disminución de la calidad en la lisura de la calzada terminada. (Figura 9).

Resulta conveniente la utilización de plantas elaboradoras con una producción mínima de 300 m³/h para garantizar un flujo adecuado de hormigón al frente de trabajo. Para ello resulta muy importante tener una logística adecuada de aprovisionamiento de materiales atento a los altos consumos requeridos.



Figura 9.

Pavimentadora de encofrados deslizantes

Se trata de un equipo que realiza las operaciones de distribución, vibrado y maestreado del hormigón en una sola pasada, quedando el pavimento prácticamente terminado a la salida de la pavimentadora, restando las operaciones de texturizado y curado. (Figura 10).

Resulta indispensable que la pavimentadora posea el sistema de insertado automático de pasadores (DBI por sus siglas en inglés). A continuación se ilustra sobre este mecanismo. (Figura 11 a Figura 20).

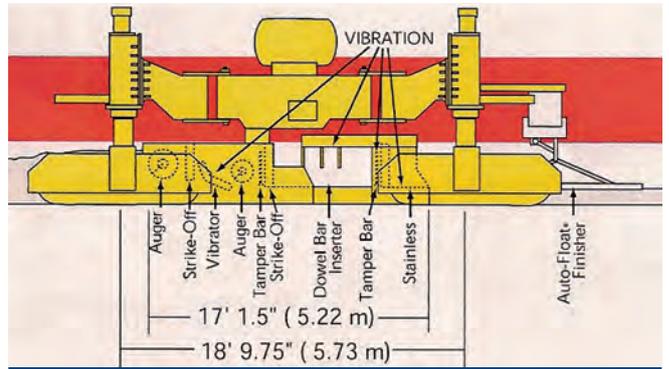


Figura 10.



Figura 11. Los pasadores tienen usualmente un diámetro de 25 a 32 mm. El corte de éstas debe ser necesariamente con sierra para garantizar la ausencia de imperfecciones en los extremos, lo que dificultaría el movimiento de la barra en la masa de hormigón.



Figura 12. Vista del carro distribuidor de pasadores que son colocados de manera manual por un operador.



Figura 13. Vista del carro distribuidor de pasadores desplazándose transversalmente al sentido de avance de la pavimentadora, dejando un pasador en cada cuna.



Figura 14. Vista del dispositivo insertor de pasadores con las horquillas, en posición de espera para efectuar la colocación en el hormigón.



Figura 15. Vista superior de las horquillas, al momento de insertar los pasadores. En este momento el bastidor queda inmóvil sobre la superficie del hormigón, mientras la pavimentadora continúa su avance. La inserción se realiza a la distancia previamente programada en el equipo pavimentador, igual a la separación entre juntas transversales de contracción.



Figura 16. Vista del momento posterior a la inserción de los pasadores con las horquillas nuevamente en la posición de espera. En este momento el mecanismo de inserción se aproxima a la pavimentadora, quedando listo para realizar la siguiente operación.



Figura 17. Vista de la regla oscilante y vibrante que lleva delante el rodillo de mortero fresco, cuya función es la corrección superficial de la masa de hormigón dañada por la inserción de los pasadores.



Figura 18. Vista de la superficie de la calzada a la salida de la pavimentadora.



Figura 19. Vista del fratás oscilante (regla *auto float*), responsable de reparar y mejorar la lisura de la calzada. Este dispositivo se desplaza de manera oscilante y en sentido transversal al avance de la pavimentadora.



Figura 20. Vista del arrastre de arpillera constituida por tres o cuatro capas de tela de saco, cuya misión es eliminar las pequeñas marcas del fratás oscilante y obtener la microtextura de la superficie. El dispositivo sostiene picos regadores que mantienen la humedad en la arpillera.

Equipo de texturizado y curado

Este equipo viene inmediatamente detrás de la pavimentadora y su misión es proporcionar la macrotextura a la superficie (para mejorar la adherencia neumático - calzada) y realizar el curado. En Argentina no es usual proporcionar macrotextura al pavimento,

con lo cual este equipo realiza sólo la operación de curado.

El factor forma del producto de sellado debe seleccionarse en función de su tipo y características (vertido en frío o en caliente; siliconas, polisulfuros, poliuretanos). Debe tomarse la

precaución de que el material de sellado quede algunos milímetros por debajo de la superficie del pavimento para evitar que sea arrancado o desplazado por los vehículos en caso de aumento de temperatura que tienda a cerrar la junta. (Figura 21 a Figura 28).



Figura 21. Vista del dispositivo aplicador de membrana de polietileno, que se utiliza exclusivamente en el caso que comience una lluvia imprevista, con el fin de que el agua precipitada no dañe la superficie.



Figura 22. Vista desde el tren de curado de la superficie de la calzada terminada.



Figura 23. Vista del borde de la calzada terminada. Se observa que mantiene una perfecta verticalidad, lo que indica que se ha utilizado una consistencia adecuada en la mezcla. Un hormigón con un asentamiento menor al requerido, hubiera dificultado la correcta terminación superficial con la aparición de "nidos de abeja". En cambio, si el asentamiento hubiera sido superior al necesario, se hubieran producido caída de los bordes, lo que requeriría el encofrado de los mismos.



Figura 24. Terminada la jornada de trabajo, el equipo pavimentador debe ser completamente revisado y abastecido, para que quede en disposición de comenzar el trabajo el día siguiente.



Figura 25. Vista de los equipos de serrado (máquinas de corte con discos de diamante). Es indispensable contar con equipos en exceso para evitar problemas de fisuración no controlada en el caso de rotura de alguno de ellos.



Figura 26. Dispositivo guía para el serrado longitudinal, que evita la realización de replanteos topográficos y errores humanos.



Figura 27. Vista de una junta transversal de contracción serrada, que provoca un plano de debilitamiento que provoca la fisura en la secuencia deseada.

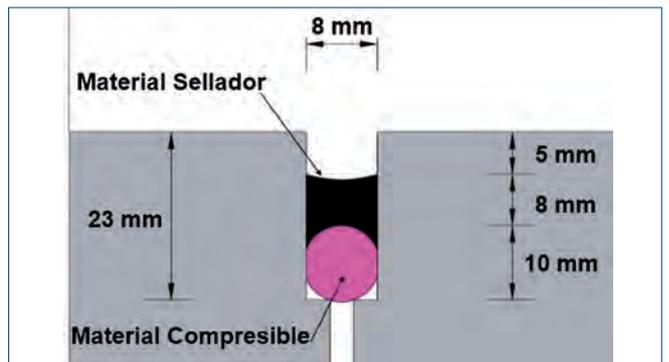


Figura 28. Esquema típico de una junta transversal de contracción, utilizando un sellador con material poliuretánico de aplicación en frío. La profundidad total de serrado oscila entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa. Realizado el serrado primario, debe realizarse el secundario (cajeo) con el objeto de permitir el correcto sellado de la junta. La función del obturador de fondo (material compresible) es la de impedir que el producto de sellado filtre por la junta.

4. Conclusiones

Las razones por las cuales en la actualidad resultan convenientes los pavimentos rígidos para vías de tránsito importante y elevado porcentaje de tránsito pesado, pueden resumirse de la siguiente manera:

a) Económicas: el aumento del precio internacional del petróleo y sus derivados ha llevado a un encarecimiento, a moneda constante, de

los paquetes estructurales asfálticos. El pavimento de hormigón ha ganado competitividad, a tal punto que en la actualidad su costo inicial de construcción resulta inferior al de un pavimento asfáltico.

b) Técnicas: la predisposición de la industria al desarrollo de cementos con cualidades específicas para su uso vial.

c) Tecnológicas: la introducción en el país de nuevas Tecnologías de Alto Rendimiento ha provocado un salto cualitativo notable en la calidad de los pavimentos rígidos, resultando actualmente posible construirlos confortables, seguros, en menor plazo y comparativamente más económicos.❖

La ingeniería de caminos, desde la construcción de carreteras hasta los enfoques sistémicos

Sandro Rocci
 Profesor Emérito
 Universidad Politécnica de Madrid

Debo a la amabilidad del Prof. Miguel Ángel del Val, de la UPM, que me haya señalado un documento redactado por mi buen amigo el Prof. Raffaele Mauro, un ingeniero napolitano que enseña en la prestigiosa Universidad de Trento (Italia). Este documento va a ser objeto de esta Nota de Lectura.

Desde mediados del siglo XIX hasta después de la Segunda Guerra Mundial, la Ingeniería de las carreteras ha sido sobre todo estructural. A partir de entonces ha ido perdiendo paulatinamente muchas de sus competencias históricas, a favor de la Geotecnia por un lado, y de las técnicas constructivas (sobre todo, de puentes y viaductos) por otro; adquiriendo a cambio otras más especializadas e innovadoras. Se produce entonces una reorientación, con contenidos y enfoques en todo originales respecto de su tradición; esto se estabiliza hacia los años 70 y perdura hasta nuestros días.

En los tiempos recientes, los elementos que caracterizan las construcciones viarias son:

- Un trazado geométrico y funcional del eje y de los nudos viarios.
- Las investigaciones teóricas y experimentales sobre el flujo vehicular, para valorar la capacidad y estimar la calidad de la circulación, además de establecer estrategias de gestión y control de las infraestructuras y los flujos.
- Los análisis de la seguridad viaria en fase de proyecto, y en las vías existentes para mejorarlas; y los de

la gestión de las vías, para reducir la siniestralidad.

- Las valoraciones técnicas y económicas de las inversiones viarias, como ayuda a la toma de decisiones.
- La atención a las relaciones entre infraestructura y entorno, especialmente en los últimos veinte años. Quedan, sin embargo, temas netamente constructivos:
 - La creciente mecanización y organización programada de las obras, que permiten llevar a cabo grandes explanaciones y construir en plazos reducidos dificultosas obras de paso.
 - La nueva construcción o la rehabilitación de los firmes.
 - La cada vez mayor atención dedicada a las características y al comportamiento de los materiales empleados en las explanaciones y en la superestructura de la vía. En este campo se han dedicado cuantiosos recursos a estudios teóricos y experimentales (como el ya muy lejano ensayo AASHO).
 - El estudio y la definición de métodos de dimensionamiento de los firmes, basados en los resultados de esos estudios experimentales y apoyándose en los criterios de la Mecánica de medios continuos y en los avances de las posibilidades de cálculo.
 Debido a la naturaleza de muchos de los problemas que surgen en los temas enumerados, desde hace unos veinte años ha resultado necesario

recurrir a instrumentos de análisis estadístico y probabilista ciertamente complejos (como ocurre, por ejemplo, con el análisis y la simulación "en tiempo real" de las corrientes de tráfico).

El autor repasa el contexto sistémico en el que se enmarcan algunos capítulos importantes de la Ingeniería de carreteras, apoyándose en una síntesis histórica.

El diseño

Diseñar una carretera o una red viaria consiste hoy en encajar un complejo conjunto de variables en unos esquemas conceptuales flexibles que permitan, desde las fases más tempranas de la concepción, valorar y comparar soluciones alternativas o parcialmente complementarias. El sistema que se ha de tener en cuenta para el diseño, o sobre el que se ha de actuar en las fases de control y gestión, tiene los tres clásicos componentes: hombre, vehículo, entorno.

Para dimensionarlos y relacionarlos en un conjunto funcionalmente organizado hoy se pueden, como alternativa, reconocer los siguientes elementos del sistema de transporte por carretera:

- Los componentes físicos fijos en el espacio, representados en la red viaria por tramos y nudos.
- Lo que circula: coches, vehículos pesados, etc.
- Los sistemas de control correspondientes a los propios vehículos (por ejemplo, dispositivos de conducción

manual o automática) o al flujo de tráfico (por ejemplo, señalización, balizamiento, semáforos).

A la Ingeniería de carreteras se reserva en exclusiva, aun cuando en conexión con otras disciplinas ingenieriles, el diseño de la vía en sus aspectos geométricos, con vistas a alcanzar unos niveles de servicio prefijados, o unos estándares de eficiencia y seguridad en la circulación.

El enfoque sistémico de los problemas geométricos y funcionales se remonta a los años 50. De él se derivan el dimensionamiento, la disposición y la coordinación de los elementos del trazado (curvas, rectas, acuerdos, rasantes), basados en el principio de que dichos elementos condicionan el comportamiento de los usuarios. Durante el desplazamiento de un vehículo aislado el trazado transmite (a través de mecanismos psicotécnicos) una serie de informaciones al conductor, que éste utiliza en un ciclo de retroalimentación de un sistema dinámico incierto, para modificar sucesivamente su conducción. El resultado de este proceso es la materialización finita de una función aleatoria, representada por la velocidad operativa en cada punto del trayecto, la cual debe quedar comprendida dentro de un intervalo de velocidad de proyecto que se considera asociado a la seguridad del desplazamiento.

Estas ideas se asientan entre los años 60 y 70 y, oportunamente reconducidas dentro de esquemas conceptuales y procedimientos simplificados, fundamentan las normas de trazado y, por ende, las normativas nacionales para el diseño de las carreteras: en Italia, las redactadas por el Consejo Nacional de Investigación en 1973, 1980 y 2002.

Resulta evidente la variabilidad natural, normalmente de carácter aleatorio, de los componentes del sistema y de las relaciones entre ellos: por lo que la mayor parte de los problemas debe ser tratada con los métodos estadísticos y cálculo de probabilidades. A los efectos de su aplicación, ante la dificultad de calcular con distribuciones

probabilísticas completas (por ejemplo, del comportamiento de los usuarios o de la interfaz entre ruedas y pavimento), resultan útiles las simplificaciones que consisten en adoptar unos oportunos valores de síntesis. En este sentido, desde hace algunas décadas los dimensionamientos que parten del valor medio de ciertas variables han tendido a ser sustituidos (y lo serán cada vez más) por percentiles oportunamente elegidos.

Comprobaciones funcionales

Es en este ámbito donde se ha realizado una síntesis mayor entre los resultados teóricos y los procedentes de la observación de sistemas en funcionamiento. En él se han utilizado y desarrollado criterios y modelos de Ingeniería de tráfico, en una original síntesis que hoy permite una valoración racional de la calidad de las condiciones operativas (condiciones de la circulación), tanto para los elementos de la vía como para las redes.

Las condiciones de la circulación por una infraestructura dependen de numerosos factores relacionados con los componentes del sistema de transporte por carretera:

- El tipo de vía.
- Su trazado.
- La frecuencia y el tipo de los nudos viarios.
- Los parámetros de la circulación: intensidad, velocidad, densidad.
- La composición del tráfico: coches, camiones, peatones, etc.
- El tipo de usuarios: habituales o no.
- Las circunstancias meteorológicas.

- Las condiciones de iluminación: de día, de noche, con o sin alumbrado.

A la vista de tantos factores, desde el primer momento pareció muy difícil (cuando no imposible, y en todo caso poco práctica) una caracterización cuantitativa de las condiciones de la circulación: por lo que desde un principio las investigaciones se orientaron hacia la identificación de un número reducido (de uno a tres) de parámetros particularmente significativos para proporcionar una representación sintética del estado del sistema, y permitir una fácil representación gráfica para su comprobación.

Evidentemente análoga ha sido la imposibilidad de considerar los mismos parámetros para todas las infraestructuras (o partes de éstas), habida cuenta de las muy distintas modalidades en las que se puede llevar a cabo la circulación: concretamente en flujo continuo (como en las autopistas lejos de cualquier área de peaje) o discontinuo (como en las intersecciones).

A partir de estos supuestos, desde los años 50 se desarrollaron y perfeccionaron en los EE.UU. unos métodos de análisis específicos para resolver problemas concretos relacionados con la comprobación funcional de las infraestructuras viarias. A partir de los estudios de capacidad en los que se basó el primer Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, *Highway Capacity Manual*) de 1955, se pasó a la edición de 1965, en la que se sintetizaron muchos datos experimentales y análisis teóricos que permitieron comprender mejor los fenómenos del tráfico; y sobre todo, se introdujo la fundamental noción de

Tipo de vía o de nudo	Parámetro significativo
Autopista o autovía	Densidad
Carreteras convencionales interurbanas multicarril	Densidad
Carreteras convencionales interurbanas de dos carriles	Proporción de tiempo de seguimiento
Vías urbanas	Velocidad media
Intersecciones reguladas por semáforos	Demora media
Intersecciones no reguladas por semáforos	Reserva de capacidad

nivel de servicio: una medida cualitativa de las condiciones de la circulación y de su percepción por los usuarios.

En sucesivas ediciones del HCM (1985, 1991, 1998, 2000, 2010) se han recogido los resultados de muy numerosos estudios experimentales sobre la circulación de vehículos, poniendo al día los procedimientos de cálculo y vinculando el nivel de servicio a parámetros cada vez más directamente relacionados con las condiciones del tráfico. Las ediciones más recientes resultan especialmente voluminosas y, para ciertos temas como las intersecciones (semaforizadas o no), también excesivamente detalladas: de manera que se requiere, para los cálculos de comprobación, el empleo de aplicaciones informáticas especializadas.

La difusión del HCM entre los técnicos de carreteras ha sido enorme, y no hay país que no se refiera a él adoptando totalmente sus procedimientos o adecuándolos a la realidad nacional, como Suecia, Alemania y en parte Polonia. En paralelo a la labor del *Transportation Research Board* estadounidense, que ha preparado las sucesivas ediciones del HCM, y a las actividades del *Transportation and Road Research Laboratory* del Reino Unido, el cual ha contribuido con amplias experimentaciones a la comprobación de la correspondencia entre modelos teóricos y situaciones investigadas, numerosos investigadores de diversos países se han visto implicados en un igualmente notable esfuerzo teórico, a menudo sustentado por estudios experimentales, para establecer criterios cuantitativos más rigurosos y eficaces que los incluidos en el HCM.

Así, en las dos últimas décadas se ha intentado¹ el estudio de los niveles de servicio a partir del análisis de procesos puntuales de tráfico, recurriendo a la teoría de los procesos aleatorios, a técnicas estadísticas para su identificación, calibración y validación, y a la estadística multivariable.

En todo caso, hay que destacar que el HCM sigue siendo hoy para el técnico un instrumento de insusti-

tuible utilidad (a veces el único para resolver racionalmente problemas concretos) en los análisis relacionados con las condiciones operativas de las infraestructuras viarias; y que su interés no sólo es de orden práctico sino también científico, por los resultados de las investigaciones que contiene acerca del fenómeno de la circulación.

Para el estudio de las condiciones operativas de las intersecciones también se han desarrollado en la última década unos criterios alternativos a los del HCM. Se basan en técnicas de micro-simulación², o bien directamente en los métodos de la teoría de sistemas³. A este último planteamiento subyace la opinión de que una intersección, del tipo que sea, puede ser considerada como un sistema dinámico: un objeto, dispositivo o fenómeno cuya evolución temporal se manifiesta por medio de la variación de un cierto número de atributos mensurables. Estos últimos están representados, en el caso de una intersección, por volúmenes de tráfico, por longitud de las colas, por demoras para entrar, por tiempos de permanencia en el sistema, etc.

Control

Las primeras aplicaciones del control en la Ingeniería de carreteras se refirieron a la semaforización de las intersecciones. Sin contar las primeras (Londres 1868), con rudimentarios aparatos manuales destinados a disciplinar peatones y vehículos de tracción animal, los primeros equipos accionados por el tráfico se remontan a 1930; y a los años 50, y en el sentido que prevalece aún hoy, los estudios sistémicos para dimensionar los ciclos.

En la difusión y perfeccionamiento de las aplicaciones para el control viario han desempeñado un papel predominante los progresos de las tecnologías informáticas y de telecomunicación. Pero hay que destacar que muchos de los notables resultados hoy alcanzados no se pueden considerar como meras aplicaciones, más o menos complejas, de la Teoría

de sistemas y controles automáticos a las infraestructuras viarias; sino más bien como el núcleo de un nuevo, específico y prometedor campo de la Ingeniería de carreteras, que se distingue por la originalidad de los enfoques y de los problemas. Un tema tan amplio⁴ que sólo puede ser esbozado en esta Nota de Lectura.

Se enumeran a continuación algunas áreas de análisis y aplicación de los procedimientos de control de vías de gran capacidad, todas ellas con la finalidad de limitar los efectos de la congestión (sobrevvenida, por ejemplo, por exceso de demanda, por incidentes, por condiciones meteorológicas adversas, por obras, etc.) y, por lo tanto, de utilizar óptimamente una infraestructura o red viaria:

- La regulación de la entrada a una autopista o autovía (*ramp metering*): a partir de los años 60 en los EE.UU. Entre las aplicaciones europeas más destacadas figura el sistema implantado en los años 90 en el *Boulevard Péripherique* de París⁵.
- Las estrategias de control de la velocidad operativa a partir de la medición de las características del flujo (o con información a los usuarios por medio de paneles de mensaje variable⁶) para prevenir fenómenos de inestabilidad⁷, que perjudican mucho la explotación, porque reducen notablemente la eficiencia de los carriles, por disminución de la capacidad y aumento del número de incidentes. En estos razonamientos se basó el sistema utilizado, por ejemplo, en la autopista alemana A43 entre Bochum y Recklinghausen (1992).

¹ Ferrari y otros; Brilon y otros.

² Tracz y otros.

³ Esposito, Mauro y otros.

⁴ Cf. Concise Encyclopedia of Traffic and Transportation Systems, Pergamon Press, Oxford 1991.

⁵ Papageorgiou y otros.

⁶ Smulder 1990.

⁷ Kremer y Fleischmann 1987; Ferrari 1991.

- El control y la previsión de la evolución de la demanda al poner en servicio (o retirar de él) el arcén (como un carril dinámico), y de los efectos de esto en el sistema⁸. En este tema se señala la experimentación realizada en el tramo Trento – Rovereto Sur de la Autostrada del Brennero, con estrategias de control basadas en modelos avanzados de previsión e interpretación de los flujos⁹.
- A partir de los años 90, la gestión de carriles reversibles o reservados a vehículos de alta ocupación, en vías de gran capacidad en las que la demanda se invierte entre la hora punta de la mañana y la de la tarde. Puede resultar interesante potenciar la capacidad, en el sentido de la punta, al afectar a ésta uno o más carriles reversibles que estarían destinados al tráfico opuesto, o al destinar esos carriles sólo a los vehículos de alta ocupación (2 ó 3 ocupantes)¹⁰.
- Procedimientos de desvío de los flujos congestionados hacia elementos de la red viaria contiguos a una autopista: se recuerdan a estos efectos las experiencias francesas de la última década.

Sólo con estos pocos rasgos resulta evidente que la puesta a punto de unas estrategias idóneas de control de las infraestructuras viarias representa actualmente uno de los capítulos más importantes de la Ingeniería de carreteras, cuyo desarrollo llevará sin duda a una sustancial modificación de las modalidades de funcionamiento del sistema de transporte por carretera (y especialmente por autopista).

Seguridad viaria

La siniestralidad del tráfico es un tema complejo y difícilmente reducible a una modelización. De hecho, en la ocurrencia de un siniestro concurre habitualmente un conjunto de factores que es muy difícil de desagregar.

Además, un siniestro representa en cualquier caso un suceso aleatorio y poco frecuente, rara vez observable dentro de un estudio experimental.

Por otro lado, la reducción de la siniestralidad requiere precisamente que se identifiquen, siquiera simplificada-mente, las causas que pueden estar ligadas a ella.

Por lo tanto, es natural que desde hace algunas décadas, muchísimos investigadores hayan atacado este problema, dando lugar a innumerables estudios teóricos y experimentales, llevados a cabo con métodos, técnicas y objetivos diferentes. Lamentablemente, a veces estos criterios y modelos proporcionan unos resultados no comparables, e incluso contradictorios.

Se pueden citar, como ejemplo, estudios que tienden a analizar la influencia de un solo factor, y otros que (teniendo en cuenta el punto de vista de la Administración) ponen énfasis en la necesidad de intervenir sobre todos los factores de riesgo.

Lo expuesto pone de manifiesto la amplitud del problema, y la dificultad de un enfoque racional y eficaz. Aquí hay que llamar la atención sobre un filón de investigaciones que lleva activo una década, basado en técnicas estadísticas avanzadas del tipo bayesiano empírico¹¹. En cualquier caso, hay que destacar que el problema de la definición cuantitativa de la seguridad viaria, con vistas a un diseño racional de las actuaciones y de una valoración de su eficacia, dista mucho de haber alcanzado unos resultados de utilidad ingenieril comprobada.

Algunas conclusiones

De este repaso del desarrollo temporal de algunos aspectos, actualmente destacados, de la Ingeniería de carreteras, se deduce la importancia de los problemas evocados para la Sociedad, y la originalidad de los procesos de reestructuración temática, cada vez más separados de las líneas tradicionales.

A ello ha contribuido la necesidad, por la complejidad de los temas, de situar los criterios para resolverlos dentro de un amplio conjunto de conexiones y relaciones con otras disciplinas de la Ingeniería, por medio de una

racionalización del proceso de análisis (y, en su caso, de diseño), la cual prevé en general:

- La formulación de soluciones alternativas.
- La construcción de un modelo (o conjunto de ellos) con fines de descripción o de previsión.
- Un procedimiento para validar los resultados obtenidos, implementando procedimientos analíticos y comparativos para elegir entre las distintas acciones.

Por lo tanto, el enfoque sistémico no sólo se refiere a situar los casos analizados dentro de un esquema general o particular, sino también al proceso lógico y operativo con el que se plantean y resuelven los problemas a los que hay que enfrentarse. El proceso brevemente esbozado es de una naturaleza muy especializada. Se parece a otros procesos que se han aplicado, con una creciente aceleración, a las actividades intelectuales, especialmente las científicas y técnicas, así como a los fenómenos productivos y económicos, caracterizados por la interacción con una realidad cada vez más articulada y dinámicamente inestable.

Para muchos temas, esta tendencia se puede reconducir hacia las formas actuales de la división social del trabajo, en las cuales la hiperespecialización y el manejo de conocimientos cada vez más numerosos y complejos originan relaciones no unívocas de causa y de efecto. También actúa sobre la configuración y la actuación de la Ingeniería civil, con consecuencias prácticas inmediatas y profundas, no exentas de aspectos contradictorios.

En este contexto la Ingeniería de carreteras, por el papel que desempeña en la dinámica social y económica, muestra con mayor evidencia que otros sectores de la Ingeniería su naturaleza de disciplina compleja, sensible a la actual coyuntura. ❖

⁸ Mauro y otros, 2004-2005.

⁹ Bonfioli, Mauro y otros, 2004-2005.

¹⁰ Madrid, S. Rocci.

¹¹ Hauer, Persaud y otros.

D. Juan Francisco Lazcano, nombrado presidente de la Asociación Española de la Carretera

El nuevo presidente de la AEC tiene como líneas de trabajo para los años de su mandato *“el acercamiento a la Administración Pública, perseverar en el desarrollo sostenible de las infraestructuras viarias, apoyar y potenciar la I+D+i en carreteras e insistir, de manera firme y decidida, en la necesidad de conservar adecuadamente el patrimonio viario”*.

AEC / Madrid.

Juan Francisco Lazcano Acedo (Madrid, 1945) es el nuevo presidente de la Asociación Española de la Carretera (AEC), desde que el pasado 27 de marzo de 2014 fuera elegido por el Consejo Directivo de la institución, para los próximos dos años, fecha en que se celebrarán los comicios de renovación del Consejo. La candidatura de Juan Francisco Lazcano recibió el apoyo unánime del Consejo Directivo de la AEC.

Culmina así el proceso que se iniciaba el pasado 20 de febrero con la renuncia de Miguel M^a Muñoz Medina a la presidencia de la institución, en el ecuador de la actual legislatura y debido a razones personales.

Línea de trabajo

De esta forma, compagina este cargo con la presidencia de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y de la Fundación Laboral de la Construcción. Asimismo, Juan Francisco Lazcano es vicepresidente de la Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE).

Tras su nombramiento, Juan Francisco Lazcano se dirigió al Consejo para agradecerle el apoyo obtenido y comentar su línea de trabajo como presidente de la AEC: *“El acercamiento a la Administración Pública, perseverar en el desarrollo sostenible de las infraestructuras viarias, apoyar y potenciar la I+D+i en carreteras e insistir, de manera firme y decidida, en la necesidad de conservar adecuadamente el patrimonio viario”*.



D. Juan Francisco Lazcano.

Una trayectoria ligada a las carreteras

El ejercicio profesional de este ingeniero de caminos, canales y puertos está unido a las infraestructuras viarias: entre 1996 y 2000 ocupó el puesto de director general de Carreteras del Ministerio de Fomento, tras su paso por la Subdirección General de Construcción, Conservación y Explotación del Ministerio, donde desarrolló su labor durante once años.

Asimismo, el nuevo presidente de la Asociación Española de la Carretera

ha ocupado diversos cargos en el seno de la entidad, el último, el de vicepresidente Primero.

Además, ha recibido numerosas condecoraciones y distinciones, como la Encomienda del Mérito Civil, la Medalla de Plata de Galicia y la Medalla de Honor del Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos.

Cuenta, además, con la Medalla de Oro de la Asociación Española de la Carretera. ❖



IDEAS QUE
ILUMINAN
UN NUEVO
CAMINO

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos entrega las Medallas de Honor y al Mérito Profesional

El acto de entrega de las Medallas de Honor y las Medallas al Mérito Profesional que celebra anualmente el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos contó con la presencia de la ministra de Fomento, Ana Pastor, y del secretario de Estado de Infraestructuras, Rafael Catalá. Este año, entre los galardonados con la Medalla de Honor se encontraba Manuel Niño, secretario general de Infraestructuras y el tesorero de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), Pedro Gómez.



Los galardonados con las Medallas de Honor y las Medallas al Mérito Profesional posan junto a la ministra de Fomento, D.ª Ana Pastor, el secretario de Estado de Infraestructuras, D. Rafael Catalá y el presidente, vicepresidente, secretario general y vocales de la Junta Directiva del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

La Redacción/Madrid
Fotografía: M^a José Sánchez

El Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (CICCP) hizo entrega de las Medallas de Honor y las Medallas al Mérito Profesional el pasado 5 de junio de 2014, con la presencia de la ministra de Fomento, Ana Pastor, y el secretario de Estado de Infraestructuras, Rafael Catalá. La institución colegial reconoce así la trayectoria profesional de los ingenieros de caminos que han destacado de forma más relevante en el ejercicio de esta profesión.

El presidente del Colegio, Juan Antonio Santamera, dio la bienvenida a los asistentes, presentó el acto y definió a los galardonados con las Medallas como "la mejor manifestación del orgullo que sentimos todos nosotros por los ambiciosos objetivos que habéis alcanzado". Asimismo,

sobre la profesión de ingeniero de caminos afirmó: "Nuestra seña de identidad, nuestros valores están marcados por el esfuerzo y la dedicación, por el conocimiento y la capacidad indomable para superar las situaciones más complejas". A continuación, el secretario general del Colegio, José Javier Díez Roncero, comentó que este evento que celebraba el Colegio se lleva realizando desde 1934.

Tras la presentación de estos premios, el secretario general del Colegio, nombró a los galardonados con la Medalla de Honor, que este año son:

- Manuel Niño, secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento.
- José Llorca, presidente de Puertos del Estado.

- José Andrés Fernández Durán, presidente de Gespensión y Gestifonsa, del Grupo Banco Caminos.
- Antonio Gens Solé, catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- Pedro Daniel Gómez, presidente de Getinsa, además de Socio de Honor y Tesorero de la Asociación Técnica de Carreteras.

Una vez que la Junta de Gobierno, encabezada por su presidente, José Antonio Santamera, entregara estas Medallas, Manuel Niño dirigió unas palabras en nombre de todos los galardonados con esta distinción. En primer lugar, destacó el carácter internacional de la labor de los profesionales condecorados: "Todos nosotros hemos exportado la ingeniería española más allá de nuestras



D. Pedro Gómez recibe la Medalla de Honor de manos del presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Juan Antonio Santamera.



La ministra de Fomento, D.ª Ana Pastor, y el secretario de Estado de Infraestructuras, D. Rafael Catalá, entregan la Medalla de Honor a D. Manuel Niño, secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento.

fronteras y nos sentimos verdaderamente orgullosos de ello” y añadió: “Tenemos un elevado nivel de nuestras infraestructuras desarrolladas durante los últimos 30 años, y podemos decir que nuestras empresas son líderes en el campo de las infraestructuras y las concesiones, pues 7 de las 10 empresas concesionarias del mundo son españolas”.

Asimismo, dada la situación económica de crisis, quiso transmitir un mensaje de optimismo a todos los que no tienen trabajo y, en especial, a los ingenieros más jóvenes: “Debemos luchar junto con el Colegio y las administraciones para que la situación de crisis de los últimos años se convierta en una oportunidad de desarrollo para los ingenieros de caminos. Por eso, es importante, que apoyemos el Plan de choque de empleo puesto en marcha desde nuestro Colegio”. De esta forma, recordó el impulso que desde el Ministerio de Fomento se está dando al sector: “Confío en que la exportación de la ingeniería, junto con el impulso a la inversión pública que ya se está dando desde el Ministerio de Fomento, el Ministerio de Agricultura y también desde las administraciones públicas, contribuyan en breve plazo a la consecución del pleno empleo en nuestra profesión”.

Por otra parte, el secretario general de infraestructuras del Ministerio de Fomento dedicó unas palabras a los que habían sido condecorados como él con la Medalla de Honor. Sobre Pedro Gómez comentó que desempeña

su actividad en el mundo de la ingeniería consultora, extendiéndola a lo largo del mundo, habiendo ocupado puestos directivos en diversas asociaciones y actualmente, como presidente de FIDEX (Foro para la Ingeniería de Excelencia).

Medalla al Mérito Profesional

Tras las palabras de Manuel Niño, se otorgaron las Medallas al Mérito Profesional 2014 a:

- Antonio José Alcaraz Calvo.
- Eduardo Arana Moreno.
- Justo Borrajo Sebastián.
- Juan Fornés Domenech.
- Tomás García Madrid.
- Jesús Jiménez Cañas.
- Rosario Martínez Vázquez de Parga.
- Fernando Moreno García.
- Antonio Nevot Pérez.
- Enrique Prá Martínez.
- José Prades García.
- Florentino Regalado Tesoro.
- José Ramón Rodríguez García.
- Antonio Ruiz Requena.

Tomás García habló en representación de los premiados con la Medalla al Mérito Profesional, que se entregan desde 1992 como apuntó, y dijo que la distinción recibida es “un honor y una satisfacción enorme, pero a la vez una grandísima responsabilidad, ya que a partir de hoy, nuestro compromiso con la profesión, con la sociedad y con la excelencia debe ser aún mayor”. También comentó que la profesión de ingeniero

de caminos ha dado personajes destacados a la historia de España, desde presidentes de Gobierno y ministros hasta presidentes de importantes empresas, intelectuales de prestigio y el Premio Nobel, José de Echegaray.

Clausura del evento

La ministra de Fomento, Ana Pastor, cerró este acto dedicando también unas palabras a la profesión de ingeniero de caminos y a estas distinciones que otorga el Colegio y de las que dijo que premian el talento, pero también la constancia y la dedicación.

En su intervención, la ministra destacó “el trabajo que está realizando el Colegio por continuar dignificando la profesión”. Además felicitó a los galardonados por los premios recibidos porque, según sus palabras, “son un reconocimiento a vuestra labor y a vuestra trayectoria”. “Gracias a vosotros, salir fuera con nuestra bandera es un orgullo”, señaló. Según palabras de la ministra, España es hoy un referente mundial en ingeniería civil.

Por último, Ana Pastor felicitó a todos los galardonados: “Son ustedes un orgullo para mí y para todos nosotros”, afirmó y a continuación comentó aspectos destacados de la carrera profesional de alguno de ellos, como Manuel Niño. Con respecto a su trayectoria, destacó el servicio al interés público, su papel relevante a nivel internacional y sus aportaciones en todos los modos de transporte. ❖

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 español de la
asociación mundial de carreteras



X Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación

ACEX premia al director general de Carreteras del Ministerio de Fomento

Dos proyectos innovadores relacionados con la seguridad en nuestras carreteras, ganan la X edición de los premio ACEX



D. Julián González Cid, subdirector general de Coordinación y Gestión Administrativa; D. Carlos Bartolomé Marín, director del Gabinete; D. José Córdón Perogil, subdirector general de Construcción; D. Jorge Urrecho Corrales, director general de Carreteras, D. Manuel Niño González, secretario general de Infraestructuras, D.ª M.ª Carmen Sánchez Sanz, subdirectora general de Conservación; D. José Luis Elvira Muñoz y D. Eladio Lanzas Merino, jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid. Todos ellos pertenecientes al Ministerio de Fomento.

La Redacción/Madrid

Fotografía: María José Sánchez

Tecnología aplicada a la seguridad vial. Esa es la clave de los proyectos galardonados en esta décima edición del Premio Nacional ACEX, que se celebró en Madrid, en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Manuel Niño, secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, quien, además de entregar la Mención Honorífica Luis Antona, se encargó de clausurar el acto y ha aprovechado la ocasión para recordar que el objetivo del Ministerio de Fomento es mantener la conservación como línea estratégica y prioritaria de su gestión.

Jorge Urrecho Corrales, director general de Carreteras del Ministerio de Fomento, recibió esta Mención Honorífica por avanzar en el desarrollo y adecuación a las nuevas necesidades del modelo de conservación de las carreteras del Ministerio de Fomento, referente para el sector viario nacional e internacional, asegurando la gestión sistemática del servicio a los usuarios y el mantenimiento de su valor patrimonial; y por fomentar e implantar, a lo largo de estos dos últimos años, las auditorías de seguridad viaria de las carreteras, impulso que redundará en una disminución de los índices de accidentalidad y mortalidad y en la

mejora de su conservación, mantenimiento y explotación.

En sus palabras de agradecimiento Jorge Urrecho quiso compartir con sus colaboradores este premio, a quienes también hizo merecedores de este reconocimiento.

En su intervención, manifestó que no comparte algunos estudios sobre el estado de las redes viarias que generan alarma en la sociedad y que dificultan un debate, ya de por sí complejo, sobre las necesidades de conservación. Además, defendió con convicción la gestión realizada en la red de carreteras estatal, expresando su satisfacción porque la misma

Categoría General

Proyecto Simulador de máquina quitanieves



D. Pablo Argüello, como representante de la empresa Simulador Vialidad Invernal, S.L. Entrega el premio D. Juan Francisco Lazcano.

Categoría Asociados. Premio Jesús Valdecantos

Proyecto i - SAFE



D. Rubén Jover, en representación de Valoriza Conservación de Infraestructuras, S.A.U. Entrega el premio D. Manuel García.

sea valorada y reconocida desde una posición externa al ministerio. Señaló su convencimiento de que la conservación tiene un futuro halagüeño por ser imprescindible para el país y los usuarios de las carreteras, destacando, finalmente, la alta profesionalidad y tecnificación del sector de la conservación de nuestro país.

Acompañaron al secretario general de Infraestructuras en la mesa presidencial el presidente de ACEX, Manuel García Gutiérrez, la directora general de Tráfico, María Seguí Gómez, el presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Juan A. Santamera Sánchez, el presidente de la Confederación Nacional de la Construcción, Juan Francisco Lazcano Acedo, la directora del Centro Nacional de Nuevas Tecnologías del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Olga Fernández Martínez y la presidenta del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles, Paloma Gázquez Collado.

El maestro de ceremonias fue, como en anteriores ediciones, el periodista y escritor, Fernando Ónega.

A esta décima edición se presentaron trece candidaturas innovadoras, ocho en la Categoría General y

cinco en la Categoría Asociados, que destacan por su contribución a la mejora de la seguridad y su carácter sostenible.

Desde este año, la Categoría Asociados pasa a llamarse "Categoría Asociados. Premio Jesús Valdecantos", como homenaje a este

**Manuel Niño,
secretario general
de Infraestructuras
del Ministerio de
Fomento y María
Seguí, directora
general de Tráfico,
entregaron la
Mención Honorífica
Luis Antona de la
Junta Directiva de
ACEX 2014 a Jorge
Urrecho Corrales,
director general
de Carreteras
del Ministerio de
Fomento**

destacado empresario del sector de la conservación, pionero en esta actividad, fallecido a finales de 2013.

Además, como novedad, coincidiendo con la décima edición del Premio Nacional ACEX, se hizo un reconocimiento especial a cinco empresas: Audeca, BPG Coordinadores, Collosa, InfoNorte y Valoriza Conservación de Infraestructuras, que han participado con innovadores proyectos desde la primera edición del premio, y a quienes el jurado de expertos quiso reconocer su contribución a la cultura de la seguridad laboral y vial en los trabajos de conservación y explotación de infraestructuras, y el fomento de una actitud positiva y proactiva que promueva esta seguridad.

El Premio Nacional ACEX constituye un evento de referencia en el sector de la conservación, que cuenta con una enorme acogida entre sus profesionales y una considerable repercusión mediática dentro del sector. Según el director gerente de ACEX, Pablo Sáez Villar, estos premios "son un reconocimiento anual por los méritos y esfuerzos de todos aquellos trabajadores, empresas y administración, que vienen desarrollando actividades con destacadas consecuencias positivas".❖

XIV Congreso Español de Sistemas Inteligentes de Transporte



De izqda. a dcha.: D. Ángel Guerra (presidente del Comité Industrial de ITS España), D. Federico Fernández (subdirector general de Tráfico y Movilidad de la DGT), D. Pablo Cavero (consejero de Transportes, Infraestructura y Vivienda de la Comunidad de Madrid), D. Jorge Urrecho (director general de Carreteras, Ministerio de Fomento), D. Diego Sanjuanbenito (delegado del Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad, Ayuntamiento de Madrid) y D. Julio García (presidente ITS España) inauguran el XIV Congreso Español de Sistemas Inteligentes de Transporte.

Del pasado día 6 al 8 de mayo de 2014 tuvo lugar en Madrid el XIV Congreso Español de Sistemas Inteligentes de Transporte en el Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Durante cuatro días, los ponentes, procedentes tanto de la Administración pública como de la empresa privada y de la investigación, participaron en sesiones en las que trataron las distintas aplicaciones de los Sistemas Inteligentes de Transporte, más conocidos por su nomenclatura en inglés ITS (*Intelligent Transportation Systems*). Así, los peajes sin barreras, el pago por uso en España y las aplicaciones de los ITS en la Infraestructura, la Seguridad Vial, el Tráfico Interurbano y las *Smart Cities*, fueron algunos de los temas que protagonizaron el Congreso.

La Redacción/Madrid

Fotografía: M^a José Sánchez

La XIV edición del Congreso Español de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) se celebró en Madrid en el Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos del 6 al 8 de mayo de 2014 y durante esos días se trataron distintas aplicaciones de los ITS. El Congreso estuvo inaugurado por Julio García Ramón (presidente ITS España), Ángel Guerra Zalabardo (presidente del Comité Industrial de ITS España), Federico Fernández (subdirector general de Tráfico y Movilidad de la Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior), Diego Sanjuanbenito Bonal (delegado del Área de Gobierno de Medio Ambiente

y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid), Jorge Urrecho Corrales (director general de Carreteras del Ministerio de Fomento) y Pablo Cavero Martínez de Campos (consejero de Transportes, Infraestructura y Vivienda de la Comunidad de Madrid).

El presidente de ITS destacó en la introducción el papel de las nuevas tecnologías y su aplicación en aspectos como la seguridad vial, el tráfico interurbano, el tráfico urbano, los sistemas cooperativos, el transporte público, el peaje, el automóvil y sus sistemas de seguridad y destacó la aplicación de las nuevas tecnologías al sector de la información y a la obtención de

datos. Ángel Guerra hizo referencia a la trayectoria que tiene ya España en este ámbito, pues, en su opinión, hay empresas que llevan más de 20 años aplicando el concepto *smart city* al sistema de transporte. Asimismo, alertó de los efectos que puede producir un parón en las inversiones en seguridad vial, por ejemplo, donde se han producido tantos logros en los últimos años, además de citar el riesgo que implica la tecnología, que hace que lo que suponían ciertos avances hace algunos años se vayan quedando obsoletos.

Por su parte, Diego Sanjuanbenito explicó cómo en la ciudad de Madrid se está trabajando en un proceso



D. Jaime Huerta presentando los Premios ITS.

continuo de modernización, en el que la ampliación del acceso gratuito a internet en un mayor número de paradas y la posibilidad del pago del transporte a través del teléfono móvil sea una realidad. Asimismo, anunció que a partir de julio se aplicará el nuevo S.E.R (Servicio de Estacionamiento Regulado) con una nueva tarificación, que tiene entre sus novedades un precio mayor para aquellos vehículos más contaminantes.

A continuación, intervino Jorge Urrecho Corrales que hizo referencia a un documento aprobado recientemente este año que demuestra, como afirmó, la firme voluntad de aprobar el despliegue de los ITS en las carreteras del Estado y que se convierte en un texto pionero en nuestro país, con recomendaciones y requisitos sobre ITS en los estudios informativos, anteproyectos y proyectos de construcción de la red estatal de carreteras y su aplicación en toda la red. A esto añadió que la necesidad venía impuesta porque muchas veces los ITS se han implantado cuando la vía ya estaba en servicio, considerándose más eficaz que su implantación sea *a priori*, ya desde la fase de estudio y proyecto de las carreteras, para que esta clase de sistemas se incorpore como un elemento más a tener en cuenta.

Aparte, el director general de Carreteras explicó a RUTAS cómo se están adaptando actualmente las infraestructuras a los Sistemas Inteligentes

de Transporte: *“Tenemos Sistemas Inteligentes a la hora de gestionar todos los túneles, la conservación y la vialidad invernal y para optimizar todo el sistema de telepeaje. Estamos dentro del proyecto de la UE para que ese telepeaje sea único y se pueda utilizar en toda Europa”*.

Para cerrar la inauguración del Congreso, Pablo Cavero, consejero de Transportes, Infraestructuras y Vivienda de la Comunidad de Madrid, explicó también la importancia de los ITS en esta región, en concreto, para la ampliación del metro.

Las aplicaciones de los ITS

Tras la inauguración del Congreso y la introducción de los temas que se iban a abordar, comenzaron las distintas sesiones en que se desarrolló el Congreso. La primera de ellas fue *Peajes sin barreras en España y en el Mundo*, presidida por Bruno de la Fuente Bitaine, director de Concesiones de SEOPAN (Asociación Española de Empresas Constructoras de Ámbito Nacional) y en ella, los temas giraron en torno a distintos proyectos de peaje *free flow*. La segunda sesión, *ITS en la Infraestructura*, estuvo presidida por Fuencisla Sancho Gómez (subdirectora general de Estudios y Proyectos de la Dirección General de Carreteras, del Ministerio de Fomento).

La siguiente sesión estuvo protagonizada por el pago por uso en España y presidida por el presidente de ITS España, Julio García Ramón, mientras que la cuarta se desarrolló bajo el nombre: *ITS para la Seguridad Vial*, y en ella se comentaron casos en los que las aplicaciones de ITS han conseguido una mejora en la seguridad vial. En la quinta sesión, *Fusión de Datos de Tráfico*, la empresa TomTom Licensing explicó las últimas novedades que se han llevado a cabo en los datos que proporciona, como la detección automática de carreteras cortadas, el tráfico predictivo o los avisos sobre congestiones. A continuación, fue el turno de los *ITS en las Smart Cities*, en la sexta sesión, en la que se explicó cómo el Ayuntamiento de Bilbao centraliza en la Sala de Control de Tráfico la

gestión de la movilidad de la ciudad y la información sobre el tráfico en el ámbito urbano, que el usuario conoce actualmente gracias a las aplicaciones en los dispositivos móviles.

La siguiente sesión: *ITS en el Tráfico Interurbano*, bajo la presidencia de Federico Fernández, subdirector general de Tráfico y Movilidad de la DGT, Ministerio del Interior, abordó temas como la creación de un método para el análisis de retenciones en los ámbitos de influencia de los movimientos de agitación en las ciudades, desarrollado por la DGT y la empresa CPS Ingenieros. La octava sesión, presidida también por Federico Fernández, trató sobre los Sistemas Cooperativos en la Infraestructura, es decir, en aquellas tecnologías donde intervienen distintos actores relacionados con el transporte. El concejal Delegado de Circulación y Transportes del Ayuntamiento de Valencia, Alberto Mendoza Seguí, presidió la novena sesión, *ITS para Gestión de la Movilidad*. Una de las comunicaciones libres que formaron parte de ella se dedicó a la obra de los nuevos accesos a Bilbao por San Mamés, que llevó a cabo la Diputación Foral de Bizkaia, en la que el ayuntamiento ha implementado la creación de un mecanismo para la coordinación de las actuaciones de gestión y explotación de la movilidad. El Congreso ITS finalizó con las sesiones *ITS en el Transporte Público* e *ITS en el Vehículo*

Para finalizar este evento, tuvo lugar la entrega de los premios que otorga esta asociación. Este año, los premiados fueron: el Plan de Movilidad del Ayuntamiento de Barcelona, la autopista Eje Aeropuerto, de OHL Concesiones; el Ayuntamiento de Madrid, por la aplicación para el pago con el móvil del aparcamiento en superficie; Gregorio Haro Javaloyes (EIGE, Generalitat Valenciana), que recibió el ITS en el Transporte Público; la empresa Octo Telematics, premiada con el ITS en el Automóvil, y por último, el Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos de la Universidad de Zaragoza, en la categoría de Transporte de Mercancías. ❖

Jornada Técnica “El aporte de la conservación a la seguridad en la carretera” Zaragoza, 29 de abril de 2014

El binomio conservación y seguridad

Un total de 150 expertos debatieron en Zaragoza el aporte de la conservación a la seguridad vial

Se ha comentado en diversas ocasiones, de forma muy acertada a nuestro entender, la intrínseca relación existente entre la conservación y la seguridad en la carretera.

Sin duda, las diversas operaciones de conservación ordinaria que se realizan diariamente aportan una mejora continua de las condiciones de circulación de los usuarios en las carreteras.

Esta interesante relación entre la conservación y la seguridad vial se dio a conocer en detalle a lo largo de la Jornada Técnica “El aporte de la conservación a la seguridad en la carretera”, que tuvo lugar en Zaragoza, durante la mañana del 29 de abril. La capital aragonesa acogió a 150 expertos del sector procedentes de administraciones públicas y empresas de primera fila en el campo de la conservación y la seguridad vial. Este encuentro estuvo organizado por la Asociación de

Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX).

La presidencia del acto inaugural corrió a cargo de Miguel Ángel Arminio Pérez, director general de Carreteras de la DGA. Junto a él estuvo Carmen Sánchez Sanz, subdirectora general de Conservación del Ministerio de Fomento; Federico Fernández Alonso, subdirector general de Gestión de Tráfico y Movilidad de la Dirección General de Tráfico y Manuel García Gutiérrez, presidente de ACEX.

Desarrollo de la jornada

Los coordinadores del encuentro, José María Tardós Solano, jefe del Servicio de Planeamiento, Inversión y Concesiones y Pablo Sáez Villar, director gerente de ACEX, organizaron el contenido de una forma dinámica y heterogénea, que se articuló en torno a ocho conferencias.

En un primer bloque dedicado a las diversas administraciones que tienen responsabilidad sobre las carreteras se abordó, en primer lugar, una exposición del Plan Integral de Seguridad Vial de Aragón en lo relativo a actuaciones viarias. Se complementó este planteamiento regional con el aporte que en el ámbito del Ministerio de Fomento se hace de la transposición de la directiva europea de Seguridad Vial. Por último, este bloque abordó los planteamientos de mejora de la seguridad vial en carreteras convencionales que tiene la Dirección General de Tráfico, paso necesario para seguir disminuyendo la accidentalidad en el conjunto de nuestras carreteras.

En un segundo bloque se abordó la visión de las empresas del sector de conservación, exponiendo tanto algunos ejemplos de buenas prácticas en seguridad, como las inspecciones viarias que se realizan de forma continuada.

Se continuó con una propuesta de adaptación de barreras de seguridad a las carreteras de baja intensidad, algo necesario en la búsqueda de la eficiencia.

Sin duda la seguridad vial también aporta mucho a la conservación, y se dedicó una ponencia a exponer y reconocer esta realidad.

Para finalizar, y hablando de seguridad en conservación, se trató la seguridad laboral de una actividad distinta y diferenciada de la de construcción y que se ejecuta en condiciones abiertas de tráfico. ❖



D. Enrique Soler Salcedo, vocal de la Junta Directiva de la ATC, premiado por la Asociación Mundial de la Carretera



Enrique Soler Salcedo, director PPP y COEX de GETINSA, ha recibido el premio a la mejor ponencia técnica del XIV Congreso Internacional de Vialidad Invernal de la Asociación Mundial de la Carretera, celebrado en Andorra entre los días

4 y 7 de febrero de 2014, por la ponencia "Vialidad invernal eficiente en un contexto presupuestario restringido". Esta elección ha sido fruto de las votaciones realizadas por el conjunto de ponentes y congresistas durante el Congreso.

Es la primera vez que un ingeniero español recibe este galardón y desde la ATC queremos expresar nuestro reconocimiento a su persona y a la calidad técnica de la ponencia presentada que ha recibido, de forma mayoritaria, el reconocimiento de los técnicos de todo el mundo asistentes al Congreso.

En la ponencia se plantea la necesidad de mantener la eficacia en las operaciones de vialidad invernal y la búsqueda de la eficiencia en las mismas, dada la coyuntura actual, de crisis económica general en España, que ha propiciado la aparición de un nuevo modelo de gestión de la conservación. La consecución de la eficiencia pasa por disponer de equipos de extendido de fundentes multifuncionales que permitan adaptar los distintos tratamientos de la calzada a las circunstancias puntuales de la carretera.

Soler plantea una reducción, justificada, del umbral de temperatura para los tratamientos preventivos dada la precisión actual en los sistemas de predicción meteorológica, pasando de 2 °C a 1 °C, y apuesta por incorporar al umbral de temperatura la humedad relativa del aire, de tal forma que el criterio no sea exclusivo de temperatura, sino combinado, estableciéndose la obligatoriedad de realizar un tratamiento preventivo cuando la temperatura (real o prevista) sea inferior a 1 °C y la humedad relativa superior al 60 %.



D. Óscar de Buen Richkarday, presidente de la Asociación Mundial de la Carretera, entrega el premio a la mejor ponencia técnica del XIV Congreso Internacional de Vialidad Invernal a D. Enrique Soler Salcedo.

II edición del Curso de formación de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera



D. Rafael López Guarga (jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, Ministerio de Fomento) presentó el curso.



D. Juan Zamorano Martín (técnico experto en Gestión de Túneles).

La Redacción/Madrid
Fotografía: M^a José Sánchez

Durante tres días, la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró un curso dedicado a la formación del personal de centro de control de túnel de carretera, en el que se trataron tanto los conocimientos técnicos necesarios en este tipo de trabajo como la forma de actuar en casos de emergencia.

Bajo la Dirección Técnica de Rafael López Guarga (jefe de la Demarcación del Estado en Aragón, Ministerio de Fomento, y presidente del Comité de Túneles de la ATC), Guillermo Llopis Serrano (técnico superior de la Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento), Alberto Miguel Cano (director de Explotación del Túnel de Somport, IMESAPI S.A.) y Juan Zamorano Martín (técnico experto en

Gestión de Túneles), tuvo lugar por segundo año consecutivo el *Curso de formación de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera*. Éste se celebró en las aulas de la ATC del 27 al 29 de mayo de 2014 y durante estos tres días los profesores abordaron un amplio temario que va desde la legislación hasta la gestión de túneles y el análisis de incidentes mediante casos prácticos. Además, los alumnos visitaron el Centro de Control y Explotación de la AP - 6, en San Rafael (Segovia), y asistieron a la clase impartida por el psicólogo Raúl López y a la del bombero Andrés Viéitez, para completar el temario con el factor humano que interviene cuando se desata una emergencia en un túnel.

Este curso, al igual que en su primera edición, estuvo dirigido al personal en activo que trabaja en salas de

control, especialmente, a operadores y jefes de sala, con alguna experiencia en la gestión, que han recibido alguna formación sobre sus sistemas pero desean adquirir un conocimiento general de los avances y situación en España.

El RD 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado, indica que el personal de explotación debe disponer de una formación para desarrollar adecuadamente su cometido, si bien no profundiza en el contenido de la misma. A nivel internacional, se ha apreciado que la formación incluye un aprovechamiento de la experiencia acumulada en la explotación de los túneles, recopilando análisis de los incidentes y simulacros y compartiendo este conocimiento por los propios miembros de la explotación y la atención a la emergencia.



Alumnos del *Curso de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera* realizando la práctica de simulación de un incidente real.



D. Alberto Miguel Cano (director de Explotación del Túnel de Somport IMESAPI).

El principal objetivo

Alberto Miguel Cano comentó con *RUTAS* sus impresiones sobre esta nueva edición del curso, y afirmó que esta vez acotaron los temas que habían gustado a los alumnos y cambiaron ligeramente el planteamiento original. Destacó además la participación de los alumnos, a los que les han planteado dudas para que reflexionen sobre las acciones que realizan cuando están en los centros de control de túneles donde trabajan, lo que explica que el objetivo de este curso *“no sea solucionar exactamente los problemas sino que abran la mente y analicen lo que están haciendo día a día”*, afirmó el director de Explotación del Túnel de Somport.

Comparaciones

Alberto Miguel Cano comentó además un problema que los alumnos suelen plantear en este curso: la comparación que hacen entre las intervenciones que se pueden llevar a cabo en los centros de control donde desarrollan su labor y las que se realizan en las tres grandes instalaciones que hay en España: el Centro de Control y Explotación

de la AP - 6, en San Rafael (Segovia), el de Calle 30 (Madrid); y el túnel de Somport en Huesca.

En opinión del formador, no se trata de comparar, porque cada túnel tiene unos medios e implica unas obligaciones diferentes sobre esos medios, sino de aplicar lo que hayan aprendido: *“En el túnel de Somport, por ejemplo, que el personal de intervención en caso de emergencia tarde más de 5 minutos en llegar es un fracaso, mientras que tardar más tiempo en otro túnel más modesto sería un éxito”*. La parte final del curso consistió en una práctica de simulación real. Los alumnos, repartidos en grupos, resolvieron un ejercicio en el que partiendo de un túnel, con unas características determinadas, tenían que analizar la situación y ver qué harían en esas circunstancias concretas, para más tarde ponerlas en común.

Por último, Alberto Miguel Cano explicó la importancia que tuvo la directiva europea sobre seguridad en túneles en España (Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004): *“Los túneles que se han podido adaptar a ella suponen una ventaja tanto para el usuario como para la gente que trabaja en esa explotación, ya que es una garantía de que*

van a trabajar en mejores condiciones. Además en el caso del tercer túnel Guadarrama, lo primero que ha facilitado la introducción de esta directiva es que esa carretera tenga mayor capacidad de tráfico, que es importante a la hora de evitar retenciones, y en segundo lugar, que se hayan podido colocar galerías que conectan el túnel central con los túneles antiguos de los años 1962 y 1973, y por tanto, que ante un incidente haya mayor seguridad”.

Visita técnica

El miércoles 28 de mayo los alumnos acudieron a la visita técnica en el Centro de Explotación y Control de la AP - 6, desde donde se controlan los túneles de Guadarrama. Gonzalo Grande Tomé (responsable del Centro de Operaciones de San Rafael, Abertis Autopistas) recibió al grupo y a continuación presentó a Ignacio Arbilla (director de Red Centro - Sur, Centro de Explotación y Control AP - 6, Abertis Autopistas) que explicó cómo se ha ido desarrollando la ampliación de la autopista de peaje AP - 6 y la construcción de los tres túneles de Guadarrama. Estas obras de ampliación de la autopista, en el tramo denominado Tercera Calzada



D. Ignacio Arbilla, director de Red Centro - Sur, Centro de Explotación y Control AP - 6 (Abertis Autopistas) enseñando una maqueta de la AP - 6 a los alumnos del curso de túneles .



Alumnos junto a D. Gonzalo Grande en el Centro de Control de los túneles de Guadarrama.

Tras esta previa introducción sobre las obras en la AP - 6, el grupo acompañado por Juan Zamorano, Gonzalo Grande, Ignacio Arbilla y Juan Ubera (gerente Iberpistas Castellana) fue conducido a otra sala para ver un video sobre un simulacro de emergencia en uno de los túneles y más tarde visitaron el centro de control de los túneles.

Finalmente, bajaron al túnel más antiguo de Guadarrama, de carácter reversible que sólo se abre a la circulación cuando hay mucho tráfico, y recorrieron una de las galerías de seguridad que conectan los tres túneles. Fue D. Álvaro Martín (responsable de Seguridad y Túneles en Iberpistas) quien guió a los alumnos en esta parte.



Visita a una de las galerías de los túneles de Guadarrama.

y Tercer Túnel de Guadarrama, entre el enlace del Valle de los Caídos y San Rafael, comenzaron a realizarse en el 2004. Este tramo, a su vez, formaba parte de la actuación global de ampliación de esta autopista de peaje entre la M-50 y el peaje de San Rafael. En esta explicación, en la que también hizo una descripción del Grupo Abertis y de la gestión del Centro de Control en la Red Centro - Sur, Ignacio Arbilla contó que el primer túnel de Guadarrama es del año 1963 y que se trata de un túnel bidireccional, mientras que el segundo se construyó en el año 1973.

Cada túnel se construyó conforme a la tecnología de la época y lo que hace peculiar al tercer túnel de Guadarrama, abierto al tráfico en 2007, es que cuando éste se empezó a excavar, surgió la directiva europea sobre seguridad en túneles: *"No estaba hecha todavía la trasposición al Real Decreto de la legislación española, pero de alguna forma se encajó el trazado de tal manera que se pudieran conectar con los otros dos túneles, a través de galerías de evacuación"*. En total, se construyeron 14 galerías de seguridad que conectan los tres túneles.

Últimas clases y clausura

De vuelta a las aulas, llegó el turno de la clase "Gestión de túneles," impartida por Juan Zamorano y Alberto Miguel Cano, para acabar la tarde con las ponencias de Andrés Viéitez Martín sobre la gestión de emergencias y Raúl López Lázaro, quien se centró en la capacidad psicológica que deben desarrollar los operadores de un centro de control de túnel.

Por último, el jueves 29 de mayo, Guillermo Llopis clausuró el curso y repasó los temas abordados en esta ocasión, es decir, los conocimientos, habilidades y capacidades que los operadores asistentes a estas clases han aprendido y podrán aplicar en sus centros de trabajo. ❖

Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras

PRESIDENTE: - D. Roberto Alberola García

CO-PRESIDENTES DE HONOR: - D. Jorge Urrecho Corrales
- D.ª María Seguí Gómez

VICEPRESIDENTES: - D. José Luis Elvira Muñoz
- D. Sandro Rocci Boccaleri
- D. José María Morera Bosch
- D. Luis Alberto Solís Villa
- D. Pablo Sáez Villar



TESORERO: - D. Pedro Gómez González

SECRETARIO: - D. José María Izard Galindo

VOCALES:

- Designados por el Ministerio de Fomento:
 - D. José Luis Elvira Muñoz
 - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
 - D.ª María del Carmen Sánchez Sanz
 - D. Carlos Bartolomé Marín
 - D. José Manuel Cendón Alberte
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D. Federico Fernández Alonso
 - D.ª Mónica Colás Pozuelo
 - D.ª Garbiñe Sáez Molinuevo
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. Luis Alberto Solís Villa
 - D.ª Margarita Torres Rodríguez
 - D.ª María Auxiliadora Troncoso Ojeda
 - D. Iván Maestre Santos-Suárez
 - D. Carlos Estefanía Angulo
- En representación de los órganos responsables de la vialidad en los municipios, ayuntamientos o empresas públicas:
 - D. Manuel Arnaiz Ronda
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
 - D. Ángel Arteaga Iriarte
 - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
 - D. Carlos Delgado Alonso - Martirena
- Representante de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine
- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. José Polimón López
 - D. Casimiro Iglesias Pérez
 - D. Ángel Zarabozo Galán
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Aniceto Zaragoza Ramírez
 - D. Alberto Bardesi Orúe - Echevarría
 - D.ª Mercedes Aviñó Bolinches
 - D. Jaime Huerta Gómez de Merodio
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. José María Izard Galindo
 - D. Juan José Potti Cuervo
 - D. José Enrique Bofill de la Cierva
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
 - D. Juan Mata Arbide
- Representante de las agrupaciones de usuarios de la carretera:
 - D. Luis Alberto Puerto Giménez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Roberto Alberola García
 - D. Sandro Rocci Boccaleri
 - D. Jesús Díaz Minguela
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - D. Pedro Gómez González
 - D. José María Morera Bosch

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 de la ATC

D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS
D. ÁNGEL LACLETA MUÑOZ (†)
D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
D. FRANCISCO JAVIER 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

Socios de Mérito de la ATC

D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
D. RAMÓN DEL CUVILLO JIMÉNEZ (†)
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

Socios Protectores y Socios Colectivos de la ATC

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
GENERALITAT VALENCIANA
GOBIERNO DE CANARIAS
GOBIERNO DE CANTABRIA
GOBIERNO DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE FOMENTO, VIVIENDA, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y TURISMO
GOBIERNO DE NAVARRA
GOBIERNO VASCO
GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE TRÁFICO
JUNTA DE ANDALUCÍA
JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA
XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE
PRINCIPADO DE ASTURIAS

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 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
CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE, CEDEX
ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA. CÁTEDRA DE CAMINOS
INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
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 ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS, TECNIBERIA
ASOCIACIÓN DE FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

Sociedades Concesionarias

ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
AP - 1 EUROPISTAS, CONCESIONARIA DEL ESTADO, S.A.U.
AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
AUTOPISTAS DEL ATLÁNTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
BIDELAN GIPUZKOAKO AUTOBIDEAK, S.A.
CONCESIONARIA VIAL DE LOS ANDES, S.A. (COVIANDES)
TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.
TÚNELS DE BARCELONA I CADÍ, CONCESSIONÀRIA DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, S.A.

Empresas

3M ESPAÑA, S.A.
ACCIONA CONCESIONES, S.L.
ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
ACCIONA INGENIERÍA, S.A.
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.
ALDESA CONSTRUCCIONES, S.A.
ALVAC, S.A.
API MOVILIDAD, S.A.
AUDECA, S.L.U.
AUDINGINTRAESA, S.A.
AZUL DE REVESTIMIENTOS ANDALUCES, S.A.
BARNICES VALENTINE, S.A.U.
BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
BETAZUL, S.A.
CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
CEDINSA CONCESSIONARIA, S.A.
CEPSA - PRODUCTOS ASFÁLTICOS, S.A.
CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
COMPOSAN PUENTES Y OBRA CIVIL, S.L.
CORSÁN - CORVIAM CONSTRUCCIÓN, S.A.
CLOTHOS, S.L.
DRAGADOS, S.A.
DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
ELSAMEX, S.A.
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 CIMENTOS, S.A. (GEOCISA)
GETINSA INGENIERÍA, 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.
INDUSTRIAL DE TRANSFORMADOS METÁLICOS, S.A. (INTRAME)
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.
OBRASCÓN HUARTE LAIN, S.A. (OHL)
PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
PROES CONSULTORES, S.A.
PROINTEC, S.A.
PROMAT IBÉRICA, S.A.
PROYECTOS Y SERVICIOS, S.A. (PROSER)
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.
SERBITZU ELKARTEA, S.L.
SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
SGS TECNOS, S.A.
TALHER, S.A.
TALLERES ZITRÓN, S.A.
TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPESA)
TECNIVIAL, S.A.
TELFÓNICA INGENIERÍA DE SEGURIDAD, S.A.
TELVENT TRÁFICO Y TRANSPORTE, S.A.
TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
URBACONSULT, S.A.
VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
VSL CONSTRUCTION SYSTEMS, S.A.
V.S. INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.

Socios Individuales de la ATC

Personas físicas (71) del ámbito universitario, académico, de empresas de ingeniería y construcción, de centros de investigación y de otros campos relacionados con la carretera, que actúan 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



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

Para más información:

puede dirigirse a:

Asociación Técnica de Carreteras

Tel.: 913082318 Fax: 913082319

info@atc-piarc.com

www.atc-piarc.com

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº _____

Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa NIF

Dirección Teléfono

Ciudad C.P. e-mail

Provincia País

Fecha Firma



PREMIO JÓVENES PROFESIONALES ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA (AIPCR -PIARC)



**asociación técnica
de carreteras**

comité nacional español de la
asociación mundial de la carretera



CONVOCATORIA 2014

Concurso abierto a todos los jóvenes profesionales
que manifiesten un interés en el sector de la carretera

BASES DEL CONCURSO EN NUESTRA WEB

www.atc-piarc.com

Con PROAS
vuelve a estrenar
carretera.

Nuestra amplia gama de productos cuida y conserva el buen estado de las carreteras. Desde masillas sellantes hasta la gama ELASTER, última generación de betunes modificados con polímeros. Sea cual sea tu necesidad elige PROAS y estarás apostando por productos de última tecnología pensados para alargar la vida de la carretera.

Más información en www.proas.es

