



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



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 172  
JULIO - SEPTIEMBRE  
2017

ISSN 1130-7102  
Revista Trimestral

## RUTAS TÉCNICA

Un modelo empírico de estimación de las propiedades reológicas de ligantes asfálticos

Un camino hacia la sostenibilidad: El reciclado de residuos de construcción y demolición como material para firmes de carretera

Las plataformas de gestión en la explotación de carreteras

## ATC FORMACIÓN

Curso de Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera



VII Jornadas nacionales  
Seguridad vial



## ENTREVISTA

D. Gregorio Serrano López  
Director General de Tráfico  
Ministerio del Interior



SALÓN INTERNACIONAL  
DE LA MOVILIDAD  
SEGURA Y SOSTENIBLE

24-27  
OCTUBRE  
2017

ORGANIZA



IFEMA  
Feria de  
Madrid



CONECTIVIDAD



SMART CITY



MEDIO AMBIENTE



SEGURIDAD

2017  
**TRAFIC**  
MOVILIDAD SEGURA  
Y SOSTENIBLE



APARCAMIENTO



INFRAESTRUCTURAS

[www.trafic.ifema.es](http://www.trafic.ifema.es)



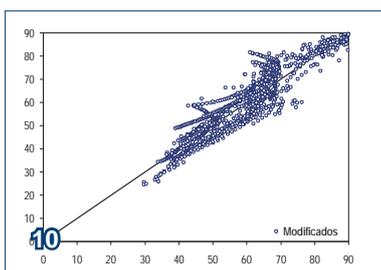
## Tribuna Abierta

- 3** Explotación de carreteras  
Carlos Llinás

## Entrevista

- 5** D. Gregorio Serrano López  
Director General de Tráfico, Ministerio del Interior

## Rutas Técnica



- 10** Un modelo empírico de estimación de las propiedades reológicas de ligantes asfálticos  
*An Empirical Estimation Model for the Rheological Properties of Bituminous Binders*  
Silvia Angelone, Fernando Martínez y Marina Cauhapé Casaux

- 18** Un camino hacia la sostenibilidad: El reciclado de residuos de construcción y demolición como material para firmes de carreteras  
*A Way Towards Sustainability: the Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste as Material for Road Surfaces*  
Laura Parra Ruiz, César Medina Martínez y Antonio Sánchez Trujillano

- 26** Las plataformas de gestión en la explotación de carreteras  
*Management Platforms in Road Operations*  
Carlos Casas Nagore y Jesús Antoñanzas Glaría



## Cultura y Carretera

- 37** Fotografía y carretera  
Oscar Fariña

## Actividad Internacional

- 40** Torroja, 90 años de ingeniería por el mundo

## Actividades del Sector

- 45** 29º Consejo de Gobierno de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR)  
**48** Workshop DIRCAIBEA-CEDR



## ATC

- 52** VII Jornadas nacionales Seguridad vial  
**55** Curso de Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera  
**56** IV Seminario Internacional Obras de Tierra en Europa  
**58** Jornada de formación. Soluciones asfálticas sostenibles y adaptadas al cambio climático para firmes de carreteras de baja intensidad de tráfico  
**61** In Memoriam, Sandro Rocci  
**65** Junta Directiva, Comités y Socios de la Asociación Técnica de Carreteras





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



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

DIALNET · ICYT ·  
LATINDEX (Catálogo y Directorio)

**Edita:**

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

**Comité Editorial:**

**Presidente:**

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

**Vicepresidente de estrategia:**

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

**Vicepresidente Ejecutivo:**

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

**Vocales:**

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
María Luisa Delgado Medina	Subdirectora General de Transferencia de Tecnología, M. Economía y Competitividad (España)
Diana María Espinosa Bula	Presidenta de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, SCI (Colombia)
Alfredo García García	Catedrático de la Universitat Politècnica de València (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Hernán Otoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

**Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:**

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
David Andaluz García	Miembro del CT de Firmes de Carreteras
Fernando Pedrazo Majarrez	Presidente del CT de Planificación, Diseño y Tráfico
Álvaro Parrilla Alcaide	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Presidente del CT de Conservación y Gestión
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Presidente del CT de Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	Presidente del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico

**Redacción:**

Asociación Técnica de Carreteras

**Diseño, Maquetación, Producción, Gestión Publicitaria y Distribución:**

Ediciones Técnicas PAUTA  
direccion@edicionespauta.com

**Publicidad:**

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

**Fotografía de portada: Diseñado por Pressfoto - Freepik.com**

**Arte Final e Impresión:**  
Gráficas ARIES

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

Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

©Asociación Técnica de Carreteras

**REVISTA RUTAS**

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

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

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



Nº 172 JULIO - SEPTIEMBRE 2017

**RUTAS**  
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

# EXPLOTACIÓN DE CARRETERAS

Tribuna  
abierta



Carlos Llinás  
Ingeniero Jefe de la Unidad de Carreteras  
del Estado en Segovia

Entre las plagas del campo el Ingeniero no es manco, me espetó en cierta ocasión una señora. Ciertamente es el reproche que he recibido en mi vida con más simpatía, quizás porque ella intuía que yo tenía razón en la cuestión planteada, y desde luego porque poseía una esmerada educación. Por mi parte entendí que la disputa no había ido a mayores porque la posición que yo defendía se le había explicado a tiempo. Pero no siempre las relaciones entre los ciudadanos y la Administración se desarrollan en un clima de cordialidad; porque es cierto que la defensa del dominio público de las carreteras, en el sentido más amplio, exige la supremacía del interés general, lo que no pocas veces condiciona las aspiraciones de los particulares.

La protección y la explotación del dominio público viario es parte de las actividades diarias de los Servicios de Conservación, quizás el "patito feo" entre ellas. Habitualmente es denominada "gestión de colindantes" o simplemente "colindantes". Su aplicación tiene una importante carga jurídica; pero resultaría un error llevarla a cabo exclusivamente con especialistas jurídicos ubicados geográficamente en la lejanía de los territorios por los que se desarrollan las carreteras, quienes posiblemente aplicarían con rigor la legislación imperante y se relacionarían con los ciudadanos siguiendo las directrices de la Ley del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas. Resulta primordial la intervención de técnicos de carreteras, que mantengan un trato directo con los ciudadanos, y con los conocimientos técnicos y jurídicos precisos les puedan informar de las

prescripciones, requisitos y limitaciones que el dominio público viario impone a las propiedades colindantes. Ya llegará el momento de producir la resolución que proceda a sus iniciativas; pero antes de que eso suceda resulta eficaz que el ciudadano tenga noticia de qué y cómo es lo que puede hacer.

Las prescripciones en materia de protección y explotación del dominio público viario vienen reguladas en la Ley 37/2015 de Carreteras y en su Reglamento de aplicación, actualmente en redacción; por lo que, en lo que no se oponga a la Ley, mantiene su vigencia el Reglamento aprobado por Real Decreto 1812/1994. Básicamente cabe concluir que cualquier actividad que se pretenda desarrollar en la zona de afección de una carretera requerirá autorización del titular de vía; y es aquí donde entran a jugar los Servicios de Conservación de Carreteras, coloquialmente denominados por los ciudadanos "Obras Públicas". Todos cuantos hemos trabajado en esta actividad habremos oído alguna vez la expresión "con Obras Públicas hemos topado". No están muy lejanos los tiempos en que la única Administración con la que mantenían un contacto directo muchos ciudadanos que habitaban las áreas rurales era precisamente "Obras Públicas", a la que en ocasiones pretendían acudir para que dilucidara conflictos de intereses particulares. Recuerdo cómo, con ocasión del levantamiento de expropiaciones para mejorar una carretera existente, algunos afectados pretendían que mediáramos para resolver litigios de propiedad derivados de los procesos de desamortización llevados a cabo en los siglos XVIII y XIX.

Carlos Llinás

**Ingeniero Jefe de la Unidad de Carreteras  
del Estado en Segovia**

Pues bien: las relaciones de la Administración de Carreteras con los ciudadanos no se pueden limitar a lo establecido en la Ley de Procedimiento Administrativo, aunque ésta sea de obligado cumplimiento siempre y, en algunos casos, lamentablemente la única vía de relacionarse. En general resulta deseable conciliar el interés general con los derechos y aspiraciones particulares de los ciudadanos, lo que obliga a que los custodios de aquéllos (personal operario y técnicos de carreteras) estén “cerca” de éstos, y a que puedan intervenir (informando y aconsejando) antes que se lleven a cabo actividades, siquiera a nivel de proyección, que pudieran ser no autorizables. Habitualmente el arte de conciliar no se aprende en las escuelas; se adquiere con la experiencia y los consejos de nuestros “mayores”. Aplicar prescripciones legales con prepotencia es una mala práctica, que conduce normalmente a desagradables discusiones; y no debemos olvidar que los técnicos de conservación nos quedamos en el territorio, no podemos huir de los conflictos, y tendremos tarde o temprano que afrontarlos. En definitiva, a la vocación de servicio que debe presidir la acción de los funcionarios hay que añadir las peculiaridades de la condición de “vecindad”, dada la permanencia de ambas partes. Esto es válido tanto para actividades promovidas a título individual por ciudadanos muchas veces desprovistos de conocimientos específicos, (pasos salvacunas para accesos, cerramientos, construcciones, etc.), como cuando nos enfrentamos a actividades promovidas por administraciones locales o sociedades comerciales, que sí disponen de conocimientos y personal especializado en materia de carreteras: actividades entre las que destacan los planes y

desarrollos urbanísticos, las estaciones de servicio, los establecimientos comerciales, carteles publicitarios y canalizaciones, ente otras.

En mi vida profesional quiero destacar que me he encontrado muchas más veces con personas que lealmente se han relacionado con nosotros que con aquellas otras que incluyen en su comportamiento una pillería interesada. No procede pues, reunir aquí una relación de casos picarescos; pero no me resisto a comentar el de una sociedad que promovía un desarrollo urbanístico de difícil aprobación, como obviamente intuía, y que presentó la solicitud en el registro de una administración local de una provincia distante más de 500 km de aquella en que se ubicaba la promoción, cuando el domicilio legal de la sociedad se situaba en el edificio lindante con la Jefatura de Carreteras que debía informar la solicitud.

Mención especial merece el personal específico de campo encargado de la vigilancia en la protección del dominio público, que un amigo mío dice que son los que llevan la gabardina con las solapas levantadas. Este personal tiene la tarea de dialogar con los colindantes e informarlos y, en algunos casos, la desagradable obligación de denunciar los incumplimientos. En el pasado, esta misión se encargaba necesariamente a personal del Cuerpo de camineros, al que desafortunadamente se ha dejado extinguir; por lo que ahora se lleva a cabo, mayoritariamente, por personal contratado.

En este, como en otros muchos casos, la permanencia en el territorio y la proximidad hace que se pueda garantizar mejor el cumplimiento de la ley; y esa es la característica específica de los técnicos de explotación, los que nos quedamos cuando los demás ya se han ido. ❖



Entrevista a

## D. Gregorio Serrano López Director General de Tráfico Ministerio del Interior

**Ha pasado casi un año de su nombramiento como D.G. Tráfico, ¿qué sensaciones le quedan de estos meses? ¿qué es lo que más le ha sorprendido?**

Asumir la responsabilidad de dirigir la Dirección General de Tráfico es un enorme orgullo y sin duda una gran responsabilidad por las importantes competencias que en materia de tráfico y seguridad vial ostenta la

DGT y su impacto directo en el día a día de la mayoría de los conductores y usuarios de las vías.

Para esta importante tarea me ha complacido saber que se cuenta con unos medios técnicos de primer nivel y con un excelente nivel de cualificación y profesionalidad en los empleados públicos de la DGT y de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

**En relación con las otras administraciones e instituciones que intervienen en la gestión de la Seguridad Vial:**

- **¿cómo valora la actual coordinación institucional? ¿Cómo se podría mejorar?**

La seguridad vial requiere necesariamente de la cooperación de todas las administraciones e instituciones de qué manera más directa



o indirecta intervienen en la seguridad vial. En general existen una buena coordinación, si bien en este sentido se están intensificando los contactos bilaterales y articulando nuevos mecanismos aprovechando la presencia de la DGT en toda España a través de las Jefaturas Provinciales de Tráfico.

- **¿Necesitaría la DGT tener mayor capacidad de decisión y actuación sobre la carretera? ¿Se prevé un cambio en el modelo, siquiera a largo plazo?**

La DGT tiene un encuadre competencial adecuado, aunque es cierto que de cara al ciudadano siempre se mira a la DGT como referente o como único responsable en materia de seguridad vial, al margen de que otras administraciones también tienen importantes competencias en la materia. En base a lo anterior, la DGT debe tener un rol activo como prescriptor de medidas y acciones que mejoren la seguridad vial, teniendo presente que para la ejecución de algunas de ellas será necesaria la colaboración e implicación de otras administraciones y organizaciones.

**Parece imprescindible preguntar por los usuarios vulnerables.**

- **La problemática de la convivencia de los ciclistas con los vehículos a motor está a la orden del día. Por un lado están las demandas del colectivo ciclista y, por otro, la dificultad de compartir espacios que pueden llegar a ser incompatibles, como ocurre en las carreteras de montaña. Por su parte, los medios de comunicación están dando una gran cobertura a los accidentes en los que están implicados ciclistas. A su juicio,**
- **¿es suficiente una regulación basada exclusivamente en una separación mínima de muy difícil control?**

En seguridad vial, hay que evitar medidas aisladas y se deben buscar el conjunto de medidas que coadyuvan a la mejora de ésta y en este sentido, la protección de vulnerables no es una excepción. En todo caso, la separación mínima, es una medida

necesaria, desde el punto de vista físico para favorecer la normal convivencia entre vehículos y usuarios que circulan con una importante diferencia de velocidad y masa.

- **¿no creen que los ciclistas deberían superar alguna prueba de aptitud (carnet de bici), emplear bicicletas homologadas e identificadas y llevar un seguro como otros vehículos?**

Si miramos a los países con más experiencia en la integración de la bicicleta en sus vías, no parece que vayan por esa línea, sino por la vía de fomentar su uso con una infraestructura adecuada, bien, segregada y protegida, o pacificada sin divergencia de velocidades, donde su coexistencia con los otros vehículos es más natural.

- **¿qué otras medidas propone la DGT?**

La DGT está poniendo en marcha un importante conjunto de medidas para mejorar la seguridad de los ciclistas que va desde medidas más estratégicas como el impulso de un Plan Estatal de la Bicicleta hasta medidas más operativas como el reciente catálogo de rutas ciclistas protegidas donde en todas las provincias se han identificado varias rutas donde los fines de semana se focaliza e intensifica la vigilancia por todos los medios disponibles, y se recaba la colaboración de los titulares de la vía para su adecuado mantenimiento.

- **Entre los colectivos más expuestos se encuentran, sin duda, los propios agentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, ¿qué políticas sigue su Dirección para mejorar su seguridad?**

Cuando se desarrolla el trabajo en la vía se está sometido a un riesgo añadido y en la DGT somos

plenamente conscientes de ello. Desgraciadamente, este año son varios los agentes de la ATGC que han perdido su vida mientras realizaban su trabajo. Por este motivo, la DGT realiza todos los años importantes esfuerzos inversores por facilitar a los agentes de la ATGC los mejores medios materiales para que realicen su importante trabajo en las mejores condiciones.

- Otro colectivo vulnerable, menos conocido, son los usuarios de autobuses que suelen estar sometidos a situaciones de riesgo en las paradas situadas en carreteras fuera del ámbito urbano debido a fallos en su configuración y/o emplazamiento. ¿Se contempla algún tipo de medida en colaboración con los titulares de la vía?

Por parte de la DGT se monitorizan de manera regular, a través de las Jefaturas Provinciales de Tráfico las vías en su conjunto detectando cualquier circunstancia – como pueden ser las paradas de bus – que pueda ser susceptible de mejora, y en esos casos, se analizan por el personal técnico de la DGT para realizar, en su caso, la propuesta de mejora buscando la solución más eficiente desde un punto de vista coste-beneficio.

- Y finalmente los motoristas. Tras la instalación de las vallas complementarias en las barreras metálicas de seguridad ¿se considera resuelto el problema de su peligrosidad en los accidentes de motoristas?

La colocación de los sistemas de protección para motoristas, ayuda a mejorar la seguridad de los motoristas en caso de accidente y por parte de los titulares de las vías se está realizando un esfuerzo muy importante instalando

este tipo de barreras, sin embargo, la mejora de la seguridad vial, debe seguir “aguas arriba” y se debe trabajar, sobre todo, por evitar esa caída a través de un conjunto de medidas más amplio y multidisciplinar.

**Parece que la evolución tecnológica de los vehículos es un fenómeno imparable. Hoy hablamos de megacamiones, vehículos conectados, vehículos autónomos, etc.**

- ¿Cómo creen que van a afectar a la gestión de las carreteras y de la seguridad vial?

Se abre una etapa de máximo interés donde se vislumbra la posibilidad real de prevenir la gran mayoría de accidentes gracias al tremendo desarrollo de las nuevas tecnologías, debiendo desde el ámbito público favorecer su desarrollo garantizando su aplicación en las mejores condiciones de seguridad, para poder beneficiarnos como sociedad de la principal mejora que traerán, que no es otra que reducir el número de accidentes y su lesividad.

- ¿Creen que será posible reducir la siniestralidad a corto y a medio plazo por la penetración progresiva de las nuevas tecnologías de asistencia a la conducción?

Las ayudas a la conducción que ya se han venido implantando en los vehículos en los últimos años son un claro ejemplo constatable de la reducción de accidentalidad que gracias a éstas se consigue. Por tanto, parece razonable que esta progresión natural de reducción de la accidentalidad gracias a los sistemas de ayuda a la conducción –en sus distintos niveles –se acelere por las nuevas ayudas que se encontrarán disponibles. La

**«Se abre una etapa de máximo interés donde se vislumbra la posibilidad real de prevenir la gran mayoría de accidentes gracias al tremendo desarrollo de las nuevas tecnologías»**

parte de la ecuación que es más variable es cuando se extenderán y a qué ritmo este tipo de ayudas, y es ahí donde las autoridades de tráfico de los distintos países debemos trabajar por elevar progresivamente los estándares de seguridad de los vehículos nuevos y por promover la renovación de la flota del parque de vehículos circulante.

- ¿Creen que sería posible establecer vías experimentales cerradas, como en otros países (por ejemplo, en Virginia Tech y en la Universidad de Florida) para la investigación, con intervención de fabricantes y universidades?

En España ya existen importantes centros de investigación y desarrollo donde realizar estas primeras pruebas experimentales en circuitos cerrados, que se complementan, además, con la realización de pruebas en vías abiertas al tráfico en general, para lo cual la DGT aprobó el marco estable para la realización de este tipo de pruebas, situando a España al nivel de los países más desarrollados en esta materia.

La DGT realiza campañas de información, vigilancia o sanción en relación con actitudes manifiestamente peligrosas como el exceso de velocidad o la ingesta de determinadas sustancias. ¿Se contempla la realización de campañas en temas de menor alcance pero que, sin duda, tienen su impacto en la seguridad? Por ejemplo:

- Distancia de seguridad al circular en caravana.
- Maniobra de adelantamiento en carreteras de calzada única con dos carriles (al haber más carreteras con calzadas separadas y más vehículos con cambio automático, se ha perdido la costumbre de adelantar).
- Abuso de la circulación por el carril izquierdo y frecuentes cambios de carril, donde hay más de uno en el sentido en el que se circula.
- Defectuoso alumbrado (ir sin luces parece que no quita puntos).
- Suspensiones defectuosas y/o presión incorrecta en los neumáticos.

A lo largo de todo el año la DGT programa campañas de ámbito nacional con otras de ámbito más reducido que tratan una amplia variedad de aspectos y factores con incidencia en la seguridad vial, donde tienen la mayoría de las antes señaladas. Esta programación se realiza por personal técnico teniendo en cuenta las principales variables que intervienen en la accidentalidad a raíz de la información que se obtiene de la investigación de los accidentes ocurridos en España.

«Del análisis de los accidentes registrados no se observa la excesiva señalización vertical como un elemento de distracción que provoque accidentes»

Algunos otros temas que preocupan:

- ¿Se contempla la modernización de los exámenes de conducir?

Las pruebas para la obtención de los permisos de conducción se encuentran sometidas a la regulación europea a través de la Directiva 2006/126/CE, por lo que es en el marco europeo donde la DGT trabaja junto con el resto de estados miembros la evolución del sistema de obtención de los permisos de conducción.

- Al parecer existe una tasa relativamente alta de reincidencia entre los conductores que pierden los puntos ¿No consideran conveniente un endurecimiento del procedimiento de recuperación del carnet tras la pérdida de los puntos?

Como ya anunció el Ministro del Interior, dentro del proceso de revisión de la normativa en materia de tráfico, está previsto incluir el actual sistema de permiso por puntos, que tras más de 10 años

desde su puesta en marcha debe evaluarse su necesaria adecuación y actualización. En este proceso de revisión se valorarán las distintas propuestas, entre las que la efectividad de la medida sobre los conductores multireincidentes sin duda que será una de ellas, para que en el seno de una reforma legislativa se acuerden las más adecuadas.

- Teniendo en cuenta que las carreteras convencionales concentran el 80 % de las víctimas mortales, ¿qué medidas se contemplan para reducir este grave problema?

El paquete de medidas urgentes que se presentó en la Comisión de Seguridad Vial y Movilidad Sostenible del Congreso incluye un importante conjunto de medidas que tienen a las carreteras convencionales como uno de sus principales ámbitos de actuación. Entre ellas cabe destacar, el replanteo de algunas zonas de adelantamiento dotándolas de mayores niveles de seguridad, las bandas sonoras longitudinales, los cruces inteligentes, la nueva metodología para la determinación y estudio de puntos negros,...

La carretera convencional es una prioridad para la Dirección General de Tráfico y a ella se dedican gran parte de nuestros esfuerzos, siendo además para esta tarea fundamental la colaboración, como hasta ahora, de los distintos titulares de la vía, buscando nuevas soluciones a la mayor peligrosidad objetiva de este tipo de vías. A este respecto, la configuración 2+1, por ejemplo, consideramos que puede suponer un paso muy importante para un gran número de este tipo de vías, como se ha podido comprobar a través de las experiencias nacionales e internacionales que se han llevado a cabo.

- ¿No considera Vd. que en España hay una señalización vertical excesiva a la que se hace poco caso y que puede actuar como elemento de distracción?

La señalización obedece en la mayoría de casos a lo que marca la norma de señalización vertical. Quizás en algunos casos se descansa demasiado en el refuerzo de la señalización vertical para solucionar posibles inconsistencias en el trazado sin abordar el problema desde una óptica más integral, lo que puede dar lugar al incumplimiento de la misma. En todo caso, del análisis de los accidentes registrados no se observa la señalización vertical (excesiva) como un elemento de distracción que provoque accidentes.

- En relación con las limitaciones específicas de la velocidad y la implantación de barreras de seguridad ¿no debería la DGT cooperar con el titular de la carretera en su justificada implantación, basada en estudios técnicos de seguridad?

La Dirección General de Tráfico mantiene una relación fluida y continua con los distintos titulares de la vía donde se abordan de manera conjunta aquellos aspectos relacionados con la seguridad vial. Al hilo de la respuesta anterior, se busca dotar de la mayor consistencia posible al trazado y su señalización, teniendo en cuenta que los recursos de los que se disponen son limitados y por tanto se debe buscar la máxima eficiencia en su empleo.

Respecto a los sistemas de protección para motoristas, la DGT está ultimando un Indicador objetivo (a semejanza del índice INVIVE) para identificar y categorizar los tramos de la red convencional en función de distintos parámetros objetivos relacionados con directamente con



las motocicletas (accidentes de motocicletas, velocidad, radio de curvatura,...), que ayudará a adoptar distintas medidas buscando la mayor eficiencia y por tanto reducción de la accidentalidad de los motociclistas.

- En relación con los radares de tramo, ¿cómo es la experiencia acumulada? ¿Se pueden considerar un éxito y, por tanto, se ampliará su uso? O, por el contrario, ¿Los efectos negativos de perturbación del tráfico hace que se empleo deba ser restringido a casos particulares?

La experiencia de los radares de tramo está en línea con los objetivos que se planteaban para su introducción. Así en los tramos donde están en funcionamiento la mejora de la seguridad vial es constatable. El uso y extensión de los mismos se hará teniendo en cuenta criterios técnicos, los cuales además están siendo actualizados para buscar la mayor eficiencia de los mismos, identificando las situaciones para los cuales resulta aconsejable su instalación.

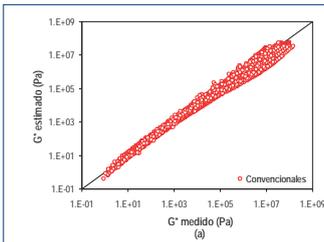
La homogeneidad de velocidades que se consigue en los tramos donde se han instalado en combinación con el respeto del límite de ve-

locidad establecido por el titular de la vía en función de criterios técnicos hace que lejos de producir “perturbaciones” se consiga alcanzar una mayor capacidad y seguridad en los citados tramos.

**La seguridad Vial tiene tantas facetas que probablemente nos hemos dejado muchas de ellas en el tintero, ¿qué otros aspectos de su actividad le gustaría transmitirnos aprovechando esta entrevista?**

Efectivamente, la seguridad vial es una disciplina prácticamente sin fin, y que además nunca debemos olvidar que detrás de las frías cifras y análisis que realizamos hay vidas y familias rotas por la pérdida de un ser querido. Eso lo tenemos siempre muy presente en la Dirección General de Tráfico y nos sirve de estímulo y guía para no cesar en el empeño de mejorar la seguridad vial en nuestro país que, si bien está dentro de los mejores países de la Unión Europea, aún tenemos camino por delante por recorrer gracias a la innovación tecnológica en el vehículo, medidas de ingeniería de tráfico y carreteras y a la colaboración de los distintos agentes implicados podremos seguir mejorando, y alcanzar la deseada meta de erradicar las víctimas de tráfico en nuestras carreteras. ❖

# Un modelo empírico de estimación de las propiedades reológicas de ligantes asfálticos



## An Empirical Estimation Model for the Rheological Properties of Bituminous Binders

**Dr. Ing. Silvia Angelone**

**Dr. Ing. Fernando Martínez**

**MSc. Ing. Marina Cauhapé Casaux**

*Laboratorio Vial – Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras I.M.A.E  
Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad de Rosario  
Riobamba y Berutti - (2000) – Rosario – Argentina*

### Resumen

Las propiedades reológicas de los ligantes asfálticos son de interés por cuanto les confieren las características viscoelásticas propias de las mezclas asfálticas. Los ensayos de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad son utilizados de manera habitual para caracterizar y tipificar los asfaltos de uso vial. Más recientemente, el reómetro de corte dinámico *DSR* adoptado durante el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (*SHRP*) es utilizado para determinar las propiedades reológicas de los ligantes asfálticos a través de la determinación del módulo de corte dinámico  $G^*$  y del desfase entre tensiones y deformaciones. Sin embargo, el *DSR* es un equipo de alto costo y que no está disponible en mu-

chos laboratorios. Este trabajo presenta el desarrollo de modelos empíricos de estimación de estas propiedades reológicas utilizando los resultados de ensayos convencionales, como la penetración a 25 °C, el punto de ablandamiento y las viscosidades determinadas a distintas temperaturas. El modelo ha sido ajustado para distintos ligantes asfálticos, tanto convencionales como modificados y multigrados, utilizando la información contenida en una base de datos que se ha configurado especialmente y que contiene más de 5000 resultados. Se presentan los modelos propuestos, los resultados que se obtienen, la comparación con valores medidos experimentalmente y las conclusiones alcanzadas.

## Abstract

The rheological properties of bituminous binders are of interest because they provide the viscoelastic characteristics to the asphalt. The penetration, softening point and viscosity tests are commonly used to characterize and typify bitumens for road use. More recently, the Dynamic Shear Rheometer (DSR) adopted by the Strategic Highway Research Program (SHRP) is used to determine the rheological properties of bituminous binders through the determination of the dynamic shear modulus  $G^*$  and the divergence between stresses and strains. However, the DSR, an equipment of high cost, is

not available in many laboratories. This work presents the development of empirical models to estimate these rheological properties using the results of conventional tests, such as penetration at 25° C, softening point and viscosities determined at different temperatures. The model has been adapted to different bitumens, both conventional and modified and multigrade, using information from a specific database containing more than 5.000 results. We present the proposed models, results, comparison with experimentally measured values and the resulting conclusions.

## 1. Introducción

Los métodos de diseño de pavimentos asfálticos basados en principios mecanicistas requieren el conocimiento y caracterización de las propiedades mecánicas de los distintos materiales componentes. En el caso de las mezclas asfálticas, la principal propiedad mecánica de interés es el módulo dinámico. Esta propiedad depende, entre otros factores, de la rigidez del ligante asfáltico que le confiere las características viscoelásticas propias de este tipo de materiales.

Tradicionalmente, la penetración a 25 °C ( $Pen_{25}$ ) y el punto de ablandamiento ( $T_{a\&b}$ ) han sido utilizados para valorar empíricamente la consistencia de los asfaltos.

A partir de ellos es posible valorar la susceptibilidad térmica de los asfaltos a través del índice de penetración IP definido por Pfeiffer & Van Doormaal <sup>[1]</sup>:

$$IP = \frac{20 \cdot (1 - 25 \cdot A)}{(1 + 50 \cdot A)} \quad (1)$$

$$A = \frac{\log(800) - \log(Pen_{25})}{(T_{A\&B} - 25)} \quad (2)$$

Buscando una descripción racional de las propiedades reológicas de los asfaltos, en 1954, Van der Poel introdujo el concepto de stiffness (rigidez en español) de los asfaltos como una función de la temperatura y el tiempo de carga, basándose en el simple concepto del módulo de Young aplicado a materiales viscoelásticos <sup>[2]</sup>.

Según Van der Poel, este módulo de rigidez de los asfaltos  $S_{bit}$  se define como el cociente entre la tensión aplicada y la deformación resultante, para un tiempo de carga  $t$  y una temperatura  $T$  del asfalto:

$$S_{bit} = \left( \frac{\sigma}{\epsilon} \right)_{t,T} \quad (3)$$

donde  $\sigma$  es la tensión aplicada y  $\epsilon$  es la deformación resultante.

Basándose en los resultados obtenidos sobre 47 distintos ligantes asfálticos, Van der Poel desarrolló un nomograma de estimación del módulo de rigidez de los asfaltos para una condición de temperatura y un tiempo de carga utilizando resultados obtenidos convencionalmente para estos ligantes. Según Van der Poel, la precisión de este nomograma es ampliamente suficiente para aplicaciones ingenieriles, y  $S_{bit}$  puede ser estimado a cualquier temperatura y tiempo de carga con un factor de 2 <sup>[3]</sup>. Numerosos investigadores han establecido también que el nomograma fue desarrollado en una época en que los asfaltos eran convencionales y, en consecuencia, no es adecuado para ser usado con asfaltos modificados con polímeros <sup>[4,5,6]</sup>.

Algunas pequeñas modificaciones al nomograma original de Van der Poel fueron realizadas en 1966 y 1973, con el objeto de considerar algunas inconsistencias observadas respecto a la hipótesis de equi-consistencia de los asfaltos a la temperatura del punto de ablandamiento "anillo y bola" <sup>[7, 8]</sup>.

Las funciones matemáticas usadas por Van der Poel para el desarrollo de su nomograma nunca fueron explicitadas en ninguna publicación. Sin embargo, Ullidtz <sup>[9]</sup> ha propuesto una fórmula de aproximación ajustando una porción limitada del nomograma de la forma:

$$S_{bit} = (1.157 \times 10^{-7}) \cdot (t^{-0.368}) \cdot (e^{-iP}) \cdot (T_{a\&b} - T)^5 \quad (4)$$

con  $t$  como tiempo de carga en segundos,  $IP$  como Índice de Penetración y  $T$  como temperatura del ligante asfáltico en °C.

El uso de esta ecuación está restringida a tiempos  $t$  entre 0,01 y 0,1 segundos,  $IP$  entre -1,0 y +1,0 y diferencias entre el punto de ablandamiento  $T_{a\&b}$  y la temperatura del asfalto ( $T_{a\&b} - T$ ) entre 10 y 70° C.

En 1998 la compañía *Shell International Oil Products* desarrolló una versión computerizada del nomograma, disponible como un software comercial denominado *Bands 2.0* [10].

Si bien la rigidez del asfalto produce una descripción de las propiedades reológicas del mismo, ésta es incompleta por cuanto no describe el desfase entre tensiones y deformaciones que es característico de los materiales viscoelásticos.

La viscosidad es también una propiedad fundamental de los ligantes asfálticos, y es una medida de la resistencia a fluir de un líquido, definida como la relación entre la tensión de corte aplicada y la velocidad de deformación por corte resultante:

$$\eta = \frac{\tau}{\left(\frac{dy}{dt}\right)} \quad (5)$$

donde  $\eta$  es la viscosidad,  $\tau$  la tensión de corte y  $(dy/dt)$  la velocidad de deformación.

Actualmente está muy difundido el uso de los viscosímetros rotacionales, que posibilitan la determinación de la viscosidad de los ligantes asfálticos a distintas temperaturas. En esas condiciones, ha sido propuesta por ASTM una relación entre esta viscosidad y la temperatura [11] mediante una relación de la forma:

$$\log[\log(\eta)] = A + VTS \cdot \log(T) \quad (6)$$

donde  $\eta$  es la viscosidad en cP,  $T$  la temperatura en °Rankine,  $A$  el parámetro de intersección de la viscosidad y  $VTS$  el parámetro para el Índice de Susceptibilidad Térmica del ligante.

Durante el desarrollo del Programa SHRP se propuso la utilización del Reómetro de Corte Dinámico *DSR* como el equipamiento óptimo para caracterizar mecánicamente el comportamiento reológico de los ligantes asfálticos en condiciones dinámicas, e incorporado para la especificación del grado de prestaciones *PG* de los materiales asfálticos.

En este equipo, una tensión de corte  $\tau$  que oscila sinusoidalmente es aplicada a un delgado disco de asfalto dispuesto entre dos platos paralelos, y se determina la deformación de corte  $\gamma$  que resulta por esa tensión aplicada. Entonces el módulo dinámico de corte  $G^*$  es:

$$\log[\log(\eta_{f,T})] = A' + VTS' \cdot \log(T) \quad (7)$$

El ensayo puede llevarse a cabo a distintas temperaturas y frecuencias, de manera que se tenga una visión general del comportamiento reológico de ese material. Debido

a la naturaleza viscoelástica del asfalto, también puede ser determinado el desfase  $\delta$  entre tensiones aplicadas y deformaciones resultantes.

Sin embargo, este equipo es muy costoso; y en consecuencia no está disponible en la mayoría de los laboratorios, por lo que se hace necesario desarrollar ecuaciones o métodos de estimación del módulo de corte dinámico  $G^*$  y el ángulo de desfase  $\delta$  a partir de los resultados de ensayos convencionales.

Bari y Witczak [12] han propuesto un procedimiento de estimación de  $G^*$  y  $\delta$  para una temperatura y frecuencia a partir de la relación A-VTS.

Primero, una relación A-VTS modificada, que introduce el efecto de la frecuencia sobre la viscosidad del ligante, es formulada como:

$$G^* = \frac{\tau}{\gamma} \quad (8)$$

donde  $\eta_{f,T}$  en cP es la viscosidad del ligante como función de la frecuencia de carga  $f$  y la temperatura  $T$ ;  $A'$  y  $VTS'$  son los parámetros  $A$  y  $VTS$  modificados con:

$$A' = 0.9699 \cdot f^{-0.0527} \times A \quad (9)$$

$$VTS' = 0.9668 \cdot f^{-0.0575} \times VTS \quad (10)$$

Luego, el ángulo de fase  $\delta$  es estimado a partir de la ecuación:

$$\delta = 90 + (-7.3146 - 2.6162 \cdot VTS') \times \log(f \cdot \eta_{f,T}) + (0.1124 + 0.2029 \cdot VTS') \times [\log(f \cdot \eta_{f,T})]^2 \quad (11)$$

y entonces el módulo dinámico de corte  $G^*$  es establecido como:

$$G^* = 0.0051 \cdot f \cdot \eta_{f,T} \cdot (\sin \delta)^{7.1542 - 0.4929f + 0.0211f^2} \quad (12)$$

En este procedimiento de estimación, la viscosidad es usada como parámetro de predicción. El mayor inconveniente en este caso es que la estimación de  $G^*$  no es directa, por cuanto se requiere una estimación previa del ángulo de fase  $\delta$ .

Este trabajo presenta dos modelos de estimación empíricos de los parámetros reológicos  $G^*$  y  $\delta$  de ligantes convencionales y modificados. En el primero de ellos se han utilizado la penetración a 25 °C y el punto de ablandamiento como parámetros de predicción, mientras que para el segundo se ha usado la viscosidad.

Estos modelos han sido ajustados utilizando la información contenida en una base de datos que se ha configurado especialmente, y que contiene más de 5000 resultados. Se presentan los modelos propuestos, los resultados que se obtienen mediante el mismo, la valoración de la bondad del ajuste entre valores medidos y estimados y las conclusiones alcanzadas.

Tabla 1: Ligantes considerados

Nº	Designación	Descripción	Conv. / Modif.	Condición
1	P1	PG58-22	Convencional	Original
2	P1	PG58-22	Convencional	RTFOT
3	P1	PG58-22	Convencional	PAV100
4	P1	PG58-22	Convencional	PAV110
5	P2	PG64-16	Convencional	Original
6	P2	PG64-16	Convencional	RTFOT
7	P2	PG64-16	Convencional	PAV100
8	P2	PG64-16	Convencional	PAV110
9	C11	PG64-22	Convencional	Original
10	C11	PG64-22	Convencional	RTFOT
11	C11	PG64-22	Convencional	PAV100
12	C11	PG64-22	Convencional	PAV110
13	C21	PG76-16	Convencional	Original
14	C21	PG76-16	Convencional	RTFOT
15	C21	PG76-16	Convencional	PAV100
16	C21	PG76-16	Convencional	PAV110
17	N1	PG70-10	Convencional	Original
18	N1	PG70-10	Convencional	RTFOT
19	N1	PG70-10	Convencional	PAV100
20	N1	PG70-10	Convencional	PAV110
21	N2	PG70-10	Convencional	Original
22	N2	PG70-10	Convencional	RTFOT
23	N2	PG70-10	Convencional	PAV100
24	N2	PG70-10	Convencional	PAV110
25	C1	CA10	Convencional	Original
26	C1	CA10	Convencional	RTFOT
27	C2	CA20	Convencional	Original
28	C2	CA20	Convencional	RTFOT
29	C3	CA30	Convencional	Original
30	C3	CA30	Convencional	RTFOT
31	M2	Multigrado	Modificado	Original
32	M2	Multigrado	Modificado	RTFOT
33	MP1	Modificado (EVA)	Modificado	Original
34	MP1	Modificado (EVA)	Modificado	RTFOT
35	MP2	Modificado (SBS)	Modificado	Original
36	MP2	Modificado (SBS)	Modificado	RTFOT
37	MP3	Modificado (SBS)	Modificado	Original
38	MP3	Modificado (SBS)	Modificado	RTFOT
39	PG	PG64-22	Convencional	Original
40	PG	PG64-22	Convencional	RTFOT
41	PG	PG64-22	Convencional	PAV100
42	PG	PG64-22	Convencional	PAV110
43	CA1	CA30	Convencional	Original
44	CA2	50-60	Convencional	Original
45	AM	Modificado AM3 (SBS)	Modificado	Original
46	1SBH	Modificado (1% polietileno reciclado)	Modificado	Original
47	2SBH	Modificado (2% polietileno reciclado)	Modificado	Original
48	3SBH	Modificado (3% polietileno reciclado)	Modificado	Original
49	4SBH	Modificado (4% polietileno reciclado)	Modificado	Original

2. Materiales empleados y metodología experimental

Para este trabajo se han considerado resultados informados por J. Bari en su Tesis de Maestría [13], por F. Morea en su Tesis Doctoral [14] y otros obtenidos por los autores de este trabajo en distintas etapas previas de investigación, totalizando valores de 49 asfaltos tanto convencionales como modificados y con diferentes grados de envejecimiento.

Para todos ellos, los resultados de la penetración a 25 °C (Pen<sub>25</sub>), el punto de ablandamiento (T<sub>a&b</sub>), la viscosidad rotacional a diferentes temperaturas, el módulo de corte dinámico G\* y el ángulo de desfase δ para un amplio rango de temperaturas de ensayo y frecuencias de sollicitación han sido compilados en una larga base de datos, que contiene aproximadamente 5600 conjuntos de datos.

3. Desarrollo de modelos de estimación de G\* y δ usando Pen<sub>25</sub> y T<sub>a&b</sub>

Se han desarrollado dos modelos de estimación empíricos de G\* y δ, utilizando como variables de entrada la penetración a 25 °C (Pen<sub>25</sub>) y el punto de ablandamiento (T<sub>a&b</sub>). El modelo de estimación empírico propuesto es de tipo polinómico, obtenido por prueba y error a partir de varias posibles opciones que fueron optimizándose progresivamente, utilizando un procedimiento no lineal con la función Solver del programa Excel, minimizando la suma del error cuadrático entre los valores medidos de G\* y los estimados por el modelo para todos los ligantes, temperaturas y frecuencias incluidas en la base de datos referida en un espacio doble-logarítmico.

El modelo final de estimación de G\* resulta:

$$\log(G^*) = a_1 \cdot (T_{a\&b} - T)^2 + [a_2 \cdot \log(f) + a_3] \cdot (T_{a\&b} - T) + [a_4 \cdot \log(f) + a_5] \tag{13}$$

con:

$$a_1 = 0.000232 \tag{14}$$

$$a_2 = 0.000446 \cdot IP - 0.004097 \tag{15}$$

$$a_3 = 0.000227 \cdot IP^2 - 0.006002 \cdot IP + 0.059462 \tag{16}$$

$$a_4 = 0.002189 \cdot IP^2 - 0.027486 \cdot IP + 0.791450 \tag{17}$$

$$a_5 = -0.003872 \cdot IP^2 - 0.178917 \cdot IP + 3.825399 \tag{18}$$

y G\* es el módulo de corte dinámico en Pa a la temperatura T en °C y la frecuencia f en Hz, T<sub>a&b</sub> es el Punto de Ablandamiento en °C e IP es el Índice de Penetración.

Para el ángulo de fase δ resulta:

$$\delta = b_1 \cdot (T_{a\&b} - T)^2 + [b_2 \cdot \log(f) + b_3] \cdot (T_{a\&b} - T) + [b_4 \cdot \log(f) + b_5] \tag{19}$$

con:

$$b_1 = -0.000106 \tag{20}$$

$$b_2 = 0.000552 \cdot IP - 0.000978 \tag{21}$$

$$b_3 = 0.000308 \cdot IP^2 + 0.000740 \cdot IP - 0.007808 \tag{22}$$

$$b_4 = -0.004780 \cdot IP^2 - 0.005437 \cdot IP - 0.067407 \tag{23}$$

$$b_5 = -0.002645 \cdot IP^2 - 0.0187785 \cdot IP + 1.385008 \tag{24}$$

y δ es el ángulo de desfase en radianes a la temperatura T en °C y la frecuencia f en Hz.

La Figura 1 muestra la comparación entre valores medidos y estimados del módulo de corte dinámico G\* resultante del modelo anterior, para los ligantes convencionales y modificados incluidos en la base de datos.

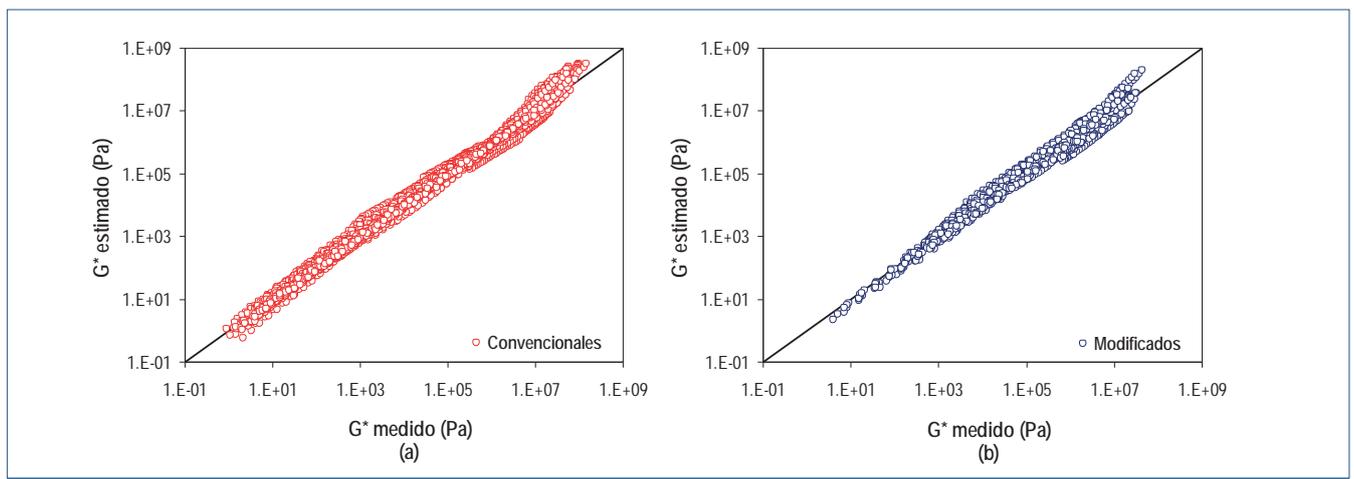


Figura 1: Comparación de valores medidos y estimados de G\* usando Pen<sub>25</sub> y T<sub>a&b</sub> como parámetros de predicción (a) Ligantes convencionales (b) Ligantes modificados

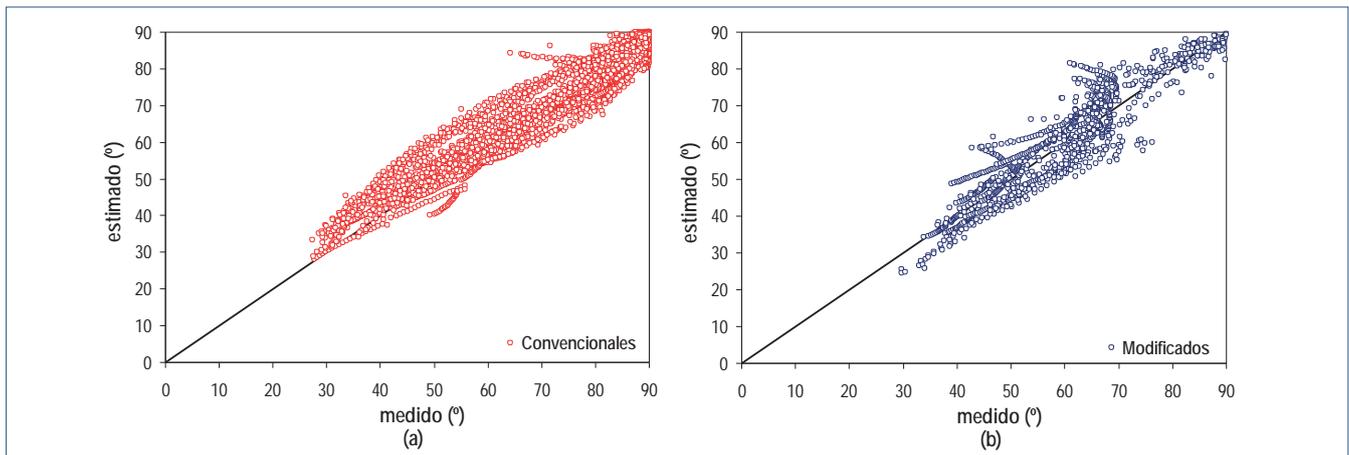


Figura 2: Comparación de valores medidos y estimados de  $\delta$  usando  $Pen_{25}$  y  $T_{a\&b}$  como parámetros de predicción (a) Ligantes convencionales (b) Ligantes modificados

La Figura 2 muestra la misma comparación entre valores medidos y estimados para el ángulo de desfase  $\delta$ .

Para evaluar la calidad de las estimaciones resultantes de estos modelos se ha utilizado un criterio estadístico de "buen ajuste" propuesto por Witczak y otros [15] y mostrado en la Tabla 2. Las estadísticas incluyen la relación entre el error típico de la estimación de los valores y la desviación estándar de valores medidos ( $Se/Sy$ ) y el coeficiente de correlación,  $R^2$ .

La Tabla 3 presenta la evaluación de estos modelos de estimación de acuerdo con ese criterio subjetivo propuesto y para los resultados expresados en un espacio logarítmico para  $G^*$  y otro aritmético para  $\delta$ . La calidad de

las estimaciones para los modelos desarrollados usando la penetración a 25 °C y el punto de ablandamiento como factores de predicción resulta entre excelente y bueno de acuerdo al criterio de "buen ajuste" subjetivo usado, tanto para el conjunto total de resultados como cuando éstos son disgregados en subgrupos separadamente para los ligantes convencionales y los modificados.

Criterio	$R^2$	$Se/Sy$
Excelente	$\geq 0,90$	$\leq 0,35$
Bueno	0,70 – 0,89	0,36 – 0,55
Adecuado	0,40 – 0,69	0,56 – 0,75
Pobre	0,20 – 0,39	0,76 – 0,89
Muy Pobre	$\leq 0,19$	$\geq 0,90$

Modelo	Ligantes	$R^2$	$Se/Sy$	Evaluación
$G^*$ - $Pen_{25}/T_{a\&b}$ (Espacio Logarítmico)	Todos	99,0%	0,10	Excelente/Excelente
	Convencionales	99,1%	0,09	Excelente/Excelente
	Modificados	98,2%	0,13	Excelente/Excelente
$\delta$ - $Pen_{25}/T_{a\&b}$ (Espacio Aritmético)	Todos	92,2%	0,26	Excelente/Excelente
	Convencionales	93,8%	0,22	Excelente/Excelente
	Modificados	83,9%	0,45	Bueno/Bueno

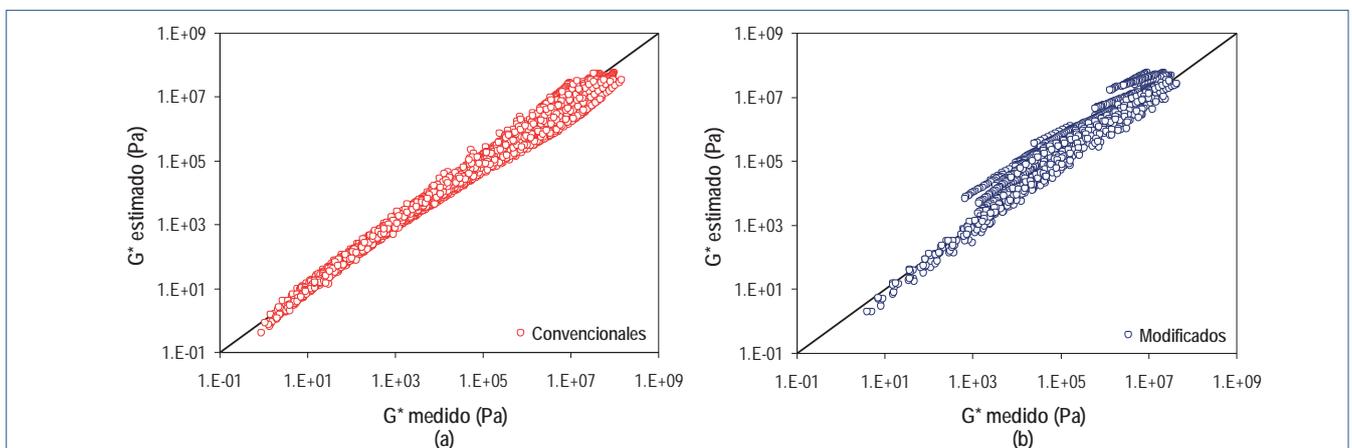


Figura 3: Comparación de valores medidos y estimados de  $G^*$  usando  $Visc_c$  como parámetro de predicción (a) Ligantes convencionales (b) Ligantes modificados

## 4. Desarrollo de modelos de estimación de $G^*$ y $\delta$ usando la viscosidad

En este caso, siguiendo una metodología similar a la utilizada previamente, se han desarrollado dos modelos de estimación de  $G^*$  y  $\delta$  usando la viscosidad ( $Visc_T$ ) como parámetro de predicción. El modelo de estimación de  $G^*$  resulta:

$$\log(G^*) = c_1 \cdot [\log(Visc_T)]^2 + [c_2 \cdot \log(T/f) + c_3] \cdot \log(Visc_T) + [c_4 \cdot \log(T/f) + c_5] \quad (25)$$

con:

$$c_1 = 0.00141 \cdot VTS^2 + 0.00465 \cdot VTS - 0.03635 \quad (26)$$

$$c_2 = 0.01433 \cdot VTS^2 + 0.13124 \cdot VTS + 0.36764 \quad (27)$$

$$c_3 = -0.04005 \cdot VTS^2 - 0.12529 \cdot VTS + 1.19337 \quad (28)$$

$$c_4 = -0.09266 \cdot VTS^2 - 0.75342 \cdot VTS - 2.83358 \quad (29)$$

$$c_5 = -0.01087 \cdot VTS^2 - 1.02485 \cdot VTS - 3.81335 \quad (30)$$

donde  $Visc_T$  es la viscosidad del ligante a la temperatura  $T$  en  $cP$ ,  $T$  es la temperatura en  $^{\circ}C$ ,  $f$  es la frecuencia en  $Hz$ , y  $VTS$  es el parámetro de susceptibilidad térmica de la ecuación (6). Para estimar la viscosidad  $Visc_T$  a la temperatura  $T$  es necesario recurrir a la relación A-VTS mostrada previamente.

La Figura 3 muestra la comparación de valores de  $G^*$  medidos y estimados mediante la ecuación de predicción.

Para el ángulo de fase  $\delta$ , el modelo que se propone resulta:

$$\delta = d_1 \cdot [\log(Visc_T)]^2 + [d_2 \cdot \log(T/f) + d_3] \cdot \log(Visc_T) + [d_4 \cdot \log(T/f) + d_5] \quad (31)$$

con:

$$d_1 = 0.00398 \cdot VTS + 0.01052 \quad (32)$$

$$d_2 = -0.00923 \cdot VTS^2 - 0.07568 \cdot VTS - 0.12880 \quad (33)$$

$$d_3 = 0.00650 \cdot VTS^2 - 0.04363 \cdot VTS - 0.31727 \quad (34)$$

$$d_4 = 0.05443 \cdot VTS^2 + 0.44782 \cdot VTS + 0.81228 \quad (35)$$

$$d_5 = -0.00785 \cdot VTS^2 + 0.29045 \cdot VTS + 2.99781 \quad (36)$$

donde  $\delta$  es el ángulo de fase en radianes y los restantes parámetros tienen el mismo significado indicado previamente.

La Figura 4 muestra la comparación de valores de  $\delta$  medidos y estimados mediante la ecuación de predicción.

La calidad de la estimación para los modelos desarrollados usando la viscosidad como factor de predicción ha sido evaluada usando el mismo criterio subjetivo utilizado previamente resultando las valoraciones que se indican en la Tabla 4.

En este caso, la calidad de las estimaciones para los modelos desarrollados usando la viscosidad como factor de predicción resulta excelente para  $G^*$ , y entre excelente y adecuado para el ángulo de desfase  $\delta$  tanto para el conjun-

Tabla 4: Evaluación de los modelos de predicción usando la Viscosidad

Modelo	Ligantes	R <sup>2</sup>	Se/Sy	Evaluación
G* - Visc <sub>T</sub> (Espacio Logarítmico)	Todos	97,4%	0,16	Excelente/Excelente
	Convencionales	98,9%	0,10	Excelente/Excelente
	Modificados	94,5%	0,24	Excelente/Excelente
δ - Visc <sub>T</sub> (Espacio Aritmético)	Todos	87,5%	0,31	Bueno/Excelente
	Convencionales	93,8%	0,20	Excelente/Excelente
	Modificados	71,5%	0,66	Bueno/Adecuado

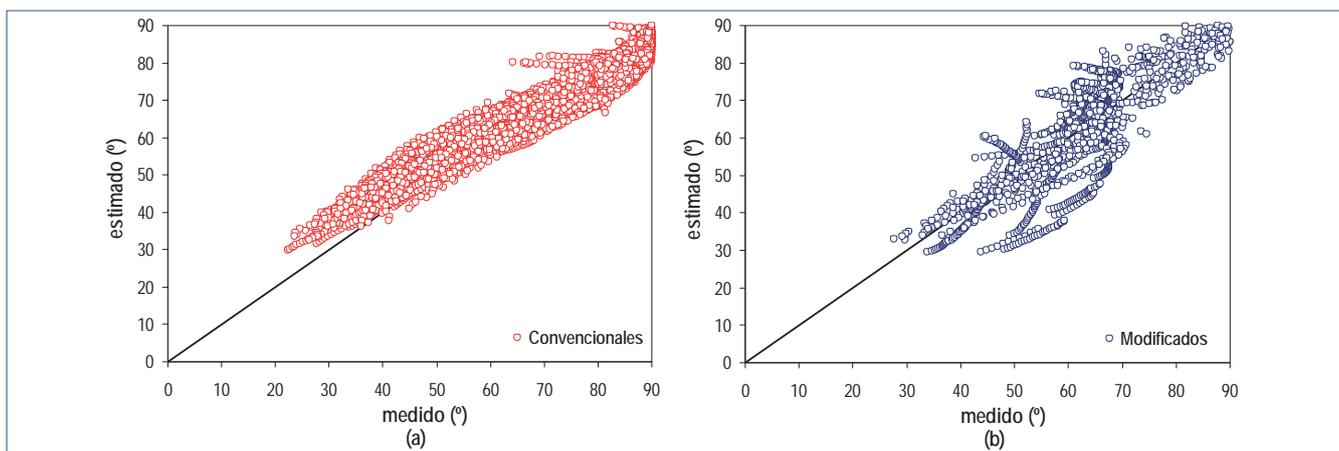


Figura 4: Comparación de valores medidos y estimados de  $\delta$  usando  $Visc_T$  como parámetro de predicción (a) Ligantes convencionales (b) Ligantes modificados

to total de resultados así como cuando éstos son disgregados en los subgrupos de los ligantes convencionales y los modificados separadamente.

## 5. Conclusiones

- Se han desarrollado modelos de predicción del módulo de corte dinámico  $G^*$  y del ángulo de desfase  $\delta$  de asfaltos convencionales y modificados, usando como factores de predicción características convencionalmente determinadas, como son la penetración a 25 °C, el punto de ablandamiento o la viscosidad rotacional.
- Estos modelos de estimación son de tipo empírico y de estructura polinómica, obtenidos por prueba y error a partir de varias posibles opciones que fueron optimizadas utilizando un procedimiento no lineal con la función Solver del programa Excel, minimizando la suma del error cuadrático entre los valores medidos y los estimados.
- Los modelos han sido ajustados usando los resultados contenidos en una amplia base de datos, con aproximadamente 5600 conjuntos de datos recopilados de diversas fuentes.
- En el caso de los modelos de estimación de  $G^*$  usando la penetración a 25 °C y el punto de ablandamiento, la calidad de las predicciones es excelente, tanto para el conjunto de datos como cuando éstos son disgregados en dos conjuntos diferentes para los asfaltos convencionales y modificados. Lo mismo ocurre para el modelo de predicción de  $G^*$  usando la viscosidad como factor de predicción.
- La calidad de las estimaciones para el caso de los modelos de estimación de  $\delta$  usando la penetración a 25 °C y el punto de ablandamiento o la viscosidad, y sólo para el conjunto de los asfaltos convencionales, resulta excelente. Sin embargo, para el conjunto de los ligantes modificados la calidad de las estimaciones resulta afectada, variando entre buena y adecuada. Esta observación es consecuente con el comportamiento reológico más complejo de los asfaltos modificados.
- Se destaca que estos modelos desarrollados son herramientas de estimación que no reemplazan las determinaciones experimentales.
- Sin embargo, estos modelos basados en resultados empíricos convencionalmente obtenidos en los laboratorios viales permiten predecir de una manera suficientemente precisa las propiedades reológicas fundamentales de los cementos asfálticos para ser empleadas con propósitos prácticos en el diseño estructural de pavimentos flexibles.

## 6. Referencias bibliográficas

- [1] Pfeiffer, J. P. and van Doormaal. 1936. "The rheological properties of asphaltic bitumen". *Journal of the Institute of Petroleum Technologists*. 22: 414.
- [2] Van der Poel C. "A general system describing the viscoelastic properties of bitumens and its relation to routine test data". *J. Appl. Chem.*; 4:231–6. 1954.
- [3] Bonnaure F, Gest G, Gravois A, Uge P. "A new method of predicting the stiffness of asphalt paving mixtures". *Proc. Association of Asphalt Paving Technologists*, 46:64–104. 1977.
- [4] Read J, Whiteoak D. "The Shell bitumen handbook". 5<sup>a</sup> ed. London. Thomas Telford Publishing. 2003.
- [5] Anderson D. A, Christensen D. W., Bahia H. U., Dongré R., Sharma M. G. and Antle C. E. "Binder characterization and evaluation", vol. 3: physical characterization. Report SHRP-A-369. 1994.
- [6] Yusoff, N. I., Shaw, M. T. and Airey, G. D. "Modelling the linear viscoelastic rheological properties of bituminous binders". *Construction and Building Materials* 25, 2171–2189. 2011.
- [7] Heukelom W. "Observations on the rheology and fracture of bitumens and asphalt mixes". *Proc Association of Asphalt Paving Technologists*. 36:359–97. 1966.
- [8] Heukelom, W. "An improved method of characterizing asphaltic bitumens with the aid of their mechanical properties". *Proc Association of Asphalt Paving Technologists*. 42: 67–98. 1973.
- [9] Ullidtz, P. "A fundamental method for the prediction of roughness, rutting and cracking in asphalt pavements". *Proc Association of Asphalt Paving Technologists*. 48: 557–586. 1979.
- [10] Shell International Oil Products. Bands2. 1998.
- [11] American Society of Testing and Materials. D2493-01 "Standard Viscosity-Temperature chart for asphalts". Volume 04.03. 2009.
- [12] Bari, J. and Witczak, M. W. "New predictive models for viscosity and complex shear modulus of asphalt binders: for use with mechanistic-empirical pavement design guide". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2001: 9-19.2007.
- [13] Bari, J. "Investigation of the rheological properties of typical asphalt binders used in Arizona". MSc. Thesis. Arizona State University. 2001.
- [14] Morea, F. "Deformaciones permanentes en mezclas asfálticas. Efecto de la reología de los asfaltos, la temperatura y condiciones de carga". Tesis presentada para el grado de Doctor en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. 2011.
- [15] Witczak, M.W., T. Pellinen and M. El-Basyouny. "Pursuit of the Simple Performance Test for Asphalt Concrete Fracture/Cracking", *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Volume 71, 2002. ❖

# Un camino hacia la sostenibilidad: El reciclado de residuos de construcción y demolición como material para firmes de carreteras



A Way Towards Sustainability: the Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste as Material for Road Surfaces

**Laura Parra Ruiz**

*Centro de Estudios del Transporte (CEDEX)*

**César Medina Martínez**

*Dpto. de Construcción. Escuela Politécnica Universidad de Extremadura*

**Antonio Sánchez Trujillano**

*Director del Centro de Estudios del Transporte (CEDEX)*

## Resumen

Pudiera parecer que en la construcción de carreteras no quedara ya espacio para la innovación porque estuviera todo inventado y suficientemente experimentado. Sin embargo, la realidad es bien diferente; la carretera del futuro cuenta con un amplio margen de mejora en multitud de frentes, entre otros, los materiales empleados en su construcción, las medidas de mejora de la seguridad y confort de sus usuarios, la solución a situaciones recurrentes u ocasionales de congestión, en la mitigación de sus efectos sobre el entorno, en los consumos de energía, emisiones y efectos sobre el cambio climático, en su capacidad de adaptación a nuevas exigencias de los vehículos, y muchos más.

Cada uno de ellos es objeto de investigación y experimentación y avanza al ritmo de sus posibilidades y de los recursos destinados a ello, siendo una tarea importante la coordinación de estas iniciativas para obtener el mayor provecho posible de ellas.

En lo referente a los materiales empleados en la construcción de carreteras, ante la necesidad de acercar

estas actuaciones hacia la sostenibilidad y evitar en la medida de lo posible el empleo de recursos naturales, se constata la necesidad de experimentar con materiales procedentes de residuos, subproductos de otros procesos, oportunamente caracterizados y desclasificados como tales, también llamados materiales secundarios, y determinar su idoneidad así como los tipos de firmes y la posición dentro de ellos en la que se les puede utilizar en unas condiciones tan ventajosas como las que pudieran ofrecer los materiales convencionales empleados en los mismos firmes.

En particular, en este artículo se hace referencia a una amplia familia de residuos, como es el caso de los residuos de construcción y demolición, caracterizados por su heterogeneidad y por las cantidades que se generan, y se enuncian las líneas generales de su empleo en capas de firmes de carreteras, como material integrante de la propia estructura, a fin de plantear unas soluciones constructivas más cercanas a las exigencias de sostenibilidad.

## Abstract

It might seem that in the construction of roads there is no room for innovation because everything has already been invented and sufficiently experienced. However, the reality is quite different; there is a considerable scope of aspects for future improvement of roads, among others, the materials used for construction, measures to improve road safety and a major comfort for road users, solutions for recurring or occasional situations of traffic jam, mitigation of the effects on the environment, energy consumption, gas emissions and effects on climate change, ability to be adapted to new vehicle requirements, and many others.

Each of these aspects has become an object of research and experimentation and we can see a progress according to their possibilities and resources, being this an important task in order to coordinate and maximize the potential of these initiatives.

Regarding the materials used in road construction, given the need to bring these actions closer to sustainability and to avoid as far as possible the use of natural resources, it is important to encourage the use of materials obtained from recycled waste, by-products of other processes, promptly characterized and declassified as such, also called secondary materials, in order to determine their suitability to be used as material for road surfaces providing the same guarantees as those offered by conventional materials used for the same road surfaces.

In particular, this article refers to a large family of waste, such as construction and demolition waste, characterized by its heterogeneity and quantity, and sets out the general outline for its use in the construction of road surface layers, in order to propose solutions that fulfill sustainability criteria.

Con mayor o menor éxito se vienen empleando materiales en la construcción de carreteras que no son los tradicionales sino que, ante la imposibilidad o dificultad de disponer de materias primas vírgenes o ante una mayor sensibilidad social por las consecuencias de su utilización, se recurre a otros materiales, concretamente en lo que se refiere a esta exposición, a materiales que anteriormente han tenido la consideración de residuos, a los que mediante un proceso de gestión adecuado se les han conferido características para convertirse en un material válido para la construcción de carreteras.

La dificultad, cada vez mayor, de disponer de materias primas de calidad suficiente, en cantidad y precio aceptables para su empleo en la construcción de carreteras, junto con las políticas europeas, nacionales y autonómicas encaminadas a impulsar un modelo de economía circular, presenta como contrapunto la circunstancia de poder aprovechar una cantidad cada vez mayor de desechos de las más diversas naturalezas y procedencias que ocupan extensiones considerables de terreno y son causantes de su degradación ambiental, bien sea únicamente en forma de afeción a sus valores paisajísticos o bien de contaminación del suelo o de las aguas, lo que ha traído como consecuencia que se hayan instrumentado soluciones alternativas para los materiales empleados en la obra pública, y en particular en las carreteras, basadas en la adaptación para este fin de materiales, convenientemente tratados, procedentes de las corrientes residuales de otras actividades.

El objeto de esta presentación consiste en exponer las propiedades de alguno de estos materiales procedentes de residuos, también llamados materiales secundarios, así

como las experiencias sobre actuaciones llevadas a cabo con ellos, con el fin de difundir sus capacidades como material de construcción alternativo y trasladar el conocimiento obtenido con su aplicación a quienes puedan hacer uso de él, entendiendo que no por ello las carreteras construidas con este tipo de materiales son sostenibles sino que el empleo en ellas de este tipo de materiales contribuye a su sostenibilidad y les acerca a este objetivo.

Los resultados de algunas de las experiencias realizadas con estos materiales son suficientemente prometedores como para permitir suponer que en breve se podrá disponer de ellos como materiales capaces de dar prestaciones equiparables a las de las materias primas vírgenes, si bien, ello requiere concluir investigaciones y experimentación con ellos, así como sistematizar la forma y contenido de esta experimentación con el fin de poder concretar los ámbitos más idóneos para su empleo y, en el caso específico de su empleo en carreteras, dar respuesta en cuanto a su campo de aplicación en función de la intensidad y distribución del tráfico así como a la manera más eficaz de incorporarlos para obtener de ellos las mejores prestaciones posibles.

## Residuos de construcción y demolición. Magnitudes y caracterización

Aunque se ha experimentado con muchos materiales secundarios de muy diversos orígenes, nos vamos a centrar en este artículo en los denominados residuos de construcción y demolición, debido a: I) los grandes volúmenes que se generan, representando entre un 30-35% de los residuos generados en la UE; II) los problemas que ha pre-

sentado su empleo en carreteras; y III) las soluciones que se les han dado con el fin de que puedan ser utilizados con garantías similares a las de los materiales convencionales.

Es difícil dar una cifra de la magnitud de la generación de residuos de construcción y demolición en España; sin embargo, para hacernos una idea de su entidad, se puede hacer uso de los datos ofrecidos en el Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción que edita el CEDEX, y que recoge las cifras de generación de tales residuos y su evolución en el tiempo en las cantidades que figuran en la Tabla 1.

En un informe más reciente de la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición, fechado en mayo de 2017, titulado Informe de producción y gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en España (2011-2015), figuran las cantidades que se recogen en la Tabla 2.

Otro dato importante que se desprende del citado informe de la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición es la magnitud de la denominada producción incontrolada, esto es, la que termina en vertederos incontrolados o en vertidos igualmente incontrolados en márgenes de carreteras, cauces, caminos, etc., que se estima en el periodo estudiado de 2011-2015 en un 30% del total, es decir, más de 5 millones de toneladas/año, lo que viene a dar explicación, que no justificación, a la lentitud en los avances tecnológicos en la gestión de estos residuos dado que una de las medidas más eficaces de ésta, la separación en origen, queda totalmente condicionada por el riesgo de su eliminación incontrolada.

Tabla 1. Cantidades de residuos de construcción y demolición generadas en España (Fuente: Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción)

RCD generados en España (en miles de toneladas)	Año		
	2007	2008	2009
	42.000	32.000	23.000

Tabla 2. Producción de RCD España (t). Estimación realizada a partir de datos de las CC.AA. (Fuente: Informe de Producción y Gestión de RCD en España. Periodo 2011-2015. Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición)

Año	2011	2012	2013	2014	2015
Población	46.736.257	46.766.403	46.593.236	46.455.123	46.410.149
Entradas a Centros de Tratamiento	11.284.475	8.798.171	8.825.523	10.274.483	10.049.667
Reciclaje/Valorización	10.033.939	7.782.142	7.313.560	8.656.032	8.700.601
Stock RCD	1.250.536	1.016.029	1.511.963	1.618.451	1.349.065
Áridos, materiales y subproductos	8.462.219	6.515.858	6.033.064	7.248.028	7.261.935
Rechazos vertedero	1.607.720	1.266.285	1.280.495	1.408.005	1.438.666
Reciclaje en obra	0	16.850	49.127	141.716	74.390
Entradas vertedero	5.060.708	3.595.545	3.691.430	4.464.219	4.415.047
Entradas directas	3.452.988	2.329.261	2.410.935	3.056.215	2.976.380
Procedentes de centros de tratamiento	1.607.720	1.266.285	1.280.495	1.408.005	1.438.666
TOTAL PRODUCCIÓN RCD	14.737.463	11.144.282	11.285.585	13.472.414	13.100.437
Ratio (t/hab./año)	0,315	0,238	0,242	0,290	0,281



Foto 1. Acopio de árido reciclado. Su distribución granulométrica posterior dependerá del uso al que haya de estar destinado, o su uso posterior condicionará dicha distribución

La distribución espacial de la producción de estos residuos se encuentra repartida por todo el territorio español de manera que guarda una relación relativamente estrecha con la densidad de población, por una razón también lógica de que también se ha registrado una actividad constructiva tanto más intensa cuanto mayor es la densidad de población. Por otra parte, es de destacar el significativo descenso en la generación de residuos de construcción y demolición que se registra en algunos de los años recogidos en las tablas anteriores, y aunque sería deseable que estuvieran motivados por mejoras introducidas en la gestión, se deben, por el contrario, a la crisis experimentada en el propio sector de la construcción, así como por la crisis económica que acompañó a la de la construcción.

Aun así, es evidente, ante tales cifras, que la solución que se les dio inicialmente, de buscar espacios susceptibles de convertirse en vertederos para alojar estos residuos de una forma más o menos controlada e indefinida en el tiempo no es válida ni sostenible en modo alguno, y aunque todavía se siga utilizando como solución, lejos de

ser un procedimiento aceptable, puesto que dichos materiales albergan recursos que pudieran ser perfectamente utilizables, ocupan grandes volúmenes de espacio y son causantes de una degradación ambiental que no puede perpetuarse en el tiempo. Por ello, desde hace décadas se vienen realizando trabajos de investigación que han dado fruto al desarrollo de normativas que permiten articular iniciativas para detraer por vía del reciclado una parte de estas ingentes cantidades de residuos enviadas a los vertederos para emplearlas como materiales de construcción, tanto en la edificación como en la obra pública.

Por otra lado, si la magnitud de dichas cifras de producción debería ser un motivo de preocupación para los gestores de residuos y por extensión para toda la sociedad, que tiene ante sí un problema importante sin resolver, más preocupante aún debería ser el hecho de que estos residuos se acumulen indefinidamente y en el mejor de los casos sólo una pequeña parte de ellos se recicle, concretamente, la fracción de los hormigones, que se emplea principalmente como áridos para el diseño de nuevos hormigones, tal y como recoge actualmente la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08).

Es obvio que la figura del vertedero y la adopción de medidas para que estos residuos no se vertieran de manera incontrolada supuso en su momento un avance frente al vertido incontrolado. No obstante, se debe entender que esta figura empieza a estar obsoleta y que no son precisos grandes avances tecnológicos, sino tan solo un esfuerzo de voluntad, para reconducir esta situación hacia esquemas de una economía circular, que permitan y el reciclado de aquellas fracciones que apenas si tienen aceptación, posiblemente por una falta de concienciación social y desconocimiento técnico por parte de los profesionales de sus posibles aplicaciones o por evitar riesgos frente a soluciones constructivas mucho más avaladas por la experiencia.

Una vez decidida y aceptada la conveniencia de dar un segundo y posteriores usos a estos materiales e integrarlos en el ámbito de la construcción por vía de su reciclado han ido surgiendo nuevos problemas a los que de una u otra manera se les ha ido dando respuesta. El primero ha sido que bajo la denominación genérica de residuos de construcción y demolición se encuentra una gama enormemente amplia de productos en función de su composición y de sus propiedades físicas, mecánicas y resistentes y, consecuentemente, de sus aptitudes para emplazarlos con garantías de éxito en unas u otras capas del firme.

Una característica de estos residuos es que en buen número de casos las demoliciones de las que proceden no se hacen de manera selectiva, separando los materiales demolidos con arreglo a su composición; además, dado el escaso interés que han suscitado estos materiales no es infrecuente que en etapas posteriores hasta su traslado al centro de reciclado correspondiente se vayan mezclando con otros residuos, ajenos a las demoliciones de las que proceden, ta-

les como orgánicos (papel y cartón, restos vegetales, etc.), residuos urbanos voluminosos (colchones, electrodomésticos, etc.) u otros muchos cuya incorporación a la masa de residuos de construcción y demolición debería evitarse en origen, lo que redundaría en una mejor calidad y homogeneidad del material de partida que se pretende reciclar.

Es más, la separación que no se hace en origen, o la mezcla de residuos que no se impide en origen, dificulta la posterior preparación y procesado en la planta de gestión de fracciones homogéneas en cuanto a granulometría y prestaciones (físicas y/o mecánicas), o las encarece de tal manera que hacen imposible cualquier aprovechamiento posterior que pueda competir libremente en el mercado con otros materiales.

Los residuos de construcción y demolición aparecen identificados en el Capítulo 17 y diversos subcapítulos de éste de la Lista Europea de Residuos., Si bien una clasificación práctica y relativamente sencilla de éstos que se suele emplear en las instalaciones en las que se gestionan es la siguiente:

- a) Hormigones, entendiéndose como tales aquéllos en los que predominan restos de la demolición de hormigones, esto es, cemento y áridos, con independencia de la composición granulométrica o de la forma y características de los áridos que formaban parte del hormigón. Esta fracción se considera la más noble dentro de la masa de residuos de construcción y demolición y es la que ha centrado el interés de un mayor número de investigaciones y la que tiene más aplicaciones, en particular, como árido grueso para la fabricación de nuevos hormigones de tipo estructural o no estructural.
- b) Restos cerámicos, que incluyen ladrillos, tejas y otros materiales cerámicos predominantemente. Aunque éstos suelen venir acompañados por la argamasa que unía los ladrillos, es decir, de un mortero, generalmente de yeso, y cuya presencia es indeseable en numerosas aplicaciones del ámbito de la construcción y de la obra pública., Por lo que la presencia de yeso en mayor o menor proporción es determinante del futuro uso del material y de la posible reducción de las prestaciones que pueda ofrecer tras su reciclado.
- c) Yesos, que incluyen la fracción en la que predominan los sulfatos y cuyo aprovechamiento posterior quedaría aún más restringido que el de las fracciones anteriores en razón a su escasa resistencia mecánica, a su comportamiento frente al agua y a su capacidad de reaccionar con otros materiales utilizados en construcción y de empeorar sus cualidades o comprometer las prestaciones durables a lo largo de la vida de servicio de una estructura o infraestructura.
- d) Orgánicos y rechazos, en los que se incluyen fracciones que, en principio, no tienen aprovechamiento ni se someten a ningún proceso de selección del que se pueda conseguir una mejora de sus propiedades que permita su utilización posterior en la construcción o en las obras públicas.



Foto 2. Árido mixto procedente de residuos de construcción y demolición

A su vez, se debe tener en cuenta que, aunque la demolición o el proceso de gestión posterior en la planta sean tareas cuidadosamente esmeradas, cada uno de los tipos de residuos enunciados, aparecen en mayor o menor proporción con residuos de los otros tipos, por lo que a la hora de definir las aplicaciones de cada una de estas fracciones habría también que acotar la cantidad máxima admisible de residuos de composición diferente a la interesada.

En diversos estudios de caracterización de estos materiales llevados a cabo en el CEDEX<sup>1</sup> se concluye que “si bien, la mayor parte de los residuos que se generan en actividades de construcción y demolición no suelen revestir características de peligrosidad, su recogida de forma no selectiva provoca la mezcla de distintos tipos de residuos que en general no son peligrosos pero que, al mezclarse, pueden dar lugar a residuos contaminados en su conjunto, lo que impide someterlos a un aprovechamiento apropiado, ...”.

Entre los materiales y sustancias que aun en pequeñas cantidades pueden encontrarse en este tipo de residuos y les pueden conferir alguna peligrosidad se pueden destacar los siguientes:

- Aditivos de hormigones
- Adhesivos, másticos, selladores, pinturas y disolventes, y sus respectivos envases
- Productos que contienen amianto en fibras
- Restos de fungicidas, insecticidas y pesticidas empleados en tratamientos de protección de maderas
- Revestimientos ignífugos clorados
- Refrigerantes que contienen CFC's
- Equipos con PCB's
- Luminarias con mercurio u otros metales pesados

Aquí surge una de las demandas más claras que forman los gestores de las plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición que es la de conocer, para cada el posible destino de cada una de las fracciones que integran el residuo, los requisitos que debe cumplir

en cuanto a composición, tolerancias y tamaños máximos y mínimos o husos granulométricos necesarios. Resulta que la selección, preparación y acondicionamiento para un uso determinado de una fracción concreta de residuos de construcción y demolición es compleja y costosa, por lo que al desconocer dichos gestores la forma que tienen que dar a los residuos para convertirlos en materiales útiles en construcción terminan por quedar a la espera de indicaciones al respecto, o lo que es lo mismo, por dejarlos acopiados en la planta sin terminar de aplicar las medidas necesarias para su reciclado.

Por su parte, los potenciales usuarios de estos materiales, en general poco dispuestos a emplearlos en sustitución de las materias primas vírgenes, desconocen esta indeterminación que afecta a los gestores, por lo que es necesario poner en contacto y articular un diálogo entre ambos partícipes del reciclado de los residuos de construcción y demolición para terminar de definir con exactitud los requisitos que para cada caso y para uso debe reunir el material obtenido a partir de ellos.

Finalmente, indicar que los subproductos finales pueden clasificarse siguiendo diferentes clasificaciones, siendo una de las más reconocidas en el ámbito nacional e internacional aquella que se basa en su composición:

- Áridos reciclados de hormigón
- Áridos reciclados mixtos
- Áridos reciclados mixtos cerámicos.

## Reciclado de residuos de construcción y demolición y su aplicación en carreteras

El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y demás normativa concordante, reguladora de las actuaciones en la Red de Carreteras del Estado, contempla en su articulado la posibilidad de emplear como áridos en la construcción de carreteras materiales procedentes de residuos, concretamente de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición, para los que dispone que además de cumplir los requisitos físicos, químicos, mecánicos y de durabilidad aplicables a los materiales convencionales, “que hayan sido debidamente tratados y que no se encuentren mezclados con otros contaminantes”<sup>2</sup>.

Asimismo, en estos casos en que el citado Pliego permite el uso de materiales no convencionales en capas de firme, exige que su empleo aparezca expresamente contemplado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto correspondiente, o en su defecto, que cuente con la aprobación del Director de las Obras, o que sea

<sup>1</sup> Análisis de las posibilidades de uso de los materiales procedentes de residuos en carreteras (2015)

<sup>2</sup> Nótese por los términos en que aparece redactada esta exigencia en esta norma, que al hacer mención a “otros contaminantes” se da por sentado que los residuos de construcción y demolición son también contaminantes, cuando la experiencia y los resultados obtenidos al respecto de numerosos ensayos de laboratorio vienen a evidenciar que en la mayor parte de los casos su naturaleza es inerte.



Foto 3. Construcción de un firme de carretera con árido procedente de residuos de construcción y demolición (Imagen facilitada por la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición)

éste quien establezca las prescripciones particulares para la utilización de estos materiales. Es evidente que en estas circunstancias y habida cuenta de las múltiples y variadas responsabilidades que recaen de manera personal sobre quien desempeña la función de Director de las Obras, éste no quiera asumir ninguna otra y que sea el ámbito de la investigación y la experimentación quien le dé previa y satisfactoriamente resuelta a esta cuestión sin que ello represente para él responsabilidades adicionales.

Debe tenerse en cuenta que el profesional que utiliza estos materiales en lugar de los tradicionales se enfrenta, con carácter general a dos inquietudes, que son: el riesgo de que no responda a las expectativas prestacionales que deberían cumplir o que por proceder de algo que anteriormente fue un residuo pueda ser causante de una contaminación en su entorno, o se le pueda atribuir cualquier episodio de contaminación del entorno aun no siendo causante del mismo, que con materias primas vírgenes no se hubiera producido.

Para dar respuesta a esta duda y evitar susceptibilidades de otro género, se estima necesario someter de manera sistemática y metódica a estos materiales a un análisis de su composición, previo a cualquier otro aprovechamiento posterior, en el que se determine la presencia y, en su caso, la concentración de cualquier sustancia potencialmente contaminante que pudiera estar presente en él y se analice su comportamiento, particularmente en el caso de que el material utilizado pudieran ir destinado a un emplazamiento con presencia de suelos o aguas que pudieran quedar afectados por esta contaminación.

El CEDEX está actualmente involucrado en ensayos experimentales con esta tipología de residuos y se encuentra cercano a emitir un dictamen sobre la manera de llevar a cabo la caracterización ambiental de estos materiales mediante un ensayo de lixiviación en columnas de la fracción del residuo de construcción y demolición que se vaya a emplear en un determinado uso, de manera que a través de

estos ensayos quede acreditada su inocuidad o, en caso de que se detectasen sustancias en el lixiviado que pudieran ser causantes de contaminación del medio se determinarían los límites en cuanto a su presencia y los requisitos que deben tenerse en cuenta para su puesta en obra, o en caso de que tales sustancias aparecieran con concentraciones mayores que las que oportunamente se fijen para garantizar su inocuidad, para impedir que dicho material pueda valorizarse, incluso aunque sus propiedades lo permitieran.

El ensayo instrumentado para esta detección de posibles contaminantes presentes en el residuo a través de sus lixiviados es un ensayo en el que, aunque están pendientes de ultimarse varios detalles para su aplicación, puede considerarse conceptualmente sencillo; consiste en hacer pasar agua a presión por una columna en la que se encuentra confinado el material objeto del ensayo con una relación líquido/ sólido constante. El tamaño de la columna, la presión a la que se hace pasar el agua, relación líquido/ sólido, la temperatura de ésta y el tiempo de duración son las variables que intervienen en él y las que el CEDEX está terminando de ajustar para confirmar que se trata de un ensayo que siendo representativo y válido para otros residuos granulares que pueden generar contaminación a través de sus lixiviados pueda generalizarse a los residuos de construcción y demolición. El líquido obtenido tras el paso del agua (eluito) por las columnas llenas del material objeto del ensayo se analiza mediante espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y a la vista de su composición y de la concentración de los diferentes cationes detectados de partida se emite el dictamen que proceda.

Otro aspecto que debe concretarse, dado que se trata de un material cuyas propiedades pueden variar notablemente según su procedencia y el tratamiento al que ha estado sometido, es la frecuencia con la que deben realizarse estos ensayos de caracterización composicional, entendiéndose en este sentido que estos deberán ser tanto más frecuentes cuanto mayor dispersión de tipos y concentraciones de cationes se detecte en su composición, de tal manera que cuando se alcance una cierta estabilidad en dicha composición se podría bajar razonablemente su frecuencia y, en su caso, el listado de contaminantes potenciales que deben ser objeto de seguimiento.

El resto de los ensayos a los que debe someterse un material para evaluar sus prestaciones físicas, químicas, mecánicas y durables para su empleo como material de firmes de carreteras están perfectamente definidos en la normativa de carreteras, por lo que un material procedente de un residuo sería válido para su empleo en firmes de carreteras si además de cumplir los requisitos del mencionado ensayo de lixiviación cumple los exigidos en la propia normativa específica de carreteras para la capa del firme donde se pretenda emplear.

## Conclusiones

Parece evidente que la construcción en el futuro y, en particular la obra pública, haya de utilizar de manera sistemática materiales procedentes del reciclado de materiales de construcción, concretamente de los residuos de construcción y demolición, lo que ya impone en primer lugar una serie de obligaciones aplicables al proceso de demolición en el sentido de que ésta ha de ser selectiva y en la necesidad de llevarse a cabo operaciones de separación y clasificación de los materiales obtenidos con arreglo a unos criterios previamente establecidos basados en el posible destino final y futuro uso del material demolido. Asimismo, en este proceso debe evitarse que por descontrol en la gestión u otros motivos se incorporen otros residuos que dificulten o hagan aún más complejo el proceso de su separación y clasificación.

El hecho de utilizar materiales procedentes del reciclado de otros no es un hecho bueno en sí mismo, sino que plantea unas ventajas (menor afección a los recursos naturales, menor impacto ambiental, mejor balance de huella de carbono, etc.) y unos inconvenientes (confirmar que sus propiedades mecánicas y resistentes son equiparables a la de las materias primas vírgenes a las que sustituye, que no libera sustancias que puedan ser causantes de contaminación del medio, etc.). Este escenario debe estar siempre presente en la mente del proyectista, para lo que debe hacer uso de los instrumentos de diagnóstico disponibles con los que pueda demostrar las ventajas del material reciclado y acreditar mediante los ensayos pertinentes su idoneidad.

La construcción de carreteras españolas integradas en la Red de Carreteras del Estado está regulada por normas muy estrictas que determinan el tipo y composición de sus firmes en función del tráfico esperado y del conocimiento exhaustivo de los materiales empleados y de su comportamiento a través de ensayos, también normalizados, mediante los cuales se determinan con aceptable exactitud las características mecánicas y estructurales del firme en su conjunto y de cada uno de los materiales que lo integran;. Se puede afirmar lo mismo de las redes de carreteras gestionadas por otros titulares, tales como Comunidades Autónomas, Diputaciones y Administración Local, si bien, la aparición de estos nuevos materiales procedentes del reciclado de residuos comporta una novedad derivada de la variabilidad potencial de sus características, que obliga también a realizar ensayos que permitan conocer con garantías suficientes dichas propiedades mecánicas y resistentes, se supone que a través de los mismos ensayos que para los materiales convencionales.

Dado que no hay una experiencia tan amplia en el uso de estos materiales y que existen carreteras afectas a menores exigencias en cuanto a tráfico, se podría recomendar el empleo de estos materiales reciclados en aquellas

capas del firme de carreteras en las que con seguridad puedan dar resultados satisfactorios hasta tanto se adquiera experiencia suficiente como para emplearlos en posiciones más comprometidas o en carreteras más complejas, para llegar a disponer de unas recomendaciones o instrucciones de uso similares a las de los materiales convencionales.

De forma complementaria a estos ensayos de caracterización física, química, mecánica y de durabilidad, los materiales procedentes de residuos deberían someterse a un ensayo específico de caracterización ambiental, consistente en el conocimiento detallado de las sustancias que pudieran lixiviar y, en su caso, de los límites de concentración de cada una de estas sustancias, determinados experimentalmente en función de su posibilidad de contaminar el entorno.

En resumen, se constata la apremiante necesidad de experimentar con estos materiales y hacerlo tanto en laboratorio como en tramos de ensayo de carreteras abiertas al tráfico o en la pista de ensayo acelerado de firmes del CEDEX, si bien sería recomendable iniciar este tipo de ensayos en carreteras cuya intensidad de tráfico, particularmente de vehículos pesados, no sea muy alta, o que los materiales objeto de la experimentación se ubiquen en situaciones no muy comprometidas dentro del firme, hasta adquirir experiencia suficiente para emplearlos posteriormente, y apoyados en dicha experiencia, en posiciones sometidas a mayores solicitaciones o en vías afectadas por mayores intensidades de tráfico.

Teniendo en cuenta el auge que, por razones obvias, están adquiriendo las medidas de mitigación de los efectos del cambio climático, y las correspondientes de adaptación, y su evaluación a través del cálculo de la huella de carbono, el empleo de materiales procedentes de reciclado de residuos y particularmente los residuos de construcción y demolición puede contribuir a la consecución de carreteras más sostenibles y, sin pérdida de sus prestaciones actuales y de las que en un futuro próximo se les puedan requerir, a modificar la tendencia de estas infraestructuras respecto a las actuales en cuanto a sus emisiones de gases de efecto invernadero.

## Bibliografía.

- Actualización del Catálogo de Residuos Utilizables en la Construcción. (CEDEX). Diciembre, 2009.
- Análisis de las posibilidades de uso de los materiales procedentes de residuos en carreteras (CEDEX). Junio, 2015.
- Análisis de la situación del reciclaje de residuos de construcción y demolición en España. Caracterización ambiental de áridos derivados de residuos de construcción y demolición destinados a la construcción de firmes de carreteras (CEDEX). Noviembre, 2015. ❖

## Crecimiento basado en la Innovación

Ferrovia Agroman apuesta por la innovación y el desarrollo, así como por la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de su actividad de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras.

Con más de 80 años de experiencia y más de 50 años de actividad en 50 países de 5 continentes distintos y más de 650 proyectos realizados con éxito, Ferrovia Agroman es pionera en el proceso de internacionalización de su actividad y referente en la aplicación de las técnicas más avanzadas en la ejecución de sus obras.



# Las plataformas de gestión en la explotación de carreteras



## Management Platforms in Road Operations

**Carlos Casas Nagore**

*Jefe del Área de Conservación y Explotación  
de la Unidad de Carreteras de Teruel*

**Jesús Antoñanzas Glaría**

*Jefe de la Sección Técnica de la Unidad  
de Carreteras de Teruel*

### Resumen

**E**n la gestión de la explotación de una red de carreteras intervienen distintos actores, que necesitan estar perfectamente coordinados y compartir mucha información. Muchas de las actuaciones deben programarse en plazos relativamente cortos. Son precisos sistemas de gestión uniformes, que estén integrados y disponibles en cualquier tiempo y lugar. Ese es el objetivo y la razón de ser de las plataformas de gestión en Internet.

### Abstract

**T**he management of operations in road networks involve different actors, which need to be well coordinated and share large sums of information. Many of the tasks must be programmed and executed in a short periods of time. So, management systems are required for integrating all necessary information and being available and accessible at any time and place. That is the main goal of the web road management platforms.

Desde hace más de 15 años, en la mayor parte de las carreteras estatales, las operaciones de Vialidad, la inmensa mayoría de las de Conservación Ordinaria y de Uso y Defensa de la carretera y muchas actuaciones de seguridad vial de bajo coste son llevadas a cabo por empresas adjudicatarias de los contratos denominados de “**conservación integral**”. Estas empresas, que tienen a su cargo un conjunto de carreteras integradas en un “**Sector de Conservación**”, deben **mantener los Sistemas de Gestión** correspondientes y como mínimo **abastecerlos con datos**.

### Información integrada, compartida y disponible

Con esta división en Sectores se gana en operatividad, pero para el Órgano gestor de la carretera surge desde el primer momento el problema de la **heterogeneidad de las actuaciones y de la implantación de los Sistemas de Gestión**, además de la **atomización de la información** (por ejemplo, los inventarios), con sistemas que a veces resultan incompatibles entre sí. Otro de los problemas que surge es la dificultad para **coordinar actuaciones entre Sectores**, en especial en el caso de la Vialidad, a causa de la **opacidad de la información disponible** por estos Sectores, muchas veces vecinos.

Está claro que son necesarias tanto la **coordinación de las actuaciones** como la **uniformidad de los sistemas utilizados**. Por ejemplo, el trabajo de confección y mantenimiento del inventario y la ejecución de los reconocimientos de estado de los elementos, al implantar el Sistema de Gestión de la Conservación Ordinaria, debe correr a cargo de los Sectores de Conservación, que trabajaban con utilidades informáticas en ámbito local. La compatibilidad (o en el caso más deseable, la uniformidad) entre estas utilidades es fundamental, pues es la única manera de poner en común sistemas y objetivos, además de permitir que el Órgano gestor de la carretera disponga de toda la información integrada (por ejemplo, el Inventario completo de elementos de la red). Terex GSM fue en su día la respuesta al reto planteado en este ejemplo.

Otro ejemplo: La Vialidad requiere mucha información sobre el estado de la red (estado de las carreteras, tráfico que soportan en un momento dado, condiciones meteorológicas, localización de equipos específicos, etc). Esta información, que muchas veces es obtenida por un Sector concreto, debe poder ser compartida con el resto de Sectores que puedan necesitarla, y por supuesto con el Órgano gestor de la carretera.

Hoy día, la manera óptima de **compartir y agrupar información entre distintos agentes en tiempo real**, es la utilización de las **nuevas tecnologías de la información** y de Internet. Cada Sector de Conservación o cada Concesionario sigue de este modo trabajando localmente y obteniendo la información de sus carreteras, pero **comparte e**

**integra esta información en un servidor único y accesible para todos**.

La implantación de “**plataformas de gestión**” en Internet permite además **deslocalizar los Centros Operativos de toma de decisiones**. Hoy día debe ser posible poder dirigir la gestión de la explotación de la carretera desde cualquier lugar, en cualquier momento y por distintas personas, si fuera preciso, y todo ello sin necesidad de acudir urgentemente a un Centro de Conservación concreto en los momentos delicados.

Cuatro son los factores que deben tenerse en cuenta para avanzar en la mejora de la gestión de la explotación y del servicio a los usuarios de la carretera:

- **Coordinación:** Las actuaciones entre Sectores de Conservación deben estar coordinadas por el Órgano gestor.
- **Uniformidad:** Los Sistemas de gestión deben permitir la compatibilidad entre la información que obtienen y la que generan.
- **Integración:** El Órgano gestor debe disponer de la información conjunta derivada de los Sistemas de Gestión de los distintos Sectores que dependen de él.
- **Disponibilidad:** La información integrada debe estar disponible en cualquier lugar y en cualquier momento, para todos los actores que participan en la gestión.

Estos factores son los que llevaron, hace ya más de doce años, a la creación de las primeras **plataformas de gestión en Internet**.

### Un instrumento para la gestión

**Todo el contenido de una plataforma está destinado a poder servir, en algún momento dado, a la gestión de la explotación de las carreteras**. Su accesibilidad, tanto para aportar datos como para visualizar la información, varía en función de los contenidos, pudiendo ser pública y abierta en algunos casos, o restringida a los gestores concretos en otros. Bajo la plataforma, un potente sistema de permisos en función de contenidos y de tipos de usuario debe **controlar el acceso a la información**.

Otro elemento básico es la utilización por el sistema de un **inventario geométrico** de toda la red, fundamental para poder geolocalizar y ofrecer gráficamente cualquier información relativa a la carretera.

La estructura habitual de una plataforma de gestión suele constar de tres bloques: **Acceso a utilidades básicas, información general sobre la red y bibliotecas técnicas e instrumentos de gestión** (Figura 1).

### Acceso a utilidades básicas

Suele constar de una serie de **enlaces y aplicaciones** que dan acceso a la información fundamental para la

# Rutas Técnica



Figura 1. Página principal de la plataforma de gestión de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón (Ministerio de Fomento), a la que pertenecen las imágenes de este artículo



Figura 2. Acceso a una serie de utilidades básicas

▲ ▼ Título	▲ ▼ Tipo	▲ ▼ Fecha de alta	▲ ▼ Fecha de baja	Z	HU	TE	AR	▲ ▼ Usuario	Ver
ALERTA AMARILLA VIENTO	Temporal	31/03/2016 12:00	01/04/2016 00:00	●				Sector Z-05	<input type="checkbox"/>
Aviso nivel amarillo vientos	Temporal	31/03/2016 12:00	01/04/2016 00:00			●		Sector TE1	<input type="checkbox"/>
Aviso nivel amarillo vientos	Temporal	31/03/2016 10:00	01/04/2016 00:00			●		Sector TE1	<input type="checkbox"/>
Alerta AMARILLA VIENTO	Temporal	31/03/2016 08:53	01/04/2016 00:00		●			Comunicaciones HU-03	<input type="checkbox"/>
Alerta amarilla- nevadas	Temporal	31/03/2016 08:00	01/04/2016 00:00		●			Comunicaciones HU-03	<input type="checkbox"/>

Figura 3. Vista parcial de un listado de alertas en un momento dado

explotación de las carreteras en tiempo real (Figura 2). Incluye la previsión meteorológica y de tráfico y las alertas e incidencias existentes en la red. Otras utilidades pueden ser la agenda de contactos, convocatorias y la propia estructura de la plataforma, incluyendo un menú desplegable para búsqueda rápida.

Es importante conocer en tiempo real las alertas existentes (Figura 3), que normalmente obligan a adoptar ciertas medidas preventivas. El gestor que recibe la información la coloca de inmediato en la plataforma para conocimiento de todos los agentes implicados.

### Información general sobre la red y bibliotecas técnicas

Una de las preocupaciones de los agentes de la explotación de una carretera suele ser poder disponer de un acceso sencillo, eficaz y geográfico a un inventario básico de elementos y de datos que puedan ser precisos en cualquier momento. Una plataforma puede ofrecer mucha información sobre la red de carreteras, entre la que destaca la relativa a localización y características geométricas de cualquier punto de dicha red, fotos aéreas, puntos singulares y aquellos que presentan limitaciones para la circulación de determinados vehículos, localización de

instalaciones y datos históricos de aforos y de intensidades de tráfico (Figura 4).

La plataforma también es un cauce adecuado para facilitar a los gestores de la explotación una amplia información técnica, que incluya documentos, artículos y publicaciones técnicas, así como software básico de gestión.

### Los instrumentos de gestión

El bloque fundamental de cualquier plataforma es el dedicado los sistemas de gestión (Figura 5).

Resulta interesante que se pueda ofrecer información con acceso restringido sobre el estado de contratos, incluida la documentación técnica de éstos, lo que permite su consulta en campo o a pie de obra, así como información geográfica y datos de expropiaciones y de gestión transversal de contratos, como son la seguridad y salud y el medio ambiente.

El apartado sobre “gestión de la explotación” suele ser el más amplio y constituye el auténtico corazón de cualquier plataforma (Figura 6). Contiene los diversos sistemas de gestión, en especial el de Vialidad, lo que permite trabajar y planificar las operaciones de manera conjunta y en tiempo real, entre la Administración y las empresas de conservación. Es importante que la plataforma con-

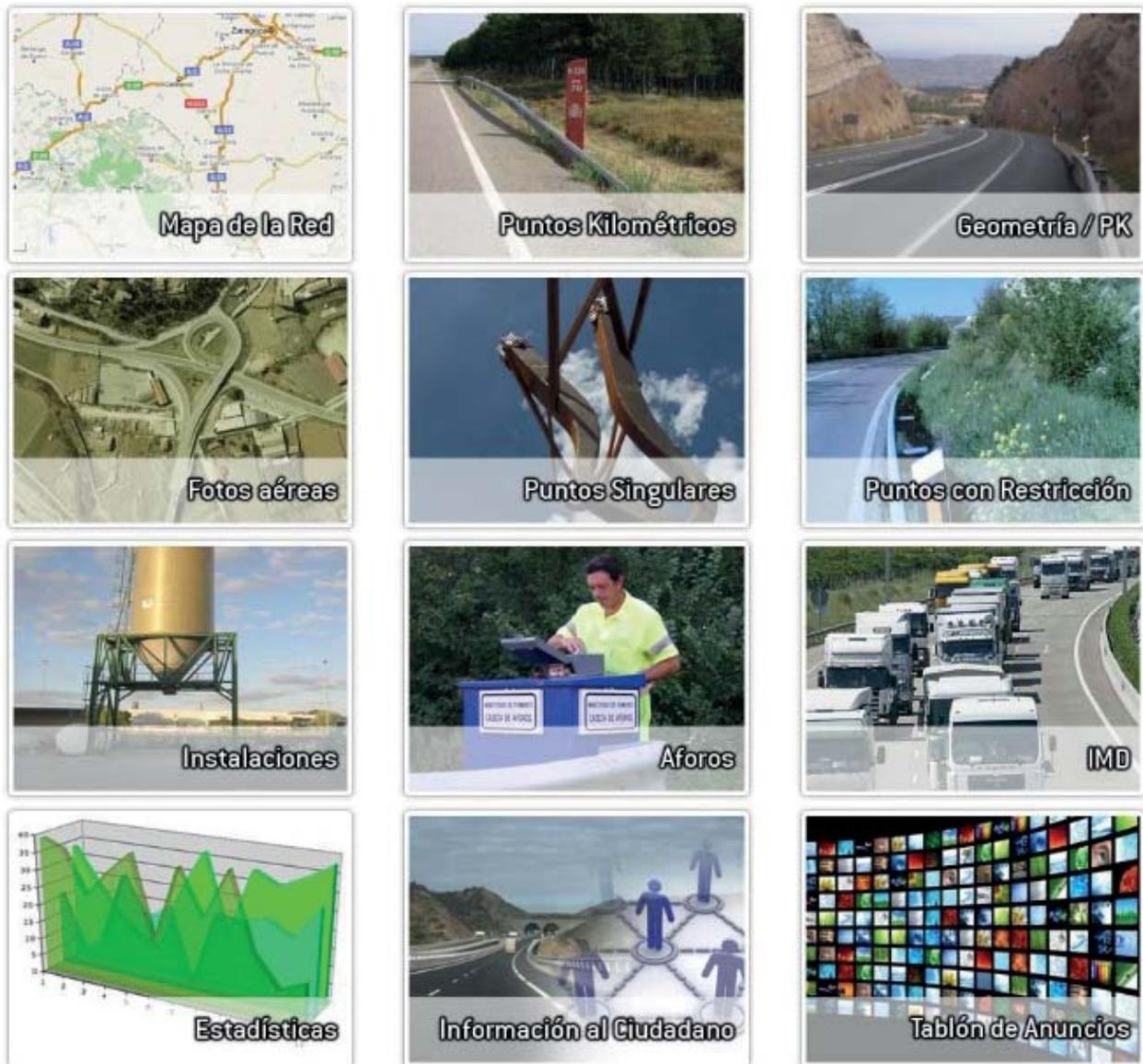


Figura 4. Información general



Figura 5. Sistemas de Gestión y contenidos transversales

tenga también la aplicación necesaria para el seguimiento de las actividades llevadas a cabo por los actores de la explotación.

## La gestión de la Vialidad

La gestión de la **Vialidad** precisa de una serie de **instrumentos para obtener información en tiempo real**, de una serie de **protocolos** (disponibles en cualquier tiempo y lugar) y de la **Agenda de Información y Estado de la Carretera** (o "Agenda de Vialidad").

Los **instrumentos** e instalaciones para conocer las variables del estado de la carretera se han multiplicado en los últimos años, de acuerdo con su desarrollo tecnológico. La asignatura pendiente, en muchos casos, es la **posibilidad de tener toda esta información integrada y a disposición de todos los agentes de la explotación de la carretera**. Estamos hablando de **cámaras**

de **explotación**, fijas (Figura 7) o móviles (Figura 8) (que permiten ver en tiempo real el estado de la carretera), **estaciones meteorológicas** (Figura 9), **localización de flotas** (Figura 10), **trabajo de equipos de vialidad invernal**, datos sobre **aforos** (Figura 11), **velocidades de los vehículos y pesos** en tiempo real, estado de **paneles informativos** y datos de aparatos de **instrumentalización de control de túneles** o de otras estructuras.

Particularmente importante es el caso de la **gestión de flotas**. Es fundamental que, independientemente de quien sea el suministrador de los equipos, toda la información se recoja en un visor único, en el que se integre la de todos los vehículos y máquinas que operan en las carreteras que dependen del Órgano gestor. Ese visor, integrado en la plataforma, permite adoptar decisiones coordinadas, en tiempo real, sobre el trabajo a desarrollar por los equipos en casos de limpieza de nieves o de situaciones de emergencia.



Figura 6. Apartados de la gestión de la explotación de la red de carreteras



Figura 7. Ejemplo de visualización conjunta en tiempo real de una serie de cámaras de explotación, ubicadas en este caso en carreteras convencionales



Figura 8. Visualización en tiempo real de una cámara de explotación instalada en un vehículo de vigilancia (izquierda), coordinada con el mapa de localización (centro) y con Street View (derecha)

La denominada “**Agenda de Vialidad**” es el auténtico instrumento de gestión de este tipo de operaciones. La Agenda registra todas las **incidencias y deterioros de Vialidad** (más de 65.000 al año en una Demarcación como la de Aragón), incluye la **Carta de Servicios**, establece los **plazos para la reparación** (necesariamente muy cortos para este tipo de operaciones), lanza los **partes de trabajo** (Figura 12) y ofrece **indicadores operacionales** de varios tipos (Figura 13) (que permiten conocer el grado de eficacia de los trabajos llevados a cabo por las empresas de conservación integral) e **informes sobre las actuaciones ejecutadas**, que son muy útiles desde el punto de vista de la seguridad vial (Figura 14).

## Otros Sistemas de Gestión

La gestión de la **conservación ordinaria** ha sido recientemente unificada para todos los Sectores de España que dependen del Ministerio de Fomento mediante la aplicación **Terex GSM**. Para las operaciones de **rehabilitación** interesa que la plataforma enlace con los correspondientes sistemas de gestión centralizados y ofrezca a los gestores los datos georreferenciados de las inspecciones y auscultaciones que abastecen esos sistemas.

Las **aplicaciones de seguridad vial** en las plataformas suelen estar dirigidas a facilitar el análisis de accidentes y a

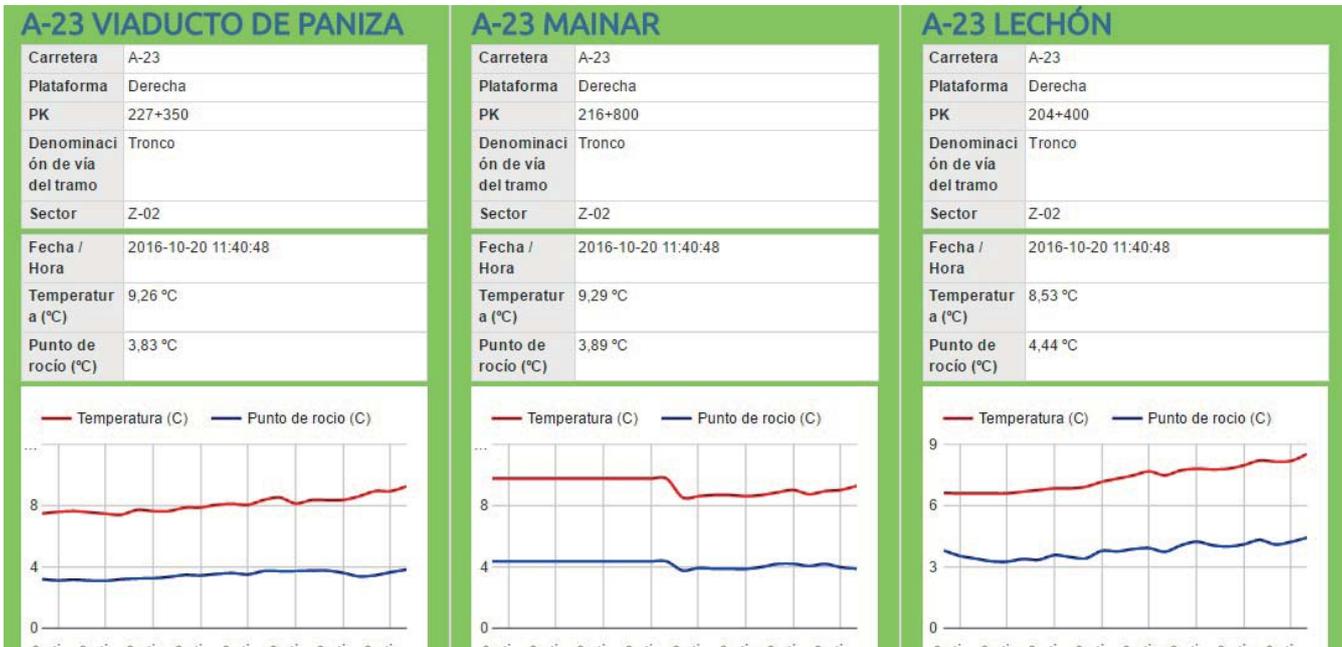


Figura 9. Información sobre variables meteorológicas en la carretera, en tiempo real

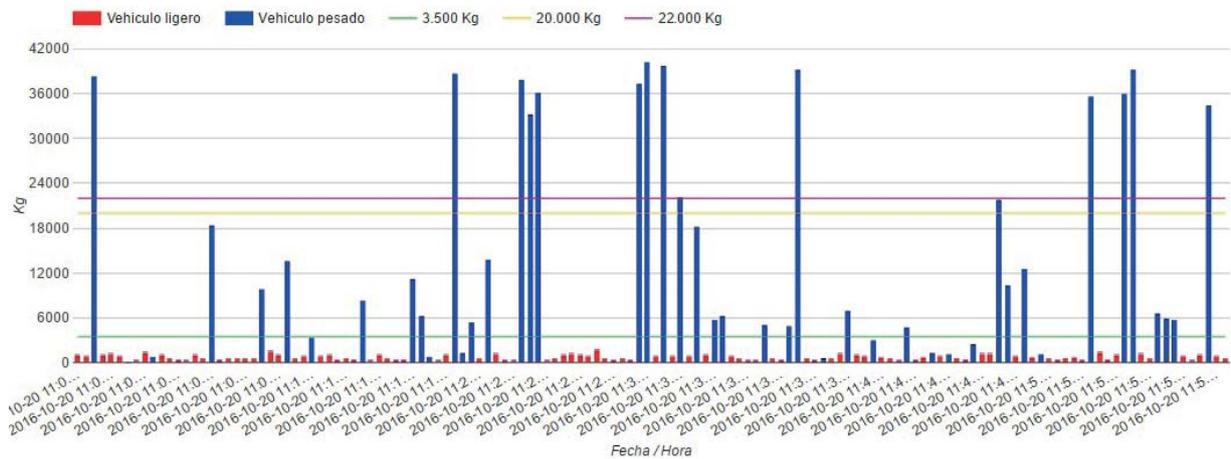


Figura 10. Localización de la flota de vehículos en un momento determinado. La plataforma debe utilizar un protocolo único para todos los Sectores de Conservación, que permita visualizar la localización de todos los vehículos conjuntamente, independientemente del Sector al que pertenezcan, del tipo de GPS que lleve el vehículo y de la empresa que lo haya instalado

prever escenarios, siempre pensando en su utilización permanente por los gestores de la explotación de la carretera. Cabe destacar la posibilidad del cálculo de tramos de alta siniestralidad, que analiza la carretera con los criterios que se usan para la determinación de *Tramos de Concentración de Accidentes* (TCA), pero teniendo en cuenta todos los datos registrados hasta el día de la fecha, y ofrecer el “grado de TCA” (Figura 15) para aquellos casos en los que, sin ser oficialmente un TCA, puedan tener indicadores altos. Esto **permite actuar preventivamente** en esos tramos, política fundamental en la gestión de la seguridad vial.

### Una herramienta de trabajo fundamental

Una plataforma es una **herramienta** fundamental para el trabajo diario de los agentes que participan en la explotación de la carretera, tanto de la Administración como de las empresas adjudicatarias de los contratos de conservación. Su objetivo es **optimizar la gestión** de las múltiples actuaciones que cada día deben ejecutarse en las carreteras, uniformando e integrando la información necesaria y ofreciéndola a dichos actores en cualquier lugar en el que dispongan de una conexión a Internet. ❖



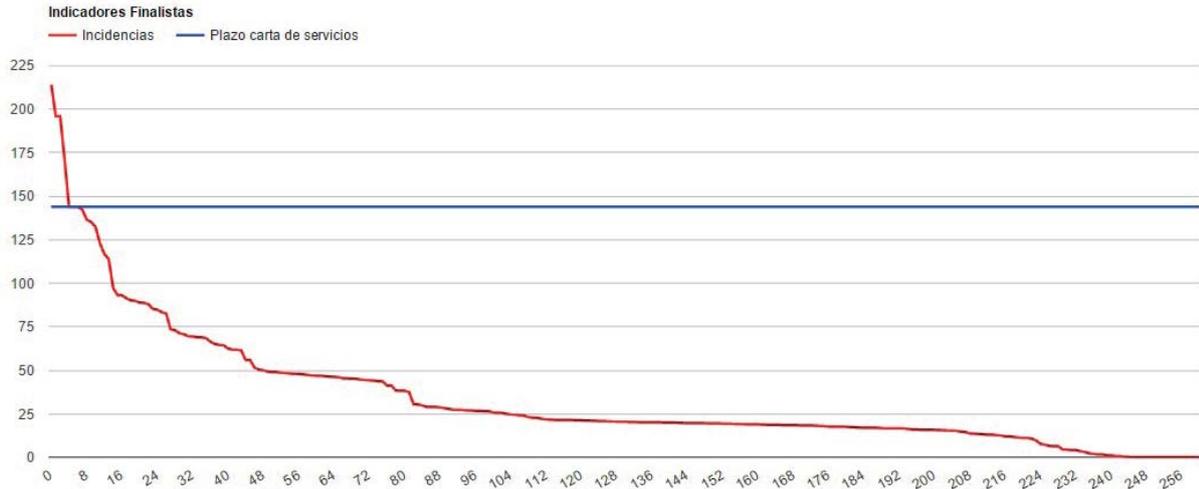
Fecha / Hora	Día	Calzada	Carril	Sentido	Velocidad (Km/h)	Vehículo ligero	Ejes	Clasificación	Long. (cm)	Peso total (Kg)	> peso tipo	Peso eje (Kg) 1	Peso eje (Kg) 2	Peso eje (Kg) 3	Peso eje (Kg) 4	Peso eje (Kg) 5	Peso eje (Kg) 6	Peso eje (Kg) 7	Peso eje (Kg) 8	Peso eje (Kg) 9	Peso eje (Kg) 10
2016-10-20 11:00:01	jue	1	2	Correcto	110,00	Sí	2	Coches derivados de turismos y de	519	970,00	No	570	400	0	0	0	0	0	0	0	0
2016-10-20 11:00:31	jue	1	2	Correcto	94,00	Sí	2	Coches derivados de turismos y de	485	830,00	No	530	300	0	0	0	0	0	0	0	0
2016-10-20 11:01:18	jue	1	2	Correcto	90,00	No	5	Semiremolque de 5 ejes	1355	38370,00	No	7050	9510	7040	7280	7490	0	0	0	0	0
2016-10-20 11:01:20	jue	1	2	Correcto	110,00	Sí	2	Coches derivados de turismos y de	534	1050,00	No	740	310	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 11. Datos de aforo, peso y velocidades de los vehículos que transitan por un punto de la carretera N-420, en tiempo real

668323	TE-01	- Deterioros de vialidad - Instalaciones - Luminarias	PROTECTOR DE FAROLA SUELTO.	N-234	123+430 Única Tronco	19/10/2016 17:08	22/10/2016 17:08		
668256	TE-04	- Deterioros de vialidad - Balizamiento - Paneles direccionales	Panel direccional con funda rota md	N-211	249+100 Única Tronco	19/10/2016 13:15	21/10/2016 13:15		
668239	TE-03	- Deterioros de vialidad - Señalización vertical - Señales de código	Funda de stop suelta (faltara hacer nueva) md	N-211	225+340 Única Tronco	19/10/2016 12:19	21/10/2016 12:19		
668191	TE-01	- Deterioros de vialidad	LIMPIAR HIERBAS	EN A-23	75+800	19/10/2016 09:55	25/10/2016 09:55		

1 2 3 4 5 6 7 8 9 732 Resultados

Figura 12. Vista parcial del listado de tareas pendientes de iniciar en un momento dado, registradas en la Agenda de Vialidad



Total	261
Total en plazo	257
Total fuera de plazo	4
Área del exceso sobre tiempo máximo (min)	12071 [8 Días 9 Horas 11 Minutos ]
Área del tiempo sobrante bajo tiempo máximo (min)	1726356 [1198 Días 20 Horas 36 Minutos ]

Figura 13. Ejemplo de indicadores operacionales gráficos para un deterioro de Vialidad concreto. Este tipo de indicadores analiza el comportamiento de los responsables de ejecutar las tareas de Vialidad en un periodo concreto, en función del cumplimiento de la Carta de Servicios (tiempos máximos admisibles)

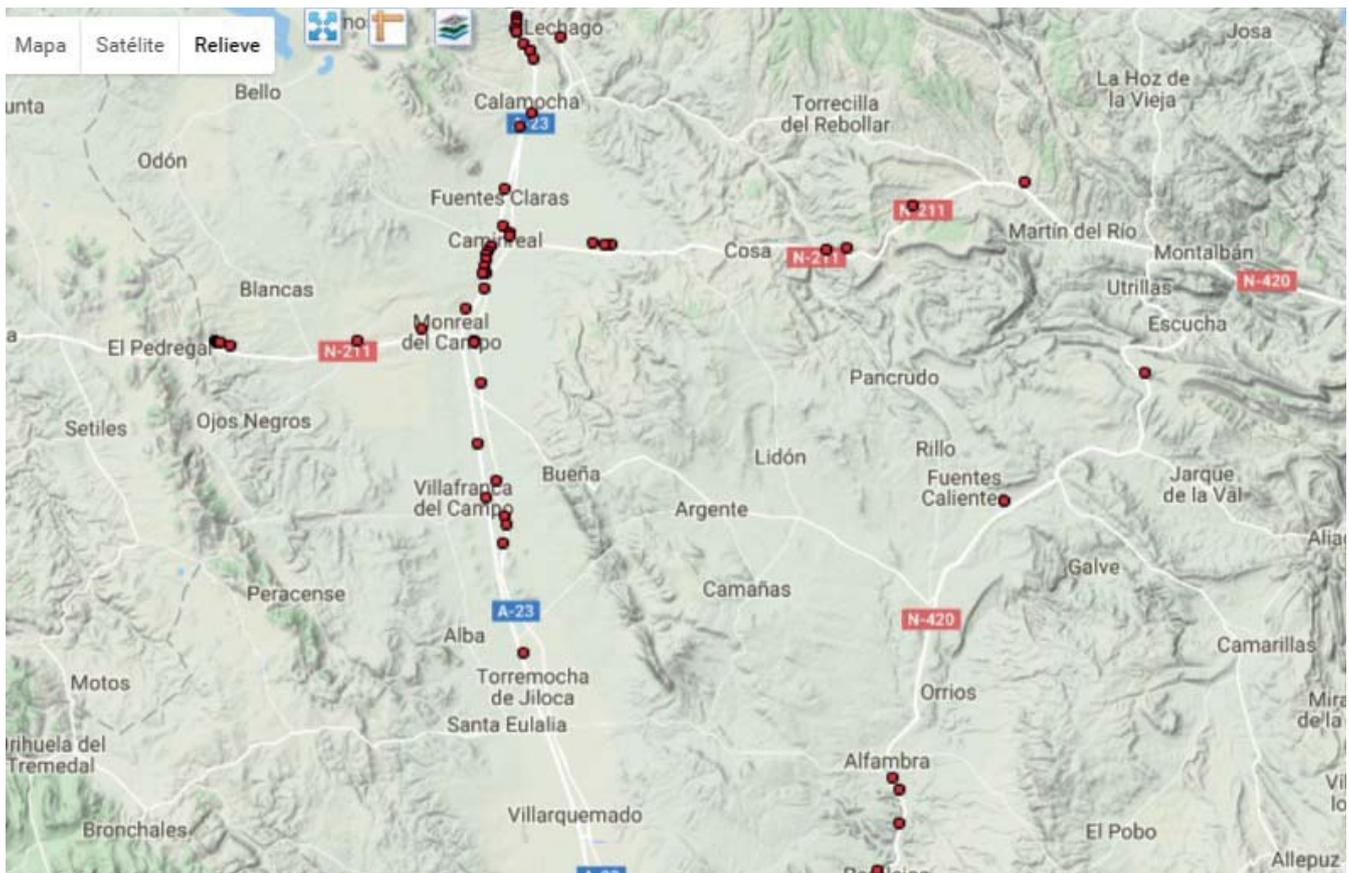


Figura 14. La Agenda de Vialidad permite llevar a cabo informes detallados sobre incidencias o deterioros de la red de carreteras. En este caso, aparece un mapa con la localización de los puntos en los que se han registrado atropellos de jabalíes en los últimos diez años

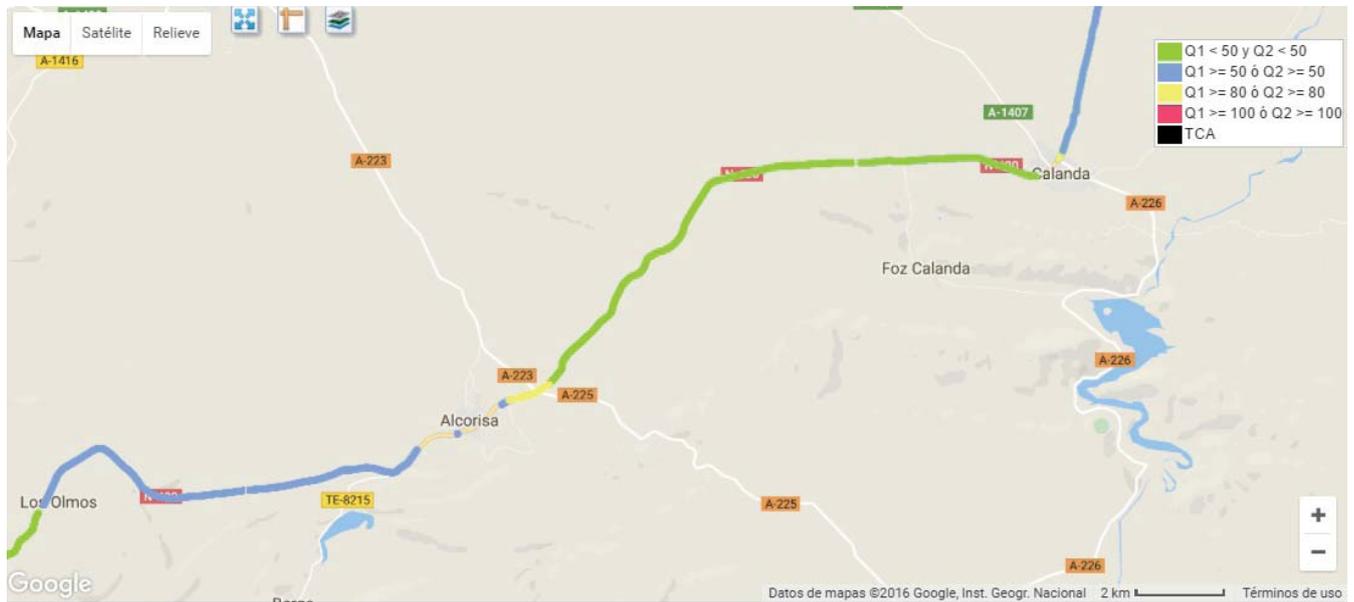


Figura 15. Informe gráfico del grado de siniestralidad de un tramo de la carretera N-211. El informe lo calcula, en este caso, en los últimos 5 años, desde la fecha de la solicitud

*La plataforma de gestión de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, a la que pertenecen la mayor parte de las imágenes de este artículo, ha sido desarrollada desde el punto de vista tecnológico básicamente por Iternova SL, utilizando diferentes tecnologías y lenguajes de programación.*

*Se utilizan lenguajes de programación como PHP, Javascript (basándose en framework JQuery), HTML (lenguaje de markup) y hojas de estilo CSS (incluyendo frameworks como bootstrap para permitir diseños responsivos). Asimismo, se utilizan formatos estructurados de datos como JSON y XML entre otros (tanto para configuración, transmisión de datos utilizando API JSON/Rest o servicios web SOAP). Por otra parte, se hace uso intensivo de librerías y API de terceros, como geolocalización de elementos utilizando Google Maps, generación de gráficas, etcétera.*

*Asimismo, utiliza una arquitectura de servidores en clúster a modo de nube privada, que permite diferenciar y separar procesos entre diversas máquinas para no afectar al resto del sistema (por ejemplo, procesamiento de imágenes de videocámaras, procesos relacionados con la gestión de flotas GPS u otros procesos de otros módulos como la Agenda de Vialidad), pudiendo realizar peticiones entre nodos mediante colas de procesamiento y API JSON/Rest.*

*Entre los servicios utilizados en este entorno, se utiliza un entorno LAMP: Sistemas operativos Linux, servidor web Apache (aunque también se utilizan otros con Nginx / Lighttpd), bases de datos MySQL, MongoDB y Memcache (relacionales, NoSQL y para cache clave - valor respectivamente), y PHP como motor principal de aplicaciones.*

# Fotografía y carretera



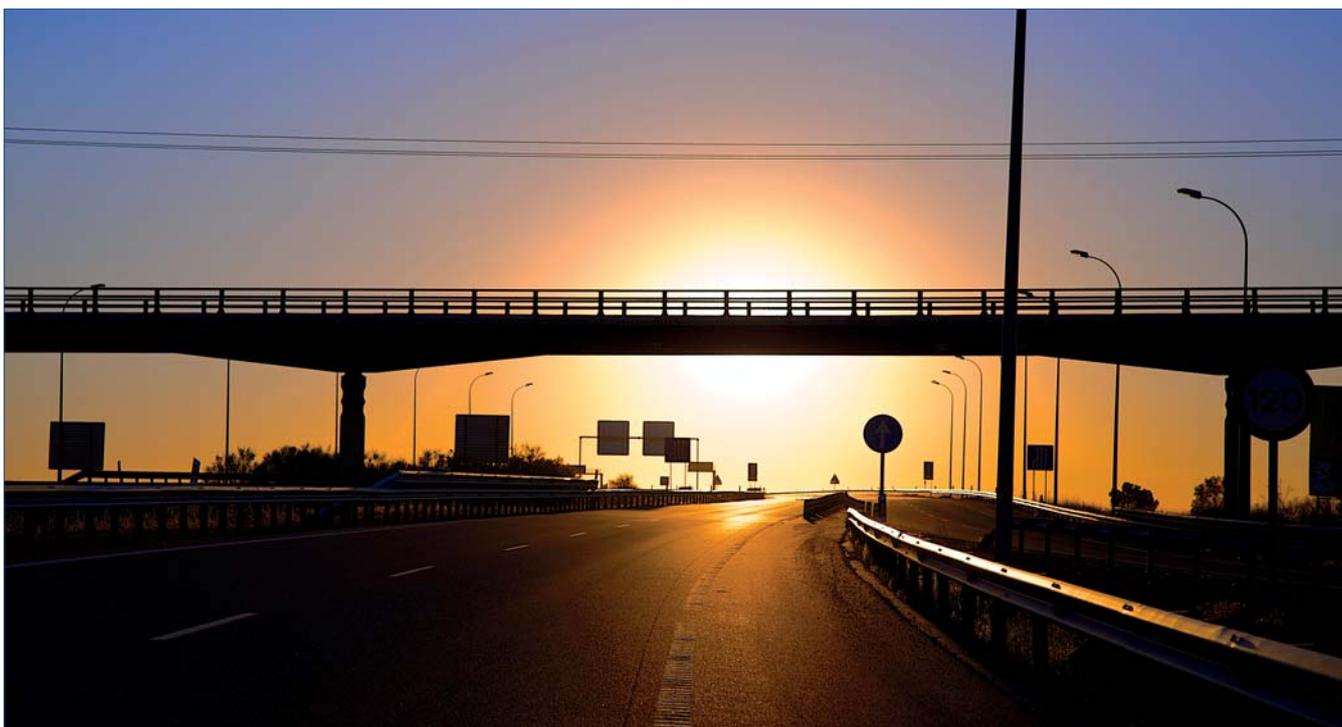
Ing. Oscar Fariña

(Artículo originalmente publicado en la Revista Carreteras, en el número de Diciembre de 2016)

Una vez leí lo siguiente... *"Es importante que ustedes hagan lo que más les gusta. Si no... van a sufrir mucho"*. La primera vez, no presté demasiada atención. En otra ocasión, me vino a la cabeza dicha frase y me quedé pensando... A la tercera vez, actué.

La mayor parte de mi vida profesional ha estado ligada a la carretera, más concretamente con los servicios de conservación. Una de las labores cotidianas que se hacen en

este sector es la detección de incidencias para su posterior actuación o reparación. Pues bien, con el paso de los años, observé que en algunas ocasiones, la percepción que tenía sobre un tramo de carretera en concreto, era diferente al de cualquier otra persona. Es más, si algún tramo de carretera era observado por varias personas, no coincidía en nada con lo que yo había visto. Mientras que a uno le había llamado la atención una señal defectuosa, otro podía





haberme fijado en las ramas que reducían la visibilidad de algún elemento, y yo, por otro lado, haberme fijado en el estado de las marcas viales. Este hecho causaba algunas discusiones ya que no entendía que no se percibiese lo mismo, siendo elementos tan evidentes y puntos de vista tan similares. Empecé a hacer fotografías para ponerlas en común y debatir sobre lo que cada uno apreciaba en ellas.

Siempre me ha llamado la atención el mundo de la fotografía, de las buenas fotografías. Ver imágenes tomadas por fotógrafos profesionales y que tuviesen algo especial. Me compré una cámara y con un cursillo básico empecé a “disparar”. Empecé haciendo infinidad de fotografías y en muchas de ellas, no conseguía el encanto buscado. Mis fotografías no llegaban a transmitir la magia de una buena imagen.

Pero ¿qué hace a una fotografía especial?

Cuando se presentaba ante mí la oportunidad de inmortalizar un momento especial, un amanecer, un buen contraluz, un paisaje llamativo o una circunstancia curiosa, nunca tenía la cámara a mano. Esto me llevo a seguir una de las primeras reglas para sacar buenas fotografías, “siempre lleva tu equipo contigo”. Está claro que si no tienes la maquina en el momento preciso, difícilmente se puede inmortalizar. Esta práctica es fundamental, pero no suficiente.

Hay un amanecer por día y no hay dos iguales. Si tenemos nuestra cámara a mano y si se espera a que pase el momento especial por delante del objetivo, el resultado

sería espectacular ¿Verdad? ¿Por qué? Porque hemos captado un momento único.

Empecé a poner en práctica estas dos reglas y aun así el rango de fotografías “potencialmente buenas” bajo en caída libre. De cada 100 fotografías, las que podrían pasar el primer corte, no pasaban de 20. Y de las elegidas, se salvaban una o dos como mucho. ¿Qué fallaba? La que no aparecía movida, estaba desenfocada. Otras, con la cabeza del protagonista cortada, en otras la sensibilidad de la película no se adaptaba a la luz que había y eso producía una pérdida de calidad de imagen. Que desesperación... Todas eran motivo para no ser elegidas como “buenas fotografías”.

Aprendí que lo más importante en el mundo fotográfico es la luz. Al final simplemente es eso, la luz que es capturada. La cantidad de luz que entra por el objetivo y se queda impresa en el negativo. No es lo mismo estar en la playa a las tres de la tarde con un sol de justicia o esperar a ese amanecer o atardecer cuando el sol va camino de rozar el horizonte. Esos colores rojizos, amarillentos, con esas nubes que bloquean algunos rayos, son los que le dan una calidez especial. Hay que esperar el momento adecuado, ese que hará de la fotografía algo especial.

Por supuesto no olvidar “el enfoque”. No había una vez que quisiese fotografiar algo y apareciera desenfocado el motivo principal. Y por tanto, fotografía descartada. No sabía por qué pasaba. En algunas ocasiones aparecía enfocada la zona que no quería resaltar. En otras fotografías, necesitaba una nitidez total y no lo conseguía. Una solución



sería elegir un diafragma pequeño para aumentar la profundidad de campo, pero si había poca luz pues no quedaba bien. Es innumerable la cantidad de elementos que percibe nuestra vista a cada momento. Y es curioso cómo lo puede percibir cada uno. Si se hiciese el ejercicio de ver una imagen durante 1 segundo por diversas personas, cada una se fijaría en algo en concreto. Las posibles respuestas podría ser más o menos amplio, en función de qué apareciese en la imagen. Pero por otra parte, si una imagen se analiza de una forma más detenida, se puede llegar a percibir una cantidad mayor de detalles. La solución fácil sería enfocar nítidamente el objeto que se quiere destacar y desenfocar el resto. No era suficiente. Esto me llevo a la conclusión de que necesitaba ayuda y decidí apuntarme a un curso avanzado para aprender más.

Ese nuevo curso me aportó una nueva visión de lo amplio que puede ser éste mundillo. Empecé a fotografiar motivos nocturnos. Para ello, tuve que completar el equipo con un trípode. Esto es fundamental para tener una buena estabilidad y obtener imágenes nítidas y bien enfocadas, ya que en este caso los tiempos de exposición son de larga duración. Esto parecía fácil, pero ahora no acertaba con la sensibilidad de la película. Dispongo de una cámara que tiene un rango de sensibilidad ISO de 100 a 25.000. ¿Cuál utilizar? Lo mejor para aprender era hacer varias pruebas con diferentes sensibilidades y analizar los resultados.

Siguiendo con los buenos consejos para tener buenas instantáneas, añadí algo más. El siguiente consejo es aplicable a multitud de trabajos y hobbies, y no es otro que "La creatividad". ¿Y si exploraba puntos de vista diferentes? ¿y si buscaba ángulos poco convencionales o poco vistos?

Con ello conseguiría tener algo novedoso en mis imá-



genes. La calima sobre el pavimento a más de 40 grados, la nieve proyectada como consecuencia del movimiento de la cuña quitanieves, un curioso amanecer o capturar las estelas que producen los coches al pasar por la carretera, aún siendo de día.

Hay que tener en cuenta una gran cantidad de aspectos y por ello no es fácil hacer buenas fotografías. Esto me ha llevado en algunas ocasiones a pensar si seguir intentándolo. Y es ahí donde está el reto. Si otros lo han conseguido, ¿Por qué yo no? ...Es difícil, pero no es imposible. Durante los últimos años, he ido mejorando incluso he conseguido no repetir fallos del pasado y sé que cuanto más practique, mejores resultados voy a ir obteniendo.

Me queda mucho por mejorar, pero aquí seguiré, persistiendo en sacar esas instantáneas que permitan ver lo más escondido de un momento especial, y para ello solo hay que poner en práctica la regla principal: **PRACTICAR, PRACTICAR Y PRACTICAR.** ❖

# Torroja, 90 años de ingeniería por el mundo



La Ingeniería española de Torroja ha cumplido en junio de 2017 nada menos que 90 años. Noventa años desde que D. Eduardo Torroja fundó su oficina en Madrid. El mismo año en que empezó a emitir la BBC y en que empezó a volar la Compañía Iberia..

De la mano de D. Eduardo, ingeniero multifacético de trayectoria bien conocida, el apellido Torroja participó desde sus comienzos en la ejecución de obras lineales de carreteras. Proyectó diversas soluciones para resolver pasos complejos sobre vaguadas, ríos o embalses. Planteó con ingenio métodos constructivos novedosos que han permitido desarrollar soluciones valientes y de gran complejidad técnica resolviendo situaciones de evidente pobreza de medios auxiliares. También fue pionero en España en la aplicación de tipologías estructurales innovadoras en puentes aprovechando al máximo las posibilidades que ofrecían los medios constructivos de la época. No hay que olvidar tampoco que los medios de trabajo del ingeniero consistían en esa etapa en lápiz, papel y una regla de cálculo y en los modelos físicos conceptuales que su ingenio concibiese.

Armado con este bagaje el apellido Torroja colaboró en obras viarias con viaductos como el del Aire, para una línea de tranvía (ver figura 1), con tipología estructural novedosa sobre arco doble de hormigón armado y el de los Quince Ojos, para carretera (ver figura 2), con tipología modular, ambos construidos antes de 1936 en la Ciudad Universitaria de Madrid, el primero hoy enterrado y situado en el interior de las instalaciones de Presidencia del Gobierno y el segundo formando parte actualmente de la autovía A6.

Resolvió también con brillantez en esta etapa la ejecución sin cimbra auxiliar del viaducto Martín Gil sobre el Esla (ver figura 3), obra cuya construcción impedía la carencia de materias primas en la posguerra española.

La inquietud por la confirmación de los resultados que con su regla de cálculo y su lápiz obtenía le llevó a fundar en compañía de otros ingenieros y arquitectos la empresa ICON. En esta empresa se establecieron laboratorios para



Figura 1. Viaducto del aire (1933)



Figura 2. Viaducto 15 ojos (1933)



Figura 3. Viaducto Martín Gil (1934-1942)

la elaboración, análisis y medición de modelos reducidos de diversas tipologías estructurales. De esta empresa nació en 1934 la revista Hormigón y Acero y la entidad precursora de lo que más adelante se transformó en el actual Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Pero no es objeto de este artículo la semblanza del precursor que funda una escuela de ingeniería, sino el poner de manifiesto como dicha escuela ha florecido y capeado temporales a lo largo de casi un siglo para seguir hoy contribuyendo, también como ayer entre otros muchos campos de la ingeniería, a la apertura de caminos en un mundo mucho más reducido y permeable a la técnica y al capital aunque menos a las personas. Tras treinta y cuatro años de andadura de la empresa, el 15 de junio de 1961 D. Eduardo dejó un hueco temprano que su hijo José Antonio, que ya formaba parte del equipo, hubo de ocupar continuando su labor y manteniendo su filosofía de la ingeniería. Al cabo de unos pocos años el cambio generacional se reflejó no solo en la nueva denominación de la empresa, con la sustitución del nombre propio del padre por el del hijo, sino en la incorporación de jóvenes ingenieros que, como José María de Villar darían toda su vida profesional en esta casa común que siempre ha representado el apellido Torroja para los ingenieros y trabajadores de la empresa. Continuó esencialmente en esta etapa la versatilidad estructural habitual en los trabajos del fundador, aunque más ceñida al ámbito de las obras viarias. Cabe destacar en este capítulo la abundancia de puentes y viaductos de hormigón pretensado, integrados en la carretera, con múltiples tipologías y procesos de ejecución. Especialmente destacables, por su aplicación a partir de los años 70, son los construidos mediante la técnica de voladizos sucesivos con carros de avance, tipología estructural en la que el equipo de Torroja fue uno de los máximos representantes en España. Sirvan como ejemplos el viaducto de Silva en Gran Canaria (ver figura 4), el puente de Róntegui sobre el Nervión (ver figura 5) y el puente internacional de Tuy entre España y Portugal (ver figura 6).



Figura 4. Viaducto de Silva (1976)



Figura 5. Puente de Róntegui (1977)



Figura 6. Puente Internacional Tuy (1990)

Tampoco estuvo ausente Torroja de la aparición y crecimiento de la tipología de los puentes mixtos en España, desde el puente trasdosado proyectado por D. Eduardo sobre el Tordera en 1939 (ver figura 7) a arcos mixtos de tablero inferior como el viaducto de Tamaraceite en Las Palmas de Gran Canaria (figura 8).



Figura 7. Puente de Tordera (1939-1944)



Figura 8. Viaducto de Tamaraceite (1995)

También debe mencionarse la participación de la Ingeniería Torroja en el proyecto y construcción de algunos de los grandes itinerarios del Ferrocarril de Alta Velocidad en nuestro país. Sirvan como ejemplo algunos grandes viaductos como el de Sáramo (ver figura 9) y el del río Ulla (ver figura 10), record de altura en el mundo para alta velocidad, ambos en la línea Noroeste entre Orense y Santiago de Compostela.

Durante la dilatada vida de la ingeniería Torroja debieron afrontarse importantes crisis económicas que redujeron drásticamente la ejecución de obras públicas en España. La de finales de los años 80 se solventó abriendo el equipo de ingenieros a nuevos campos como el del urbanismo, campo



Figura 9. Viaducto de Sáramo (2010)



Figura 10. Viaducto de Ulla (2011)

que luego cristalizaría en actuaciones integrales de obras viarias urbanas como por ejemplo los diversos tramos proyectados de la Ronda Sur de Valencia (ver figuras 11 y 12).



Figura 11. Ronda Sur Valencia (1996)



Figura 12. Ronda Sur Valencia (1996)

Pero la crisis más destacada ha sido la de 2010, con la casi desaparición de los presupuestos de obra pública de nueva planta en nuestro país. La ingeniería Torroja, que desde sus primeros tiempos ya había hecho incursiones en Sudamérica y África (ver puente de Joao Landim en Guinea Bissau en la figura 13 y el puente de Juanambú en Colombia en la figura 14), ha debido volcarse sin remedio en el exterior durante la última década.



Figura 13. Puente Joao Landim (1994-1997)



Figura 14. Puente de Juanambú (1975)

# Actividad Internacional

Esta apertura a otros ámbitos ha venido acompañada de un nuevo cambio generacional en el equipo de Torroja, producido en 2003, cuarenta y dos años después de la desaparición del fundador, con una nueva actualización de su denominación, ahora Torroja Ingeniería y con el acceso a puestos relevantes en el timón de la nave de ingenieros que durante toda su vida profesional han hecho su casa de nuestra forma de entender la profesión.

En obras lineales la empresa Torroja se encuentra hoy asentada en múltiples destinos, destacando:

- La autopista ETR-407 Extensión en Toronto, Canadá (ver figura 15).
- La autopista I66 OTB en Virginia, EEUU (figura 16).
- La autopista Circuito Exterior Mexiquense, en México.
- Puente sobre el río Piracicaba en Sao Paulo, Brasil (ver figura 17).
- Proyecto de puente en ejecución sobre el Danubio en Bratislava, Eslovaquia y de sus accesos por ambas márgenes (ver figura 18).

Noventa años transcurridos en una trayectoria que comenzó en Madrid el año en que se produjo la primera conversación telefónica trasatlántica y continúa hoy, traspasada físicamente esa entonces enorme distancia, para colaborar al desarrollo de la ingeniería allá donde hay problemas que resolver y rutas que abrir. ❖



Figura 15. Autopista ETR-407 Toronto (2015)



Figura 16. Autopista I66 OTB Virginia (2017-2018)



Figura 17. Puente sobre el río Piracicaba en Brasil (2017)



Figura 18. Puente sobre el Danubio (2017-2018)

# 29º Consejo de Gobierno de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR)



**D**urante los días 4 a 6 de octubre tuvo lugar en Madrid el 29º Consejo de Gobierno de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR), organismo que se encuentra presidido por España durante 2017.

Dentro de las actividades programadas en el marco de dicha reunión, el día 4 de octubre se celebró un seminario conjunto sobre seguridad vial con el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. Dicho Seminario fue un encuentro inédito entre ambos Consejos y su resultado fue muy satisfactorio para

todos los participantes.

La agenda del día 5 de octubre fue iniciada por el Secretario General de Infraestructuras, Manuel Niño González, quien explicó a los presentes las características del transporte en España, con una clara preponderancia del uso de la infraestructura de carreteras (con un 88% de cuota en el transporte de viajeros y un 94% en el de mercancías). El Secretario General dio a conocer las características de la red de carreteras española y la importante evolución que ha tenido hasta la fecha, así como los planes de mejora,

esbozando las líneas generales del Plan Extraordinario de Inversión en Carreteras (PIC).

El día 6 de octubre se realizó una visita técnica a las instalaciones del centro de control de Madrid Calle-30, donde los participantes pudieron conocer la naturaleza de la inversión realizada en los últimos años en el primer anillo de circunvalación de Madrid y las actividades necesarias para su explotación.

La Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR), es la organización europea de Administraciones Nacionales de Carreteras



Visita técnica a las instalaciones del centro de control de Madrid Calle-30

que promueve la excelencia en la gestión de carreteras.

Los fines de la organización consisten en compartir entre las distintas Administraciones de Carreteras el conocimiento y las mejores prácticas, así como en colaborar y compartir recursos en proyectos conjuntos. Dicha Conferencia permite además crear una red corporativa entre los representantes de las Administraciones de los distintos países, favoreciendo la cooperación mutua.

Los objetivos estratégicos son:

- Ayudar a las Administraciones de Carreteras a permanecer a la vanguardia y anticipar las tendencias futuras.
- Reforzar el papel de las Administraciones de Carreteras como proveedor clave de movilidad eficiente y fluida, desde una perspectiva de usuario final.
- Optimizar el uso eficiente de los recursos, haciendo el mejor uso de las infraestructuras existentes.
- Mejorar la seguridad y sostenibilidad de las carreteras y reducir el impacto ambiental y la huella de carbono.

La organización, con más de dos décadas de existencia, fue creada en el año 2003, como sucesora de la asociación de "Directores de Carreteras de Europa Occidental" (WERD) fundada en 1981. Actualmente CEDR está formada por 27 miembros, tras la reciente reincorporación de Por-

tugal, promovida por España (26 países porque Bélgica participa con las dos regiones, Flandes y Valonia).

La presidencia de la organización es rotatoria de carácter anual y en el 2017 corresponde a España, como se ha mencionado al comienzo de este artículo.

La estructura operativa del CEDR incluye los siguientes órganos:

- Governing Board (GB) o Consejo de Gobierno: Es el órgano de gobierno, constituido por los Directores Generales de Carreteras de todos los países miembros, y es el responsable de tomar todas las decisiones importantes relativas a la membresía, la regulación interna, la estrategia, los presupuestos y las relaciones con terceros, entre otras. Se reúne dos veces al año.
- Executive Board (EB) o Comité Ejecutivo: Es el órgano ejecutivo, constituido por los designados como adjuntos a los Directores Generales de Carreteras, con especial responsabilidad en la planificación, seguimiento y control de la actividad técnica del CEDR. Se reúne tres veces al año.
- Management Committee (MC) o Comité de Gestión: Constituido por el presidente del GB de turno, junto con los dos presidentes pasados y los dos futuros, así como el Secretario General. El MC proporciona apoyo a la presidencia.

- Action Plan Committee o Comité del Plan de Acción: Integrado por miembros del EB, se encarga de la elaboración, coordinación y seguimiento de las actividades del CEDR que constituyen el Plan de Acción. Lo componen el miembro del EB del país que preside, los dos presidentes del EB futuros y cinco miembros del EB elegidos para coordinar las actividades.

- Y una Secretaría General, con sede en Bruselas, que da soporte a la organización.

Para cumplir sus objetivos, CEDR desarrolla su trabajo principalmente mediante Grupos de trabajo, compuestos fundamentalmente por funcionarios de las diferentes Administraciones de Carreteras y a través de consultores contratados por procedimientos de licitación, para realizar trabajos concretos financiados por los países interesados. Todos los informes producidos son publicados y puestos a disposición del público interesado en la página web de la organización: <http://www.cedr.eu/home/publications/>.

La producción de CEDR aborda temas relacionados con todo el ciclo de vida de las infraestructuras de carreteras, desde la planificación (con bases de sostenibilidad), el proyecto, la financiación, la construcción, la conservación y la explotación. También se llevan a cabo actividades de benchmarking, seminarios, talleres



y jornadas sobre temas de actualidad e interés relacionados con las carreteras.

Estas actividades se han venido desempeñando desde hace más de una década en el marco de planes estratégicos de carácter cuatrienal, habiéndose desarrollado hasta la fecha tres planes estratégicos, habiendo finalizado el último de ellos en la primavera de este año 2017.

No obstante, en el año 2016 se aprobó una nueva estrategia en el CEDR a la que responden los objetivos anteriormente citados y, como desarrollo de la misma, un nuevo instrumento estratégico, un Plan de Acción con horizonte temporal trienal, revisable cada año, cuya

elaboración ha sido liderada por España, país al que correspondía su puesta en marcha en 2017.

Este concepto de "rolling plan" es cada vez más demandado en organizaciones de este tipo, ya que permite una flexibilidad y una capacidad de reacción necesarias para adaptar los esfuerzos a las necesidades reales de las Administraciones de Carreteras, en un mundo en el que los cambios se producen cada vez más rápido. Asimismo, este concepto permite una evaluación continua de la ejecución del plan y, por tanto, eleva el nivel de exigencia y efectividad, ya que aquellas actividades que no progresan pueden ser reconducidas en etapas tempranas

o, en último caso, desestimadas, al objeto de realizar un uso razonable de los recursos.

Actualmente, para el horizonte temporal 2017-2019, se está desarrollando un Plan de Acción con 34 actividades agrupadas en 5 áreas focales que son las siguientes:

- Digitalización e innovación.
- Medio ambiente y resiliencia.
- Seguridad, Operaciones y Movilidad.
- Recursos, gestión de activos y desempeño.
- Regulación y armonización.

El Plan de Acción está actualmente siendo actualizado, con los criterios expuestos anteriormente, y será aprobado en la última reunión del Comité Ejecutivo del CEDR que se celebrará en Diciembre en Jürmala, al objeto de su entrada en vigor en 2018, con horizonte temporal hasta 2020.

Es asimismo destacable el papel que desempeña CEDR en la organización del evento europeo más importante en investigación en materia de transportes, el TRA (Transport Research Arena). Se trata de un foro de intercambio de conocimientos en materia de tecnología y gestión de carreteras y los transportes de ámbito europeo, con una marcada dimensión de promoción y diseminación de la investigación en la materia. El TRA se celebra cada 2 años y en él se dan cita investigadores, expertos, operadores, industria y responsables políticos. La edición de 2018 se celebra en Austria y para la de 2020 ha sido elegida como sede Finlandia.

Por último destacar que CEDR colabora con otras organizaciones internacionales, como la Asociación Mundial de la Carretera PIARC, con la que firmó en 2015 un memorándum de entendimiento, European Rail Infraestructure Managers EIM, o Forum of European national Highway Research Laboratory FEHRL, al objeto de encontrar sinergias y evitar duplicidades, dentro del mundo del transporte terrestre. ❖

# Workshop DIRCAIBEA-CEDR



La Conferencia Europea de Directores Generales de Carreteras (CDER) y el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA) han celebrado conjuntamente un seminario bajo el título: *“La Seguridad Vial, un reto continuo”*

Estas dos asociaciones, CEDR y DIRCAIBEA, que agrupan a la práctica totalidad de los Directores Generales de Carreteras de Europa e Iberoamérica, se reúnen por primera vez de forma conjunta y su reunión en Madrid resalta el papel de España como nexo de unión. En este seminario se han reunido responsables de carreteras de más de 30 países de Europa y América y han participado ponentes de reconocida experiencia

en el campo de la seguridad vial a escala internacional.

El acto, celebrado en Madrid, el pasado 4 de octubre fue inaugurado por el Secretario de Estado de Infraestructuras Transporte y Vivienda, Julio Gómez-Pomar, en presencia del Subsecretario de Infraestructura de México, Óscar Callejo Silva y del Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento, Jorge Urrecho.

El Secretario de Estado destacó en su alocución que la seguridad vial es un factor clave en la política de infraestructuras y transporte y, por tanto, una prioridad para las administraciones de carreteras. Destacó el enorme esfuerzo realizado por España en esta materia y cómo los resultados avalan el trabajo realizado, en particular, al haber alcanzado España los objetivos del plan 2001/2010 de la UE de reducción de



La inauguración del Workshop (de izquierda a derecha): Subsecretario de Infraestructura de México, Óscar Callejo Silva, el Secretario de Estado de Infraestructuras Transporte y Vivienda, Julio Gómez-Pomar y el Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento, Jorge Urrecho.

víctimas mortales con un año de anticipación. Asimismo indicó que en la actualidad España se encuentra entre los 10 países con menor siniestralidad de la Unión Europea, al ser uno de los pocos países que han alcanzado la reducción media esperada en 2015 (últimos datos disponibles) para alcanzar el objetivo europeo para el 2020 de disminuir los fallecidos en carreteras a la mitad. Concretamente, España es el cuarto país de la Unión Europea con mayor reducción de víctimas mortales en el periodo 2010-2015, con una reducción del -32% (frente a la media esperada del -29%).

A continuación, Óscar Callejo y Jorge Urrecho presentaron, respectivamente los objetivos y modelos organizativos de DIRCAIBEA y CEDR a los participantes en el Seminario, para un mejor conocimiento mutuo entre ambas organizaciones.

En la primera sesión, dedicada a los aspectos técnicos, se trataron diversos temas como la gestión del conocimiento en materia de seguridad vial, la innovación y los nuevos desafíos que se presentan con las tecnologías del coche autónomo y la conducción conectada.

Así, Herman Moning, Chairman del CEDR Working Group Road Safe-

ty, presentó la estrategia, los planes de acción y los proyectos (ERASER, SPACE, RISMET, EuRSI, IRDES, ASAP, BRoWSER y SAVeRS) en los que ha trabajado y está trabajando su grupo. Finalizó describiendo las actividades de difusión del conocimiento mediante seminarios y publicaciones.

Patrick Malléjacq, Secretario General de PIARC, destacó la importancia de las actividades relacionadas con la Seguridad Vial en la asociación mundial. En primer lugar, se refirió al PIARC Online Road Safety Manual, disponible sin coste en su página web y que para final de este año estará disponible también en español. A continuación, explicó

los resultados de los trabajos, concretados en 12 Informes Técnicos, realizados en el periodo anterior (2012-2015). Finalmente explicó que para el nuevo periodo (2016-19), la Seguridad Vial constituye uno de los 5 objetivos estratégicos, con dos comités técnicos específicos (C.1 y C.2), que desarrollarán, 6 Informes relativos a Evolución de las Políticas Nacionales, Guía para auditoría, Usuarios Vulnerables, Factores Humanos, Límites de Velocidad y un Catálogo de problemas a considerar en el Diseño, Mantenimiento y Operaciones en Carreteras.

José María Pardillo, profesor de la Escuela de Caminos de la U.P. de Ma-



Patrick Malléjacq, Secretario General de PIARC

## Actividades del Sector

drid, dedicó su presentación al tema de la Eficiencia de las Medidas de Seguridad en carretera preparado por el Road Safety Technical Committee en forma de fichas que tratan, entre otros, temas sobre funcionalidad de la vía, sección transversal, márgenes, señalización, intersecciones, usuarios vulnerables, servicios, ...

José Luis Peña, Director de la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, se centró en la importancia de la innovación como motor de mejora y en los negativos efectos de una lenta implantación de las innovaciones. Expuso los dos procedimientos de compra pública innovadora: CPTI (Public Procurement of Innovative Technologies) y PCP (Pre-Commercial Procurement) que ilustró con el caso de los sistemas de protección antiniebla en la A-8 que está actualmente en curso. Finalizó explicando algunos de los sistemas para acercar oferta y demanda tecnológicas como son el "Manual de Demanda Temprana en el Sector Viario" y el "Catálogo de Oferta Innovadora para el Sector de las Infraestructuras Viarias" que ha desarrollado la PTC.

Para terminar la primera sesión, Francisco Sánchez del Centro Tecnológico de Automoción de Galicia, hizo un amplio repaso a los "Nuevos Retos de la Conducción Autónoma



y Conectada" describiendo la evolución reciente en este campo y las perspectivas de evolución para los próximos años para ir señalando cómo se prevé que sea la evolución de los vehículos, del puesto de conducción, de la interacción usuario-vehículo, de la conectividad vehículo-infraestructura, vehículo-servicios,... Como colofón se refirió al impacto que los nuevos desarrollos podrán tener en las infraestructuras, su configuración, señalización, balizamiento,..., y cómo todos estos temas están siendo abordados por distintos proyectos como el C-ROADS.

En la segunda sesión, se repararon los avances en seguridad vial en ambos continentes. En concreto Óscar Callejo y Antonio Alonso Burgos, Subdirector de Explotación de la D.G.C., presentaron la situación actual, retos y perspectivas en dicha materia en México y España, respectivamente.

El Subsecretario de Infraestructuras del Gobierno de México, Óscar Callejo, definió las distintas acciones llevadas a cabo en dicho país coincidiendo con el decenio de la seguridad vial establecido por la ONU (2011-2020), que se engloban en la Estrategia Nacional de Seguridad. Dicha Estrategia se basa en cinco pilares básicos: Gestión de la Seguri-

dad Vial, Vías de tránsito y movilidad más seguras, vehículos más seguros, Usuarios de vías de tránsito más seguros y respuesta tras los accidentes.

En el caso de España, Antonio Alonso desglosó el importante descenso de la accidentalidad y las medidas claves del éxito en dicha reducción, que corresponden a un esfuerzo conjunto de mejora de las infraestructuras, de cambio en la educación y concienciación vial y de mayor vigilancia y control.

Finalmente, se abordó la problemática de la financiación de las mejoras en seguridad vial. Per Mathiasen de la Strategic Roads Division del Banco Europeo de Inversiones y Bosco Martí, Director Ejecutivo para México y República Dominicana del Banco Interamericano de Desarrollo, presentaron diversas fórmulas de financiación utilizadas en ambos continentes.

El Seminario despertó el interés de los asistentes, entre otros aspectos por el hecho de que la seguridad vial fue tratada desde distintas perspectivas -técnica, innovación, gestión y financiera- lo que permite un conocimiento más global y comprensivo de este concepto. Aspectos de plena actualidad, como la conducción autónoma y conectada, fueron ampliamente debatidos. ❖



Antonio Burgos, Subdirector de Explotación de la D.G.C.

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

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



## Toledo

14 y 15 noviembre de 2017

La siniestralidad en las carreteras y el elevado coste socioeconómico que conlleva, hace que la seguridad vial sea un tema de permanente actualidad. A pesar de la mejora obtenida en la reducción de las víctimas mortales en España en los últimos tiempos, motivo por el que se le otorgó en 2009 el Premio PIN por el European Transport Safety Council como reconocimiento a esta importante disminución de los fallecidos en accidentes viarios, no debemos caer en la autocomplacencia y tenemos que incrementar los esfuerzos por parte de para continuar reduciendo esta lacra social que suponen los accidentes de tráfico. Y a ello debemos contribuir todos los agentes sociales.

En este contexto, los próximos días 14 y 15 de noviembre de este año 2017 tendrán lugar en la histórica ciudad de Toledo las VII Jornadas

Nacionales de Seguridad Vial organizadas por el Comité Técnico Español de Seguridad Vial de la ATC (Asociación Técnica de Carreteras).

Desde la última edición de estas Jornadas, celebradas en Sevilla, ha transcurrido ya una década. Diferentes motivos han sido, aunque fundamentalmente las dificultades que han acompañado estos años al sector por la crisis económica en la que no solo nuestro país se ha visto inmerso, los que han obligado a retrasar la celebración de una nueva edición de un acontecimiento consolidado en el campo de la seguridad vial como eran estas Jornadas Nacionales de Seguridad Vial de la ATC y que venían teniendo lugar con una periodicidad quinquenal.

En este periodo de tiempo ha tenido lugar el desarrollo y aplicación de las nuevas tecnologías, la mejora

y la optimización de los procedimientos así como una constante labor y esfuerzos realizados por todos los agentes involucrados mas directamente en la mejora de nuestras carreteras (responsables políticos, los gestores de las infraestructuras y del tráfico, las asociaciones y por las empresas privadas implicadas en el proyecto, construcción, conservación y explotación de las carretera, etc) que ha dado como resultado un aumento de los niveles de seguridad en las carreteras españolas. Por ello es un momento oportuno para reflexionar sobre las experiencias y buenas prácticas llevadas a cabo así como para plantear y analizar las nuevas estrategias para el futuro, con el objetivo de lograr la reducción de los fallecidos en nuestras carreteras a la mitad en el 2020, en coherencia con el establecido por la Unión Europea. Y es en este

marco donde tiene cabida y por la que se ha promovido la celebración de las VII Jornadas Nacionales de Seguridad Vial.

Así pues, estas VII Jornadas se conciben como un foro de encuentro y debate para el análisis de la problemática nacional y el intercambio de conocimientos y experiencias que permitan avanzar y progresar en la mejora de los niveles de seguridad en las carreteras españolas. Las Jornadas incluyen siete sesiones técnicas con diversas ponencias técnicas en cada una de ellas, donde se abordarán los diferentes aspectos de la seguridad vial, en las que los temas relacionados con la infraestructura jugarán un papel preponderante aunque sin olvidar la perspectiva humana de las víctimas de los accidentes, y donde tendrán cabida también comunicaciones libres. Para todo ello se contará con representantes destacados de diferentes Administraciones e Instituciones con responsabilidad en la gestión de las infraestructuras y el tráfico y con expertos de reconocido prestigio en las diferentes materias abordadas.

Paralelamente al desarrollo de las Jornadas está previsto organizar una exposición donde las instituciones y empresas puedan mostrar y difundir sus realizaciones, así como también las últimas novedades en el campo de la seguridad vial: materiales, equipamiento, técnicas y sistemas de implementación, servicios de consultoría en ingeniería, aplicaciones informáticas, etc., permitiendo así a los asistentes conocer más directamente los avances en esta materia.

Por último quisiera animar a todos los que de alguna manera están relacionados con la conservación y seguridad de nuestra red viaria a asistir en este evento, que estoy convencido será provechoso para todos, así como agradecer el apoyo y patrocinio institucional con el que cuentan estas VII Jornadas Nacionales de Seguridad Vial, gracias al cual es posible su celebración.❖

## PROGRAMA

### MARTES 14 DE NOVIEMBRE DE 2017

- 1ª Sesión** GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN ESPAÑA.
- 2ª Sesión** LA SEGURIDAD VIAL EN EL ÁMBITO URBANO.
- 3ª Sesión** NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SU IMPACTO EN LA SEGURIDAD VIARIA.

### MIÉRCOLES 15 DE NOVIEMBRE DE 2017

- 4ª Sesión** MÁRGENES Y EQUIPAMIENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS.
- 5ª Sesión** USUARIOS VULNERABLES.
- 6ª Sesión** AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS.
- 7ª Sesión** OTROS PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS.

## COMUNICACIONES LIBRES

Los interesados en presentar Comunicaciones Libres deberán enviar un email antes del 27 de octubre de 2017, a la dirección de correo electrónico: [info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com), incluyendo la siguiente información:

- Título y resumen de la comunicación
- Nombre del autor
- Empresa u organismo
- Dirección, e-mail y teléfono

#### TOPICS:

- ITS aplicados a la mejora de la seguridad vial
- Interacción vehículo-carretera aplicada a la Seguridad Vial
- Vehículo conectado y vehículo autónomo
- Carreteras que perdonan
- Equipamiento vial: Balizamiento, amortiguadores de impacto, reductores de velocidad,
- Experiencia en actuaciones de mejora de la seguridad de los usuarios vulnerables de la carretera:
  - Ciclistas
  - Motociclistas
  - Peatones
  - Trabajadores en la carretera

De las comunicaciones libres recibidas, el comité técnico realizará una selección pudiendo ser aceptadas (se comunicará antes del 6 de noviembre de 2017) para su exposición oral o en paneles que se dispondrán para tal fin en el lugar de celebración de las Jornadas.

Más información en nuestra página WEB

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



# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

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

Tfno.: (+34) 91 590 01 90  
[info@ongawa.org](mailto:info@ongawa.org)  
[www.ongawa.org](http://www.ongawa.org)

Antes:



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

# Curso de Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera

Los próximos días 21, 22 y 23 de noviembre se celebrará en las aulas de la Asociación Técnica de Carreteras, la primera edición del "Curso de Responsables de Seguridad de Túneles de Carretera", organizado por el Comité de Túneles de la ATC

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

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

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

La formación y la necesidad de estructurar los conocimientos de los Responsables de Seguridad de Túneles de Carretera es una de las inquietudes del Comité de Túneles de PIARC y también de la Asociación Técnica de Carreteras, por lo que basándose en la experiencia acumulada por muchos de sus miembros, alguno de ellos actuando como Responsable de Seguridad en túneles



competencia de distintos titulares y administraciones, se ha animado a la organización de este curso.

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

Debe estar al día en el conocimiento de las diversas normativas de aplicación en las fases de proyecto, construcción y explotación y de las instalaciones y

equipamientos técnicos para la amplia diversidad de posibles casos de túneles, implicarse en la elaboración de los manuales de explotación y en el plan de autoprotección y participar en la gestión de emergencias, simulacros y ensayos, por lo que todos estos temas se van a abordar en el curso, añadiéndose el caso práctico de un simulacro de incidente.

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

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



# IV SEMINARIO INTERNACIONAL OBRAS DE TIERRA EN EUROPA

**Madrid**  
**19 y 20 abril de 2018**

**E**l IV Seminario Internacional Obras de Tierra en Europa se celebrará en Madrid los días 19 y 20 de abril de 2018. Es el cuarto de la serie de seminarios homónimos (París 2005, Londres 2009, Berlín 2012) dedicados a la evolución del proyecto, construcción y conservación de las obras de tierra. Estos conceptos vienen representando por término medio entre un 15 y un 25 % del total del presupuesto de la obra pública del Viejo Continente.

Reconocidos especialistas internacionales analizarán y pondrán al día una serie de temas, sobre los que asimismo se piden comunicaciones libres:

- *Uso óptimo de materiales locales*, concepto que se corresponde con lo que en España cono-

mos como materiales marginales según el PG 3: tema sobre el que hace ya más de una década se celebraron dos jornadas nacionales (ATC 2005 y 2007).

- *Normativa europea*: a fecha de celebración del Seminario se espera que esté recién aprobada por el Comité Europeo de Normalización la norma europea "EN 16907 Obras de Tierra", en la que han trabajado desde 2009 especialistas de todo el continente.
- *Control de calidad*: en el que se abordará el tema cuando menos desde la óptica de la parte 4 de la mencionada norma.
- *Tratamiento y mejora de suelos*: en el que a la parte 5 de la norma europea se espera añadir experiencias y realizaciones prácticas

- *Riesgo geotécnico y cambio climático*: en el que se espera poner al día unos temas de la máxima actualidad, en los que se está desarrollando una intensa labor en los últimos años.

- *Proyectos y realizaciones*: en el que se pretende contar con la reseña de las más novedosas y relevantes desde el seminario anterior.

Durante el evento se podrán visitar el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX y la célula de grandes dimensiones para ensayos de secciones ferroviarias.

El seminario se impartirá en español e inglés, para lo que se contará con traducción simultánea. En próximos números de nuestra revista se ampliará la información sobre este evento. ❖

## AREAS TEMATICAS

- Sostenibilidad y uso óptimo de los materiales locales
- Normativa europea
- Control de calidad
- Tratamiento y mejora de suelos
- Riesgo geotécnico. Riesgo climático y adaptación al cambio climático
- Proyectos especiales o relevantes

## LUGAR Y FECHAS

El Seminario se celebrará en:

CEDEX, salón de actos del edificio CETA  
(Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas).  
c/ Alfonso XII, 3. 28014 Madrid, España

Las fechas de celebración serán jueves 19 y viernes 20 de abril de 2018.

## SECRETARÍA DEL SEMINARIO

**Asociación Técnica de Carreteras**

C/ Monte Esquinza, 24, 4º dcha.  
28010 Madrid (España)

Tel.: (0034) 91 308 23 18

Fax: (0034) 91 308 23 19

E-mail: [congresos@atc-piarc.com](mailto:congresos@atc-piarc.com)

Recepción de comunicaciones: [info@atc-piarc.org](mailto:info@atc-piarc.org)

## ORGANIZACIÓN

El Seminario está organizado por:

- Dirección General de Carreteras
- CEDEX
- ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, UPM
- PIARC
- ATC



Para más información:

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

# JORNADA DE FORMACIÓN

## SOLUCIONES ASFÁLTICAS SOSTENIBLES Y ADAPTADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA FIRMES DE CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO



### VALLADOLID

3 de octubre de 2017

La jornada se celebró el 3 de octubre en el salón de actos de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León con la asistencia de 170 técnicos de carreteras tanto de administraciones públicas como del sector privado.

En la inauguración participaron Luis Alberto Solís, Director de Carreteras e Infraestructuras de la Junta de Castilla y León, Jesús Santamaría, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y Andrés Costa, Ponente General de la jornada y Presidente

del Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la Asociación Técnica de Carreteras.

Andrés Costa destacó en su intervención que una de las preocupaciones en todos los sectores económicos es conseguir que sus procesos resulten más amigables con el medio ambiente. Entre estos sectores se encuentra también el de la construcción y conservación de firmes de carreteras, dentro del cual son varios los aspectos a tener en cuenta para conseguir estas mejoras medioambientales, como acometer

las actuaciones con criterios de eficiencia, la reducción de las temperaturas, la reutilización de materiales,... Por otro lado, señaló que no se puede ignorar que en la actual red viaria española, sin contar la urbana, al menos el 70 % de las carreteras entra dentro del criterio de baja intensidad de tráfico ( $\leq 2.000$  IMD y que esta, a veces, olvidada parte de la red de carreteras, la que permite asegurar la accesibilidad de las zonas rurales menos pobladas, requiere, como la de sus hermanas mayores, disponer de una normativa adecuada a sus

particulares características, al menos si de verdad se desea alcanzar ese nivel de eficiencia en las actuaciones.

Jesús Santamaría, por su parte, se congratuló de la convocatoria de la Jornada ya que la preocupación por los temas medioambientales y la disponibilidad de tecnologías adaptadas al cambio climático es una de las líneas de actuación de la D.G. de Carreteras del Ministerio. Asimismo señaló que, aunque en la RIGE no se cuenta en la práctica con carreteras de baja intensidad de tráfico, le parecía importante el esfuerzo del Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico en la preparación de las recomendaciones de Pliegos de algunas unidades de obra propias de este tipo de carreteras.

Luis Alberto Solís destacó el tradicional compromiso de la Junta de Castilla y León con la innovación en materia de mejora del medio ambiente y, en particular, su participación en el proyecto TRACC-SUDOE. Recordó que la Junta cuenta con una larga experiencia en el empleo de soluciones amigables: mezclas en frío y templadas, reciclados con cemento y emulsión, etc. y animó a los técnicos participantes a tomar siempre en consideración estas soluciones. Finalmente agradeció a las asociaciones organizadoras (ATC, ATEB y ACEX) por su esfuerzo y a las empresas patrocinadoras (Cepsa y Repsol) por su colaboración.

La jornada se desarrolló en tres sesiones. La primera de ellas dedicada al proyecto TRACC, la segunda a la Conservación de carreteras de baja intensidad de tráfico en Castilla y León, y la tercera a la propuesta de Pliegos de Prescripciones Técnicas para carreteras de baja intensidad de tráfico.

Dentro de la primera sesión, Julio González Jefe de Servicio de Conservación y Explotación de Carreteras de la Junta de Castilla y León, hizo una presentación del proyecto TRACC y de la participación de la Junta en él, centrándose a continuación en la descripción de los tramos

de ensayo del proyecto realizados en Valladolid y en su seguimiento. La carretera escogida fue la CL-600 en el tramo entre Puente Duero y Viana de Cega. Pk. 6+550 a 8+245. Esta carretera tiene una sección 7/10 y en 2010 tenía un tráfico T21 (IMD de 7.000 v/d y IMDVp=426 vp/d), presentando en muchos puntos una considerable deformación en las zonas de rodada acompañada de cuarteamiento por fatiga. Se realizaron cuatro tramos empleando diferentes técnicas (Tabla 1)

El seguimiento, tras siete años de puesta en servicio, ha mostrado una excelente evolución tanto desde el punto de vista estructural (deflexiones) como del de la seguridad (CRT con valores de 50 a 60 en todo el tramo). No obstante, hay que señalar que tras la puesta en servicio de la VA-30, la carga de tráfico de la CL-600 se ha visto considerable reducida tanto en vehículos totales (50%) como, sobre todo, de pesados (70%).

María del Mar Colás, Directora del Comité Técnico de ATEB, hizo un resumen de los principales objetivos y logros del proyecto TRACC en su conjunto. Este proyecto, enmarcado dentro del programa SUDOE, contó con la participación de organizaciones españolas (Junta de Castilla y León y ATEB), francesas (Conseil de Haute Garonne, LRPC Toulouse y SRIR MP) y portuguesas (Politécnico de Setúbal y Sines Tecnopolo). Los principales objetivos del proyecto fueron:

- Analizar, comparar y desarrollar diferentes técnicas de carreteras adaptadas al cambio climático

(TRACC) en el Espacio Sudoeste de Europa (SUDOE).

- Desarrollo de técnicas TRACC que supongan un ahorro por el empleo de materiales reciclados o por el empleo de residuos de otras industrias (RCD, NFU,...)
- Realizar varios tramos de prueba (4 en Francia y 4 en España)
- Medir el impacto económico y social de las técnicas innovadoras del proyecto
- Desarrollar una herramienta informática, para la ayuda de toma de decisiones sobre la técnica/s TRACC más adecuadas a cada situación.

Como resultado de todo ello, se desarrolló la Herramienta Informática TRACC, cuya reciente renovación fue presentada por Daniel Andaluz, Gerente de ATEB. Se trata de una aplicación informática de ayuda en la toma de decisiones tomando en cuenta diversos criterios pero no debe pensarse en ella como una aplicación de dimensionamiento.

El programa toma en cuenta diversos factores: naturaleza de la carretera, tipo estructural, climatología, estado del soporte, tipo de actuación y objetivos de mejora buscados. Asimismo permite establecer los criterios de ponderación: medioambientales, técnicos, sociales y económicos. La respuesta del programa analiza la bondad de la solución en base a un amplio abanico de cuestiones en cada uno de los criterios analizados.

En la segunda sesión, Pablo Sáez, Director de ACEX, comenzó clarificando la terminología a em-

Tabla 1

Tramo	Distancia	Refuerzo	Tipo mezcla	Tipo Ligante
6550 a 6980	430	6 cm	Templada cerrada AC22 surf S	7% emulsión ECR-3
6980 a 7400	420	6 cm	Templada abierta	7% emulsión ECM-m
7400 a 7850	450	6 cm	AC22 surf BBTIFE 50/70 S	4,5% betún BBT 50/70
7850 a 8245	395	6 cm	AC22 surf BC 35/50 S	4,5 betún mejorado caucho BC 35/50



plear en relación con la explotación y conservación de carreteras. En su opinión, la Explotación como tal engloba la Gestión de la Red (Tráfico), la Conservación de los Elementos (incluyendo las operaciones de vialidad, conservación ordinaria, rehabilitación y mejora) y el Mantenimiento de los Servicios (uso y defensa, ayudas a la vialidad y sistemas de gestión).

En segundo lugar se refirió a los aspectos básicos a considerar en la gestión de la conservación y mantenimiento de las carreteras. Entre los que destacó:

1. Asegurar los parámetros de “la puesta en servicio” y el valor patrimonial.
2. Niveles de servicio = carta de servicios.
3. Presupuesto.
4. Multitud de sistemas de gestión parciales (todos parten del inventario).
5. Control de la ejecución y validar los criterios establecidos.
6. La opinión del usuario.
7. Avance continuo (cambio climático, nuevas tecnologías, nuevas realidades de la conducción, ...)

Finalmente, Pablo Sáez comentó los resultados de la encuesta realizada en 2011 y en fase de reedición actualmente, sobre la gestión de las carreteras en redes de baja intensidad de tráfico dirigida a las Diputaciones Provinciales y Comunidades Autónomas uniprovinciales. Las respuestas cubren un 42% de la red (20 administraciones) por lo que pueden considerarse como bastante representativas:

- El 90% de estas redes puede considerarse de baja intensidad de tráfico (IMD<2000v/d)

- El 70% de las redes se encuentra inventariada con datos (variable) sobre:
  - o Geometría
  - o Firmes
  - o Señalización
  - o Obras de fábrica
  - o Campañas de aforo
  - o Auscultación
- Tipo de gestión de la conservación:
  - o Medios propios y/o externalizada.
  - o Actividades incluidas en la conservación integral externalizada
  - o Niveles de satisfacción
  - o Perspectivas a futuro

En la segunda parte de esta sesión, Andrés Costa desarrolló el tema de la “Optimización de soluciones en conservación de firmes. Aspectos Técnicos”. En primer lugar se refirió a las características técnicas y funcionales de las carreteras de baja intensidad de tráfico, para continuar exponiendo la casuística de los tipos de deterioros que pueden presentarse, su origen y las distintas soluciones que deben contemplarse. Finalmente dedicó su intervención a revisar las diversas técnicas de conservación de los firmes en estas carreteras, describiendo sus características, composición, ventajas y limitaciones:

- Mezclas bituminosas a menor temperatura:
  - o Mezclas en frío
  - o Gravaemulsión
  - o Mezclas templadas: cerradas, abiertas y recicladas
- Tratamientos superficiales
  - o Riegos con gravillas
  - o Lechadas bituminosas
- Reciclados in situ
  - o Con emulsión
  - o Con cemento
  - o Mixto

- Fresado localizado y reposición con M.B.C.
- Mezcla bituminosa en caliente en capas > 6cm

En la tercera de las sesiones, Francisco José Lucas, Presidente de ATEB, y Alberto Bardesi, Director de la ATC, presentaron las propuestas del Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC para este tipo de vías. Francisco José Lucas empezó enmarcando este proyecto del Comité y señaló que se trata de dar un soporte a los responsables técnicos de las administraciones y proyectistas en aquellas unidades de obra que no se recogen de forma explícita en el PG-3 pero que sí están contempladas tanto en las Instrucciones 6.1-IC y 6.3-IC como en diversas recomendaciones de diseño de firmes de las Comunidades Autónomas. Hasta el momento se han preparado los documentos correspondientes a:

- Riegos con gravilla
- Lechadas bituminosas (complemento del art. 540 del PG-3)
- Mezclas abiertas en frío
- Gravaemulsión
- Riegos de sellado

Y, a futuro, se complementarán con los correspondientes a:

- Mezclas templadas
- Reciclados in situ con emulsión (complementarios al art. 20 del PG-4)
- Reciclados templados

Los ponentes presentaron las propuestas de a los artículos, que se entregaron con la documentación de la jornada, haciendo énfasis en las novedades que aportaban en materia de componentes, nomenclatura, criterios de diseño y aplicaciones, así como en que son propuestas que se someten a la revisión y posibles comentarios por los técnicos posibles usuarios de los mismos. ❖



En memoria de D. Sandro Rocci Boccarelli, recientemente fallecido.

La Asociación Técnica de Carreteras y la revista *Rutas* quiere ofrecer su más sentido pésame a sus familiares y amigos.



# Sandro Rocci

## Un gran amigo al que le cabía todo el mundo en la cabeza

Manuel Romana

Conocí a Sandro Rocci cuando se presentó, allá por noviembre, para darnos clase de trazado. Entonces trabajaba en la Dirección General de Carreteras, nos dijo. Yo, Manolo, puedo decir que entonces no me llegó especialmente. Estaba yo en plena decisión interior, que no entendía bien, de a qué campo dedicarme,

viendo que llegado 50, la cosa no iba a durar mucho más, así que tenía que elegir un camino, al menos de momento. De hecho, la asignatura de Caminos y un viaje por España me convencieron de que las carreteras eran un empeño noble, que me gustaba y que en aquel momento hacía mucha falta. Esos profesores, Sandro en-

tre ellos, crearon mi vocación para el final de ese curso.

No fue hasta un tiempo después, ya en los 90, cuando Sandro cayó enfermo y empecé a tratarle. Muchos le conocíais bien antes de eso. Era alto, un punto desgarbado, más chulo que un ocho, con un buen gusto espectacular y con varias ciencias y técnicas en la carre

tera en la cabeza, de las que la dinámica de los vehículos y el trazado geométrico de carreteras eran una parte. Para entonces, había pasado ya por la construcción de la primera autopista en la A-6, hasta Villalba, la nueva carretera a Cuenca y la A-4 en su tramo manchego. En esas obras salvó dificultades difíciles de creer, introdujo técnicas nuevas y sus oficios, con los de otros, sirvieron para modernizar el país en un aspecto en el que estaba claramente atrasado. Después llegó a la Subdirección de Normativa. Desde allí impulsó la Norma de Trazado, la 3.11C, y muchos otros documentos. Llevaba ya varios lustros como Profesor Asociado en la Escuela, dedicación en la que fue constante: nunca interrumpió esa conexión. Después, como tantos otros, dejó la Dirección General, y por sus buenos oficios se dedicó a los proyectos de carreteras y por los de su amigo Carlos Kraemer afianzó su posición en la Escuela, como Profesor Titular. Esas tareas las compaginó bien, en años que él consideraba muy productivos. Una enfermedad seria, más que grave (aunque los que le tratamos sabemos que se llevó un buen susto en un primer momento) le hizo interrumpirlo todo durante algunos meses. Y fue en ese momento cuando yo le empecé a tratar con asiduidad.

Fue un ejemplo completo durante su enfermedad. Dolorido, sentado en una silla de ruedas, y durmiendo muy poco, se embarcó en varios frentes, leyendo, escribiendo y reflexionando. Conducido por su inseparable Marisol, siguió asistiendo a los conciertos del Auditorio Nacional, entre otros. Una lenta pero continuada recuperación mejoraron su humor y salió de aquella con aun más amor por la vida, ganas de disfrutar de ella y vocación de ayuda técnica al país y a los ingenieros. Logró la cátedra de Caminos, de la que estuvo muy orgulloso, aunque decía que se la había merecido. Yo

participé con él en la docencia en la Escuela, en 5o y en Doctorado, y en cursos de formación continua para ingenieros. Además del diseño geométrico, escribió sobre márgenes seguras, sobre reciclado de mezclas asfálticas, sobre estética de estructuras, sobre accesos a carreteras y sobre seguridad vial. No supe convencerle para que publicara su modelo de adelantamiento, que culminó como investigación de cara al concurso de cátedra, aunque lo llevaba rumiando mucho tiempo, y siempre lo he sentido.

Era un escritor prolífico, basado en su inmensa cultura, su acervo de lecturas variadas y su criterio claro. Decía lo que pensaba y pensaba lo que decía. Recuerdo incontables veces en las que, fascinado, le oía hablar de libros de la más variada temática y procedencia. Yo pensaba que en su papel de príncipe italiano eso le pegaba, y mucho. El hablar claro le causó alguna que otra polémica, como me recordaba él mismo a mediados de junio de este año. Y se metió brevemente en política cuando estos nuevos partidos aparecieron. Fue asesor para temas técnicos y de transporte, participó en debates sobre la M-30, y se mostró contrario a las medidas restrictivas en países desarrollados para luchar contra el cambio climático. Opinaba que el desarrollo de nuevas técnicas tenía más posibilidades de éxito, y además no castigaba a los ciudadanos.

Fue un enamorado de los buenos coches, y especialmente fiel a la marca Porsche. Tuvo una dilatada trayectoria en la Federación Española de Automovilismo, que llegó a presidir. Fue el primer comisario español de Fórmula 1, e instrumental en traer la F1 a España. Diseñó el circuito de Jerez, y siempre le atrajo la velocidad. Otros muchos podrán contar mejor esa faceta suya, que le apasionó y rememoraba con frecuencia. Era un placer oírle contar cómo estuvo en el coche cero, el

que abre la carrera sin competir, en un Rallye, creo que de España.

Durante algunos lustros fue un pilar firme de la Asociación Técnica de Carreteras, por la suma de su amor por la Dirección General de Carreteras, su amistad con algunos de sus dirigentes y la ya mencionada vocación de servicio. Con ella participó en reuniones, congresos y simposios. Ayudó a todos los que se lo pidieron, y ha dejado una huella indeleble en todos los que le trataron. Les animo a que pregunten, y lo comprobarán.

Como se ve, fue una persona que no perdió el tiempo. Porque a todo esto hay que añadir su labor empresarial en Neotecnica, donde tanta gente le quiere, y sus muchos viajes por las partes del mundo que le gustaban, y seguro que más cosas que otros podrán glosar.

Sandro protagonizó en una obra coral, pero en la que tuvo un papel destacado, la construcción de la primera red de autopistas en España. Fue maestro y profesor (no es lo mismo, claramente) de una legión de ingenieros que vinimos detrás. Participó en la producción de unos libros que han hecho historia en la formación en Carreteras en español, primero desde la Escuela (años 90) y luego desde McGraw Hill (años 2000). Además, fue un tipo abierto, divertido, sincero, con vocación de servicio y ganas de disfrutar y hacer disfrutar a los demás. Y nada de esto habría sido sin Marisol y Aída, mujer e hija, quienes le quisieron, acompañaron, disfrutaron y toleraron, todo lo primero por igual y con entusiasmo, y lo último con paciencia. Las dos fueron su motor y su brújula durante muchos años, y la explicación de muchos detalles de su esfuerzo. Estaba orgulloso de Aída, y quería a las dos con locura. Daba gusto ver cómo se querían.

Sigue con nosotros, y ojalá seamos dignos seguidores.

## Jesús Santamaría Arias

Mi buen amigo Manuel Romana, me ha dado la oportunidad de agregar algunas palabras a la suyas sobre nuestro común amigo y maestro, Sandro Rocci. Los que me conocéis sabéis que es un honor para mí ocupar ahora el puesto que tenía Sandro Rocci en la Dirección General de Carreteras el día que yo lo conocí y por tanto es también para mí un honor poder escribir estas pocas palabras. Simplemente contaré alguna anécdota que ayudará a definir su figura y forma de ser.

Yo me incorporé al Ministerio un, ya muy lejano, viernes 16 de mayo. Como alguno ya os habréis apercibido, puente de San Isidro en Madrid. Llegué a zona del Área de Tecnología, como entonces se llamaba lo que hoy es la Dirección Técnica, los pasillos desiertos, como en el resto del Ministerio, todos los despachos o cerrados o vacíos, al menos los que yo abrí o intente abrir buscando a alguien que me recibiese, llegué al del Jefe del Área, convencido de que allí tampoco habría nadie, y allí me encontré, escribiendo a 10 dedos y 400 pulsaciones por minuto, a nuestro queridísimo Sandro, que, a los mandos de su PC, me dio afablemente la bienvenida se interesó por mi experiencia previa, me indico cual era mi mesa y volvió a su trabajo.

Quiero destacar de este breve encuentro algunos detalles:

- Él (y aprovecho el principio de la oración para escribir Él con mayúsculas, como creo que Él se merece) estaba trabajando cuando casi todos los demás estaban de fiesta.
- Él estaba escribiendo con la habilidad de una mecanógrafa profesional. Podía ser autosuficiente y se había molestado en aprender a hacer de la forma más eficiente posible lo que otros ingenieros despreciarían y dejaban para sus personal auxiliar. Ello a pesar de contar con las secretarías suficientes para poder encargar esos

trabajos. Por cierto nunca vi a sus secretarías cruzadas de brazos: trabajaba y daba trabajo.

- Él estaba manejando virtuosamente un PC. Por aquel entonces el acrónimo PC significaba Profesional Computer, no como ahora que se sobreentiende como Personal Computer; los mismos prácticamente acababan de aparecer en España y era muy raro que nadie tuviese uno, fuera de los gabinetes de cálculo o pool de secretarías. Ese día pensé que la DGC estaba muy modernizada en ese sentido. Al lunes siguiente descubriría mi error y que prácticamente el único PC de la Dirección era el suyo; lo mismo sucedía en el resto de las Direcciones Generales. Hay que decir también que los programas que se usaban por aquel entonces nada tienen que ver con los de ahora en cuanto a amigabilidad y facilidades WYSIWYG (What You See Is What You Get); lo que tengan memoria recordaran el Peachtext y sabrán de lo que hablo.
- Él dejó lo que estaba haciendo y me atendió a mí, al último mono, como vulgarmente se dice, con toda su cortesía y atención.

Le he visto corregir un plano y anotarlo a dos manos, por supuesto sobre su tablero de dibujo, que tampoco íbamos a desdeñar la delineación clásica hasta que pudiésemos hacerlo con ordenador, cosa que hizo mucho antes que los delineantes a su cargo. A dos manos sí, al mismo tiempo con las dos manos, con la derecha en letra inglesa, proveniente de su educación española, con la izquierda en redondilla, proveniente de su educación italiana. Ambidiestro y multilingüe.

Siempre valiente y atrevido, hasta el punto que algunos podrían calificar de insensato; perdió un ojo porque su interés e ilusión por fotografiar una voladura fue superior a su miedo por resultar herido.

A las obras que ya ha indicado Manuel Romana quiero agregar y destacar por su singularidad dos más, el circuito del Jarama y la calzada reversible de la A-6.

Era un hombre de sabiduría enciclopédica y quiero contraponer la palabra sabiduría a la de conocimiento. La sabiduría conlleva el saber usar el conocimiento, no sólo poseerlo. Son pocas las personas que tienen conocimientos enciclopédicos y muy pocos de estos los que saben qué hacer con ellos. Uno de estos pocos entre los pocos, nuestro bien amado Sandro.

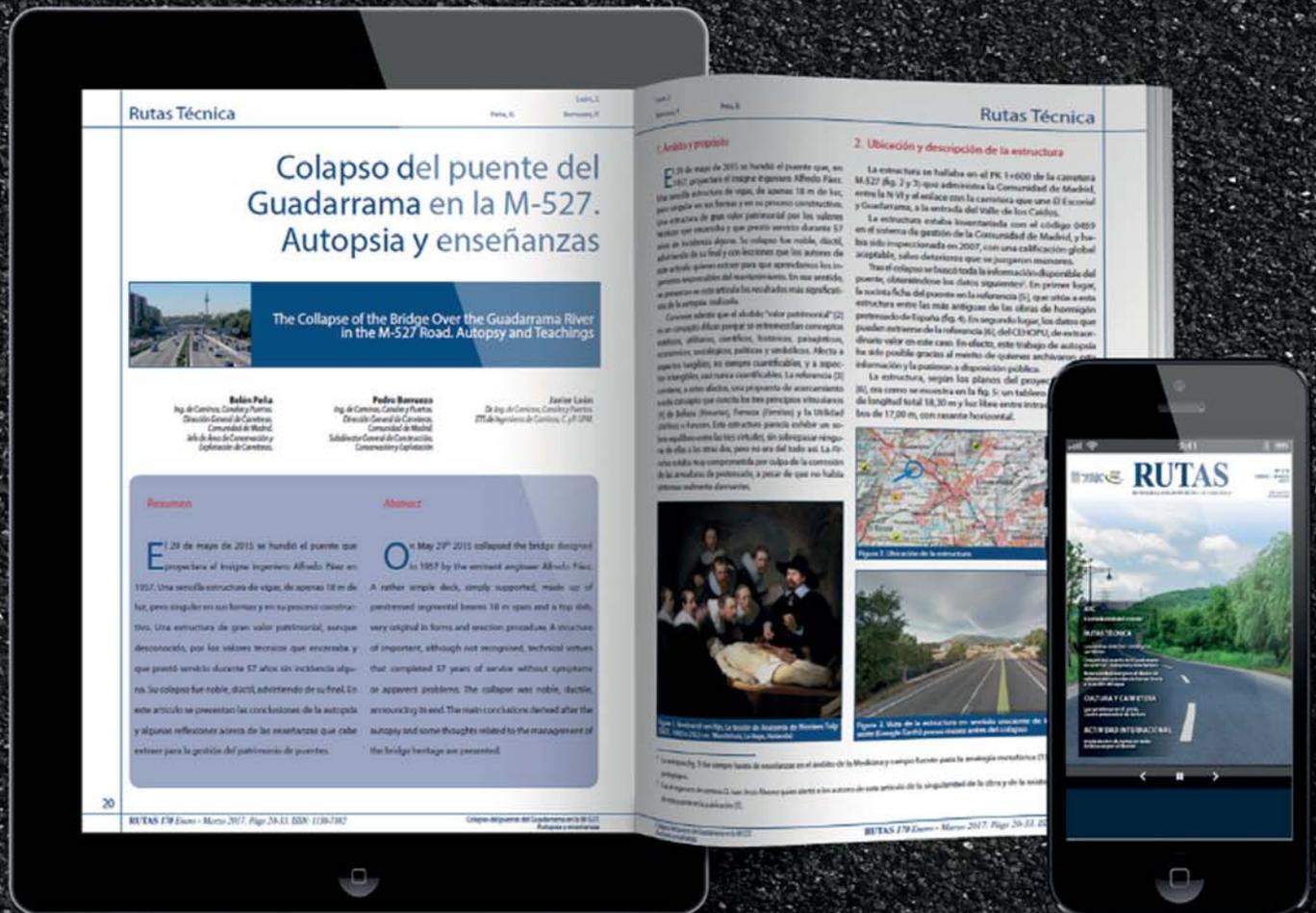
En definitiva un gran hombre en todos los sentidos, incluida por supuesto su presencia física, y un hombre joven por su ánimo y su espíritu, juventud que mantuvo hasta su muerte a avanzada edad. Siempre abierto a la innovación y a las nuevas tecnologías, y a los coches deportivos que siempre condujo, siempre dinámico, descarado y abierto, sin temor al fracaso y por ello tremendamente productivo. Al mismo tiempo humilde, no buscaba premios sino metas, para la ingeniería que no para él, no se consideraba más que nadie, pero tampoco menos. Él igual que todos. Ojala todos iguales a él.

Trabajador como el que más. Con su padre a punto de morir, Sandro se mantenía junto a la cama de su padre en el hospital, pero, por supuesto, no desocupado; hasta allí traslado su ordenador y hasta allí estuvimos sus colaboradores llevándolo y recogiendo trabajos.

Uno de esos días Sandro, triste, me dijo "Jesús, ten en cuenta que el día que nos muramos en nuestra lápida no pondrá aquí yace el Subdirector General si no que dirá que nuestra mujer y nuestros hijos nos quieren y siempre nos recordaran". Pues bien yo quisiera ahora decir que además de su familia natural, también su otra familia, la de los ingenieros, le queremos y siempre le recordaremos. ❖

# RUTAS

## Digital



### RUTAS se actualiza

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

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

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

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

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

Subscríbete en [info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)

## Composición de la Junta Directiva de la ATC

<b>PRESIDENTE:</b>	- D. Luis Alberto Solís Villa
<b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b>	- D. Jorge Urrecho Corrales - D. Gregorio Serrano López
<b>VICEPRESIDENTES:</b>	- D. Jesús Santamaría Arias - D. José María Pertierra de la Uz - D. Jesús Díaz Minguela
<b>TESORERO:</b>	- D. Pedro Gómez González
<b>DIRECTOR:</b>	- D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría
<b>SECRETARIO:</b>	- D. Pablo Sáez Villar
<b>VOCALES:</b>	



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



- Presidente Saliente:
  - D. Roberto Alberola García
- Designados por el Ministerio de Fomento:
  - D. Carlos Bartolomé Marín
  - D. Jaime López-Cuervo Abad
  - D. Jesús Santamaría Arias
  - D. José Manuel Cendón Albarte
  - D. Ángel García Garay
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
  - D. Jaime Moreno García-Cano
  - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
  - D.ª Sonia Díaz de Corcuera Ruiz de Oña
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
  - D. Luis Alberto Solís Villa
  - D. José Trigueros Rodrigo
  - D. Xavier Flores García
  - D. José María Pertierra de la Uz
  - D. Carlos Estefanía Angulo
  - D. Juan Carlos Alonso Monge
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
  - D. Ángel Castillo Talavera
  - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
  - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
  - D. José Manuel Vasallo Magro
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
  - D. Rafael Gómez del Río
- Representantes de las empresas de consultoría:
  - D. José Polimón López
  - D. Casimiro Iglesias Pérez
  - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Aniceto Zaragoza Ramírez
  - D. Francisco Javier Lucas Ochoa
  - D. Sebastián de la Rica Castedo
  - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. Jorge E. Lucas Herranz
  - D. José Luis Álvarez Poyatos
  - D. Camilo Alcalá Sánchez
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
  - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados:
  - D. Anselmo Soto Pérez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
  - D. Jesús Díaz Minguela
  - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
  - D. Manuel Romana García
  - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
  - D. José María Morera Bosch
  - D. Pedro Gómez González
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
- Nombrado a propuesta del presidente:
  - D. José Luis Elvira Muñoz

## Comités Técnicos de la ATC

### COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

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

### COMITÉ DE FINANCIACIÓN

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

### PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y TRÁFICO

- Presidente D. Fernando Pedraza Majarrez
- Secretario D. Javier Sáinz de los Terreros

### TÚNELES DE CARRETERAS

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

### CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

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

### FIRMES DE CARRETERAS

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

### PUENTES DE CARRETERAS

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

### GEOTECNIA VIAL

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

### SEGURIDAD VIAL

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

### CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

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

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

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

## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

### Socios de Honor

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

### Socios de Mérito

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

### Socios Protectores y Socios Colectivos

#### Administración General del Estado

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

#### Comunidades Autónomas

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

#### Ayuntamientos

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

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

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

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

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

## Asociaciones

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

## Sociedades Concesionarias

- ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
- ACCIONA CONCESIONES, S.L.
- AP - 1 EUROPISTAS, CONCESIONARIA DEL ESTADO, S.A.U.
- AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
- AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
- AUTOPISTAS DEL ATLANTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
- CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.
- CONCESIONARIA VIAL DE LOS ANDES, S.A. (COVIANDES)
- SACYR CONCESIONES, S.L.
- TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.

## Empresas

- 3M ESPAÑA, S.A.
- 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.
- ALVAC, S.A.
- API MOVILIDAD, S.A.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
- BETAZUL, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CEPESA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COMPOSAN PUENTES Y OBRA CIVIL, S.L.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CLOTHOS, S.L.
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- ELSAMEX, S.A.
- EMPRESA DE MANTEIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- ESTEYCO, S.A.P.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- EUROCONSULT, S.A.
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A. (GEOCISA)
- GINPROSA INGENIERÍA, S.L.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. (INCOSA)
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICOM TRANSPORTATION S.A.U.
- KELLER CIMENTACIONES S.L.U.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SGS TECNOS, S.A.
- TALHER, S.A.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPASA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
- VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

## Socios Individuales

Personas físicas (50) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa y digital, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por Fax o por correo postal a la sede de la Asociación:  
**C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.**

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:  
Tel.: 913082318 Fax: 913082319  
**info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com**

La revista **RUTAS** ofrece la posibilidad de publicar aquellos trabajos o artículos del sector de las carreteras que resulten de interés.

Los artículos deberán por correo electrónico a la dirección **info@atc-piarc.org**

El Comité Editorial de la revista **RUTAS** se reserva el derecho de seleccionar dichos artículos y de decidir cuáles se publican en cada número.



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:

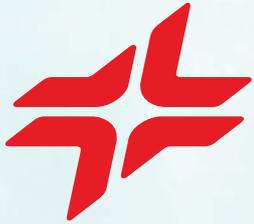
Domiciliación bancaria CCC nº \_\_\_\_\_  
 Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa  NIF

Dirección  Teléfono

Ciudad  C.P.  e-mail



# CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

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

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en [cepsa.com/asfaltos](http://cepsa.com/asfaltos)



**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*



# Innovar está en nuestros genes

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



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*