

N.º 138 • II ÉPOCA  
MAYO • JUNIO  
2010  
18 Euros (+IVA)

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

## **Tribuna Abierta**

**El nuevo escenario  
de la inversión en  
carreteras**

## **Rutas Técnica**



**Pavimentos eternos:  
Actuaciones  
innovadoras de hace  
35 años.  
“La Y de Asturias”**

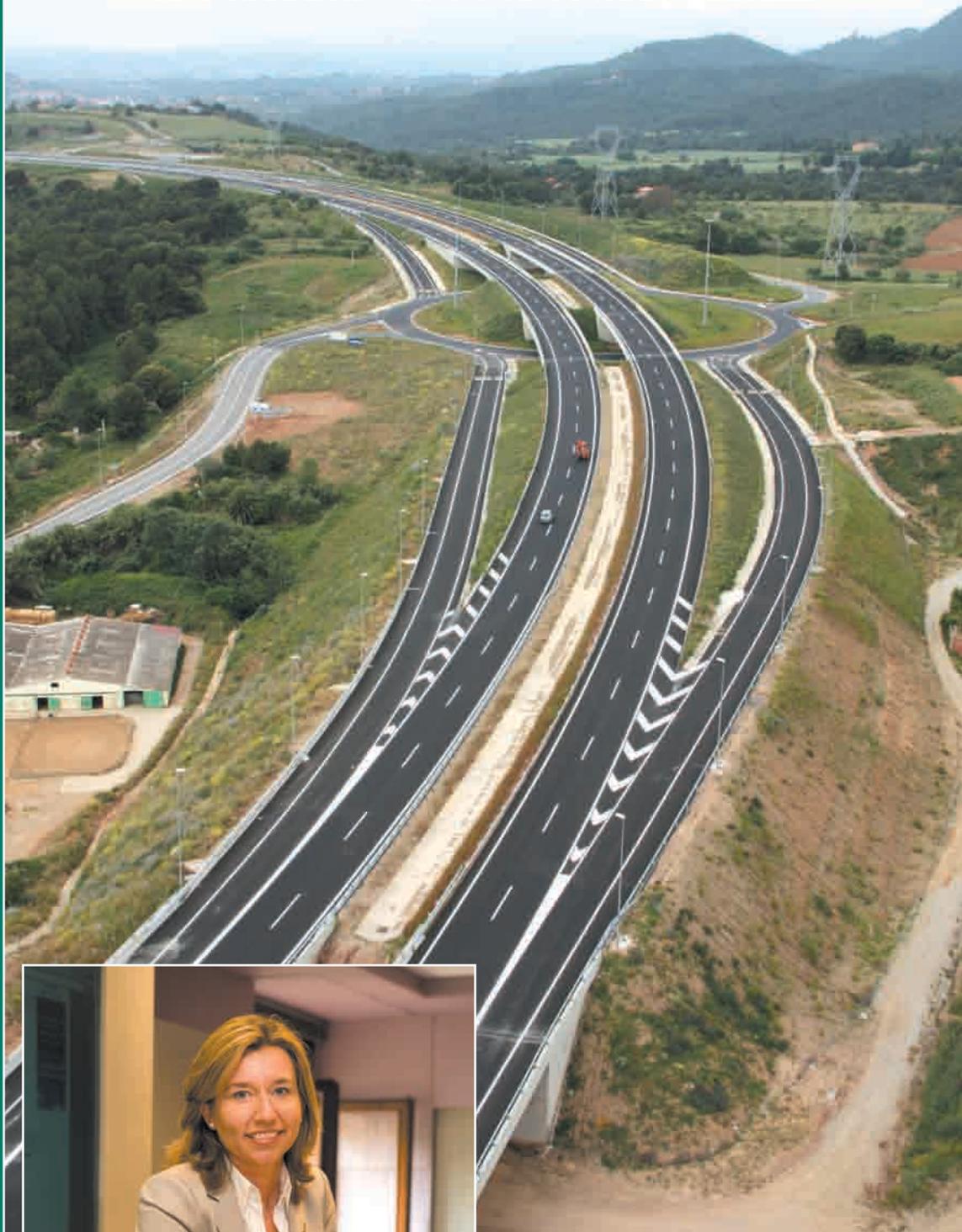
**Aspectos  
relacionados con  
el factor humano  
en el diseño  
de carreteras**

## **Simposios y Congresos**

**México, su Plan  
de Infraestructuras  
y el XXIV Congreso  
Mundial de  
Carreteras 2011**



**Jornada técnica  
sobre “Cimentaciones  
singulares  
de puentes”**



## **En Portada**

**Entrevista a Dña. Laura Alba  
Cuadrado, Consejera de Obras  
Públicas, Transportes  
y Comunicaciones  
del Gobierno de Navarra**

# PASIÓN EN CADA PROYECTO



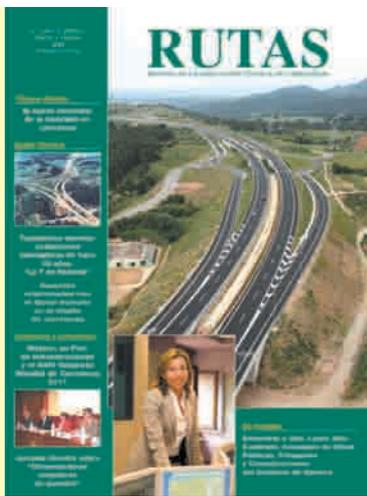
No todos los aeropuertos son iguales. Ni las carreteras. Ni los puertos. Ni siquiera las vías del tren. Existe algo que los diferencia. La pasión al enfrentarse a su proyecto. El detalle en el diseño, en la planificación, en su desarrollo. Cómo se gestiona, el compromiso con el medio ambiente y, sobre todo, la calidad del equipo humano que hay detrás. En Ineco Tifsa llevamos más de 40 años marcando la diferencia, entregándonos a fondo en cada nuevo proyecto. Siendo un referente en ingeniería y consultoría del transporte, aplicando en más de 25 países la tecnología más avanzada según las necesidades de cada cliente. Cuando se pone pasión en los proyectos se nota en el viaje.

Referente en ingeniería y consultoría de transporte.



Visítanos en [www.ineco.es](http://www.ineco.es)

Aeronáutico • Ferroviario • Transporte Urbano • Carreteras • Puertos



# RUTAS

Revista de la Asociación Técnica de Carreteras

Nº 138- II Época - Mayo-Junio 2010

### Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS.  
Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha.  
28010 MADRID  
Tfno.: 913 082 318 - Fax: 913 082 319.  
www.atc-piarc.com

### Presidente:

Roberto ALBEROLA

### Comité de Redacción:

#### Presidente:

Roberto ALBEROLA

### Vocales:

José ALBA GARCÍA  
Francisco CAFFARENA LAPORTA  
Alfredo GARCÍA GARCÍA  
Federico FERNÁNDEZ ALONSO  
José María IZARD  
Carlos JOFRE  
Sandro ROCCI  
Manuel ROMANA  
Antonio RUILOBA  
Margarita TORRES  
Carmen VELILLA

### Directora Técnica:

Belén MONERCILLO DELGADO

### Director Ejecutivo:

Vicente BARBERÁ

### Redacción, Diseño, Impresión, y

#### Distribución:

#### V. Barberá, S.L.

D. Ramón de la Cruz, 71, Bajo Dcha.  
28001 Madrid. Tel. 913 092 471  
Fax: 913 091 140.

### Jefatura de Redacción:

Juan VAQUERÍN  
redacción@revistarutas.es

### Coordinación y Planificación:

María Luisa BRIZ

### Departamento de Publicidad:

Adela GARCÍA.  
Tel.: 914 024 972  
publi@revistarutas.es

### Fotomecánica:

Magister  
Imprime: Grafistaff

Depósito Legal: M-7028 - 1986.

**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.**

Nuestra portada: Autovía Orbital de Barcelona, B-40. Tramo: Viladecavalls-Terrassa.

# S u m a r i o

## Tribuna Abierta

- 3 El nuevo escenario de la inversión en carreteras, por Roberto Alberola, Sandro Rocci y José M<sup>a</sup> Izard.

## En Portada

- 4 Entrevista a Dña. Laura Alba Cuadrado, Consejera de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones del Gobierno de Navarra, por la Redacción.



## Rutas Técnica

- 11 Pavimentos eternos: Actuaciones innovadoras de hace 35 años. "La Y de Asturias, por Jesús Díaz Minguela.



- 21 Aspectos relacionados con el factor humano en el diseño de carreteras, por el Comité Técnico de Seguridad Vial de la ATC. Redactado por José M<sup>a</sup> Pardillo Mayora, Francisco Morales Ortega, José de Oña Ortega, Pablo Pérez del Villar Cruz y Francisco J. Saura López. Prólogo por Roberto Llamas Rubio.



## Accesos a Grandes Ciudades

- 34 Autovía Orbital de Barcelona B-40. Tramo: Abrera-Olesa de Montserrat, por Tomás García Pomares.



- 42 Autovía Orbital de Barcelona B-40. Tramo: Viladecavalls-Terrassa, por Tomás García Pomares.

## Simposios y Congresos

- 50 Jornada técnica sobre México, su Plan de Infraestructuras y el Congreso Mundial de Carreteras 2011, por la Redacción.



- 57 Jornada técnica sobre Cimentaciones singulares de puentes, por Carlos Oteo Mazo y Álvaro Navareño Rojo.



## Entrevista

- 64 D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría, Presidente de Eurobitume. Entrevista realizada por la Redacción.



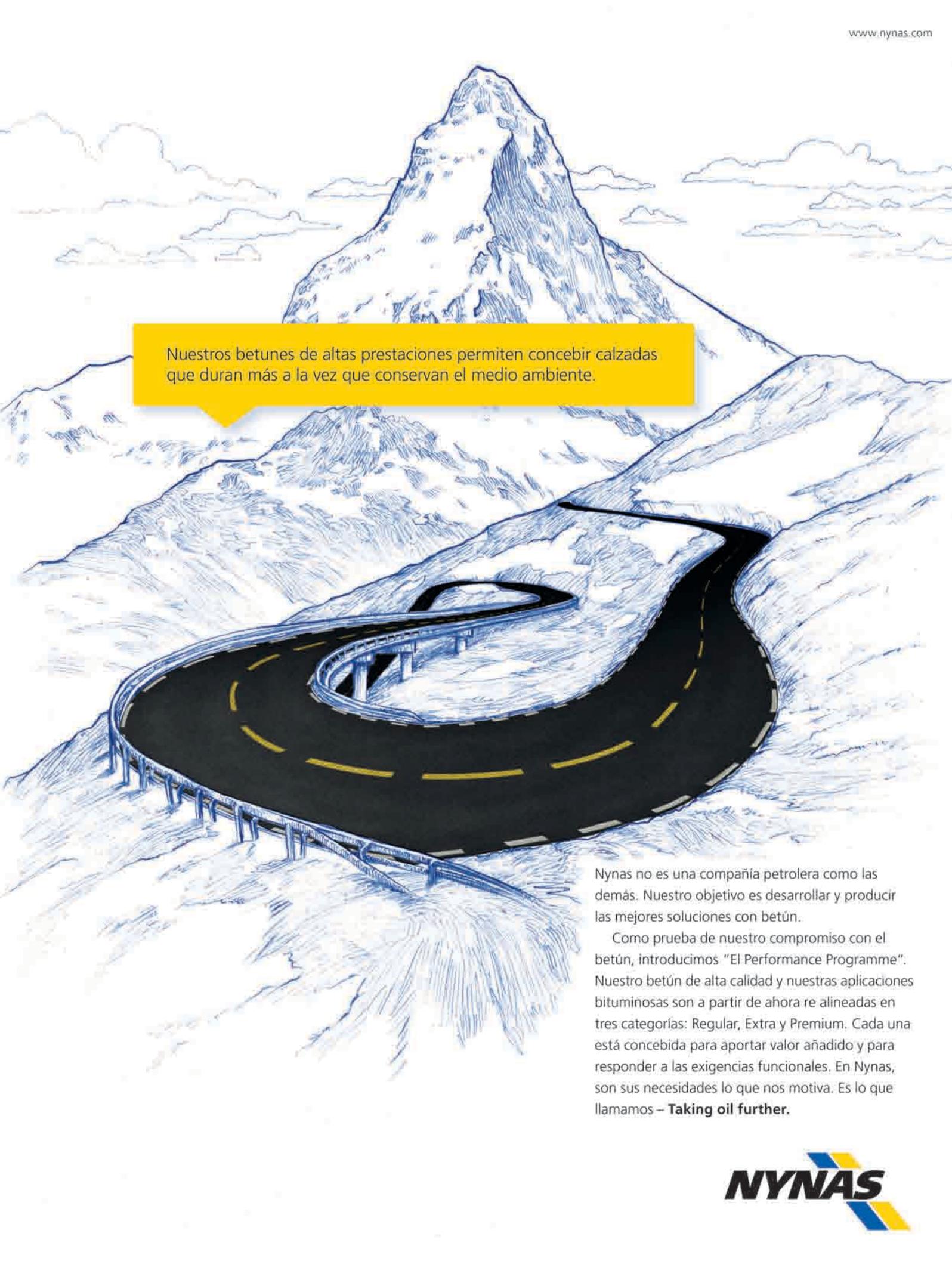
## Premios y Distinciones

- 67 Premio Acueducto de Segovia 2010.  
68 Entrega del VI Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación.  
70 Entrega de Medallas 2010, del Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

## Actividades de la ATC

- 71 La Asociación Técnica de Carreteras presente en el Congreso Mundial de la IRF.  
72 Fomento informa  
73 Noticias

COMENTARIOS: Se admiten comentarios escritos a los artículos técnicos publicados en este número, hasta tres meses después de su fecha de salida. El Comité de Redacción se reserva el derecho de decidir la publicación o no de los que juzgue oportuno. ■ No se mantendrá correspondencia alguna con los autores de los comentarios, a los que se agradece en todo caso su colaboración en la orientación de la Revista.



Nuestros betunes de altas prestaciones permiten concebir calzadas que duran más a la vez que conservan el medio ambiente.

Nynas no es una compañía petrolera como las demás. Nuestro objetivo es desarrollar y producir las mejores soluciones con betún.

Como prueba de nuestro compromiso con el betún, introducimos "El Performance Programme". Nuestro betún de alta calidad y nuestras aplicaciones bituminosas son a partir de ahora re alineadas en tres categorías: Regular, Extra y Premium. Cada una está concebida para aportar valor añadido y para responder a las exigencias funcionales. En Nynas, son sus necesidades lo que nos motiva. Es lo que llamamos – **Taking oil further.**

## El nuevo escenario de la inversión en carreteras

Los países miembros de la Unión Monetaria Europea se han visto obligados a responder de forma coordinada a las turbulencias de los últimos meses de los mercados financieros internacionales, comprometiéndose a acelerar sus planes de consolidación fiscal a través de la reducción del déficit de sus Administraciones Públicas (para situarlo en un 6% en el año 2011) y estableciendo una senda para los años siguientes hasta llegar al 3% en 2013.

En este contexto, España ha tenido que adoptar una serie de decisiones adicionales a las que se adoptaron a principios del año 2010, que implica un nuevo ajuste de las cuentas públicas de 15 000 millones de euros a lo largo de los años 2010 y 2011. Entre los acuerdos más significativos que afectan a la inversión pública figura la no disponibilidad de créditos por valor de 2 425 millones de euros dentro de los Presupuestos Generales del Estado de 2010.

Las medidas de ajuste afectan sustancialmente a la inversión pública. La caída de la actividad en el sector en las actuales circunstancias sólo puede paliarse, parcialmente, con inversión privada. Es muy significativo que la inversión en infraestructuras del conjunto de las Administraciones Públicas haya pasado de representar un 4,4% del PIB en el año 2009 a una previsión del 2,9% del PIB en el año 2013.

Desde hace algunos meses ya estábamos asistiendo a una reducción de la inversión en las carreteras españolas, la cual ha afectado a la creación de nuevas infraestructuras viarias y a la conservación y mantenimiento de nuestras redes de carreteras. Tanto la nueva licitación como incluso una parte de las inversiones ya comprometidas están cuestionadas.

Este escenario ha generado una honda preocupación en el sector viario. Todos los agentes involucrados (gestores de las distintas Administraciones Públicas, empresas consultoras y constructoras) han manifestado, desde sus respectivos ámbitos de actuación, las consecuencias que se van a deducir de esta súbita falta de inversión: reducción de la actividad, pérdida del tejido industrial, aumento del desempleo y deterioro del patrimonio viario.

La esperanza del sector está depositada en el Plan Extraordinario de Infraestructuras (PEI), que plantea una inversión total de 17 000 millones de euros, de los que 11 000 son para creación de nueva infraestructura y 6 000 para conservación, y de la que el ferrocarril se lleva el 70% del total (el sector viario, generador neto de ingresos para el Estado, se ve así postergado). Pero ahora parece que este Plan sufre también las sacudidas de la crisis.

La materialización de este Plan supone la entrada de la inversión privada en la ejecución, la conservación y la gestión de infraestructuras. Es evidente que se trata de una medida encaminada a sustituir en parte la fuente de su financiación tradicional, y a evitar la caída de la inversión global en un sector muy importante para el conjunto de la economía.

Un factor esencial para el éxito de este Plan estriba en la disposición del sistema financiero a invertir para facilitar la actividad en el sector. Los mercados financieros valorarán la rentabilidad de los proyectos y su riesgo, en competencia con otras posibilidades de inversión en otros sectores de la economía; y ello siempre que dispongan de los recursos adecuados para invertir. Además, en las circunstancias actuales el sistema financiero analizará con rigor el impacto que tendrá el nuevo apalancamiento financiero sobre el balance de las empresas, y su capacidad para generar un flujo de fondos que permita el pago de la deuda.

La introducción de modelos de financiación de infraestructuras basados en la participación público-privada traerá consigo un cambio en la forma de operar en el sector. Los contratistas de obra y consultores no se limitarán a ejecutar la obra contratada y pagada por la Administración: ahora tendrán que financiarla durante el periodo de ejecución y conservarla, a través de sociedades concesionarias, durante un largo periodo, que puede alcanzar 20 ó 30 años. Además, se introducen factores de riesgo en la percepción de los ingresos de los consorcios adjudicatarios, basados en la disponibilidad o en la demanda. Todo el modelo está basado en evitar un aumento en el déficit público, definido de acuerdo con la evaluación que hacen las instituciones europeas.

Así que toca buscar sistemas que equilibren las cuentas públicas, pero no sólo de forma maltusiana restringiendo los gastos; también se puede actuar por el lado de los ingresos. Más allá del socorrido incremento de las tasas sobre los combustibles empleados en automoción, con su directa repercusión sobre el IPC y su mala imagen, conviene plantear una vieja reclamación del sector viario: la introducción progresiva y voluntaria de sistemas de pago por uso de las infraestructuras viarias. Además de las sinergias que estos sistemas pueden propiciar (gestión y cobro de estacionamientos, seguros, emisiones contaminantes, etc.), su aceptación sería grande si nutriera un fondo especial para reforzar y estabilizar la inversión en las infraestructuras viarias, al menos para evitar el deterioro del patrimonio atendiendo a su conservación frente a una demanda siempre creciente. Seguramente ha llegado la hora de reconocer, en términos económicos, la importancia de la inversión en infraestructuras para el funcionamiento de una economía competitiva, valorar el retorno de esa inversión para las arcas públicas, cuantificar su efecto multiplicador sobre la economía, estimar las consecuencias de un desmantelamiento, siquiera parcial, del sector industrial viario y plantear el pago por uso de las infraestructuras viarias.

Parece imprescindible que nuestras autoridades económicas, tanto nacionales como europeas, se percaten de las diferencias que hay entre gasto corriente e inversión en economía productiva; y que establezcan unos criterios diferentes entre ambos conceptos a la hora de considerar el déficit de las cuentas públicas. ■

Entrevista a

# Dña. Laura Alba Cuadrado, Consejera de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones del Gobierno de Navarra

**N**acida en Madrid en 1971, Laura Alba es Licenciada en Marketing, complementando estos estudios con los de Dirección Comercial, Comunicación y Ciencias Políticas. Tras iniciar sus actividades en la empresa privada, compatibilizó su trabajo con la docencia, siendo nombrada Gerente de la Asociación de Mujeres Empresarias y Directivas de Navarra durante el periodo 1997-1999, pasando posteriormente a ser Presidenta de la misma organización entre 2001 y 2003. Además, durante ese mismo periodo fue miembro de Comité Ejecutivo de la Confederación de Empresarios de Navarra (CEN), siendo la primera mujer en ocupar plaza en este órgano directivo. Tras ejercer también como vocal de la Cámara Navarra de Comercio e Industria entre 2001 y 2004, y consejera de la Corporación CAN desde 2004, en abril de 2003 abandona la actividad privada y ocupa el cargo de Parlamentaria Foral, siendo Presidenta de la Comisión de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones, y portavoz de la de Industria, Comercio, Trabajo y Tecnología. En agosto de 2007 fue nombrada Consejera de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones del Gobierno de Navarra.





Para la Consejera, el Departamento de Obras Públicas tiene un gran bagaje social, ya que, gracias a la obra pública, se da acceso a los ciudadanos a los servicios, al trabajo y el ocio en el caso, por ejemplo, de las carreteras.



**Qué supuso para usted este nombramiento y hacerse cargo de una Consejería eminentemente inversora?**

Por mi perfil profesional me resultan más atractivos los departamentos "técnicos". Éste, en particular, es de mis "favoritos" y aunque, efectivamente, no soy técnico en la materia, mi experiencia como presidenta de la comisión parlamentaria de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones durante la pasada legislatura me proporcionó un conocimiento general de la materia. A partir de ahí, la toma de contacto con el departamento ha sido excelente, con mucho trabajo, muchas ganas e ilusión y con el respaldo de un equipo técnico que trabaja formidablemente. Para mí, esta es una cartera muy agradecida ya que el resultado de nuestro trabajo es muy palpable para los ciudadanos.

A pesar de que el Departamento de Obras Públicas se pueda ver como un Departamento frío y gris como el hormigón, yo lo veo como un departamento de gran bagaje social, ya que, gracias a la obra pública, se da acceso a los ciudadanos a los servicios, al trabajo y el ocio en el caso, por ejemplo, de las carreteras; o, en el caso de las

obras hidráulicas, garantizamos nada más y nada menos, que un bien tan preciado y fundamental como lo es el agua.

**¿Cómo se estructura su Consejería?**

Está dividida en dos direcciones generales: Obras Públicas y Transportes. El hecho de que la Comunidad Foral de Navarra ostente la competencia en materia de carreteras, hace que el mayor volumen de inversión se centre en la Dirección General de Obras Públicas. Si bien, la Dirección General de Transportes, contando con un presupuesto bastante menor, también está llevando a cabo importantes proyectos gracias a los cuales estamos desarrollando distintas iniciativas con gran acogida en el seno del sector, y que van a tener gran repercusión.

**¿Qué objetivos más importantes se han conseguido desde su nombramiento?**

Sin ninguna duda el hito más importante ha sido la consecución del convenio para la construcción del corredor navarro de alta velocidad. Tras unas negociaciones complejas y duras con el Ministerio de Fomento hemos podido obtener un buen compromiso por parte del Estado para la ejecución de esta infraestructura.

Navarra, consigue así su vieja aspiración de encardinarse en los corredores nacionales ferroviarios de alta velocidad, tener una conexión ferroviaria directa con Europa para tráfico mixto de mercancías y viajeros, y formar parte del trayecto más corto entre Madrid y París, y, por lo tanto, entre España y Europa. Esta infraestructura, sin duda va a dotar a nuestro tejido social y empresarial de una posición de máxima competitividad.

Además, su construcción cobra hoy mayor relevancia dada la coyuntura económica actual. Gracias a este Convenio seremos capaces de atraer a Navarra la mayor inversión del Estado en obra pública a nuestra Comunidad, y que sin duda tendrá un efecto importante e inmediato en la creación de empleo y en la dinamización de nuestra economía.

El segundo objetivo más ambicioso que estamos en vías de conseguir, es la conversión de Navarra en un enclave fundamental de los principales corredores internacionales del transporte de mercancías. En esta legislatura hemos aprobado el Mapa de Áreas Logísticas de Navarra, que ordena territorialmente distintas infraestructuras logísticas, y que ponen en valor nuestra privilegiada situación geográfica y

nuestra luchada, alcanzada y todavía hoy mantenida (a pesar de la coyuntura nacional) posición económica destacada entre las regiones europeas. Actualmente estamos en fase de estudio de viabilidad de varias Áreas logísticas, que contempla desde los más sencillos, aunque modernos centros de servicios al transporte, hasta las más complejas y sofisticadas plataformas logísticas intermodales.

### ¿Cómo valora, qué beneficios reportan y qué obras destacaría del recientemente finalizado II Plan Director de Carreteras de Navarra 2002-2009?

El II Plan Director de Carreteras

amos destacar la Autovía del Camino, por el efecto positivo que ha tenido tanto desde el punto de vista de la seguridad (ya que se ha reducido de manera muy importante el número de víctimas mortales), como desde el punto de vista económico, representado en el aumento de tráfico que ha experimentado el eje y en el desarrollo industrial y residencial que se ha creado en su entorno.

### ¿Con qué presupuesto cuenta para 2010 y cómo se desglosa?

El presupuesto consolidado de la Dirección General de Obras Públicas asciende a 171,5 millones de euros y se desglosa de la siguiente manera:

y tiene encomendada la gestión de la explotación de las carreteras, así como la vialidad invernal.

**Servicio de Proyectos:** cuenta con un presupuesto de 13,5 millones de euros para este año, y tiene encomendada la gestión de proyectos y la gestión ambiental de las carreteras. En este momento los más importantes son los del TAV entre Castejón y Pamplona, encomendados en virtud del Protocolo firmado con el Ministerio de Fomento y ADIF.

El presupuesto de la Dirección General de transportes asciende a 13 millones de euros y cuenta con dos servicios, el de Planificación y Régimen Jurídico de Transportes, y el Servicio de Ordenación y Gestión de Transportes.

El Servicio de Planificación y Régimen Jurídico: cuenta con un presupuesto de 10,5 millones y tiene encomendado el seguimiento del transporte público, la gestión de las ayudas al Cluster del Transporte y la Logística, la implantación y seguimiento de acciones a través del convenio con el IDAE, la planificación de nuevos corredores y mejoras para el transporte de viajeros, y la implantación, gestión y seguimiento de los nuevos proyectos. El servicio cuenta también con una sección jurídica que sustancia los recursos y participa transversalmente en todos los proyectos.

El Servicio de Ordenación y Gestión: cuenta con un presupuesto de 2,5 millones de euros y tiene encomendada la gestión de las ayudas al mantenimiento de servicios de transporte de viajeros, realización de pruebas de capacitación profesional, seguimiento del CAP, ayudas a la formación en el sector, así como todo lo relativo a la inspección y la Junta arbitral de Transportes.

**¿Qué objetivos y obras más importantes persigue el III Plan Director de Carreteras 2009-2016, que contempla 218 actuaciones e implican actuaciones en más de 560 km de la red?**



Vista aérea de la Autovía del Camino cuya construcción ha hecho posible una reducción importante en la siniestralidad y en el número de víctimas mortales en el itinerario.

ha tenido, sin duda, un papel fundamental en el diseño y ejecución de los ejes estratégicos de la Comunidad Foral de Navarra, a través de los que estamos comunicados por una vía de gran capacidad con cada una de las provincias que lindan con Navarra. Gracias al Plan, el 98,8% de la población navarra está situada a menos de 20 minutos de una vía de gran capacidad.

De las obras que se han ejecutado dentro del Plan, cada una tiene su importancia, aunque quizá podrí-

**Servicio de Caminos y Construcción:** este servicio cuenta con un presupuesto de 80 millones de euros para 2010, y tiene encomendada la gestión de obras como las Variantes de Mendavia, Lodosa, Milagro, Valtierra, Arguedas e Irurita Elizondo. Este año se han puesto en servicio el tramo Izco-Venta de Judas de la A-21 y las Variantes de Funes y Corella.

**Servicio de Conservación:** el presupuesto de este servicio para 2010 es de 78,00 millones de euros,



La foto pertenece a la última inauguración de la Autovía del Pirineo, concretamente el tramo Izco-Venta de Judas.

Una vez concluidos los ejes estratégicos ejecutados en el II Plan, el punto de atención del III Plan se centra en la red local. Nuestro objetivo es mejorar, homogeneizar y modernizar la red local, conscientes de su importancia en el presente y en el futuro. Desde el Gobierno de Navarra hemos querido que la Red Local adquiera un destacado protagonismo, como complemento del desarrollo de los ejes estratégicos, que en su conjunto convierten la red de carreteras de Navarra en el soporte esencial de desarrollo de nuestra Comunidad, favoreciendo el equilibrio territorial, y cumpliendo con el carácter de servicio público que tienen las carreteras.

**¿Qué es el Plan Navarra 2012, qué objetivos persigue y qué inversión supondrá? Tenemos entendido que, dentro del mencionado Plan, se contemplan 90 actuaciones prioritarias, ¿cuáles son sus obras más importantes? ¿Qué inversión supone?**

Cuando en el año 2008 ningún Gobierno se atrevía a mencionar la crisis, el Gobierno de Navarra fue el primero en reconocer la situación y, desde la responsabilidad, aprobó un Plan inversor para combatirla: el Plan Navarra 2012. Este Plan contempla una inversión de 4500 millones de euros en cuatro años, y está suponiendo el mayor esfuerzo

inversor que ha hecho Navarra a lo largo de toda su historia. Desde el Departamento gestionamos más del 40% del presupuesto del Plan, que está destinado a actuaciones como el Corredor Navarro de Alta Velocidad, el Canal de Navarra o infraestructuras viarias como la Autovía del Pirineo, las Variantes del Eje del Ebro...

**¿Cuál es su opinión sobre el estado de la autovía Madrid-Tudela que últimamente está recibiendo un buen impulso en su trazado Medinaceli-Soria? ¿Y en el resto de autovía, Soria-Tudela?**

El tramo correspondiente a Navarra, desde el límite de la provincia hasta Tudela, está actualmente en fase de redacción de proyecto. Para Navarra era muy importante licitar estas obras en un corto periodo de tiempo, pero estamos a expensas de los recortes anunciados por el Ministerio de Fomento. No tendría sentido avanzar una obra que acabara en el campo, ya que, a diferencia de otras infraestructuras viarias, esta no tiene la posibilidad de enlazarla a otra carretera, en el caso de que el ministerio no ejecutara su parte de las obras.

**Navarra siempre ha demostrado un especial interés y preocupación por la vialidad invernal. ¿Cuál sería la actualidad sobre este tema y cómo se ha**

**respondido a un año tan difícil como está siendo éste?**

La verdad es que no sólo la última campaña, sino las dos últimas, han sido especialmente duras. En ambas hemos tenido que ampliar el plazo de la campaña, y, por tanto, los dispositivos. En Navarra llevamos a cabo una importante labor de coordinación entre todos los órganos implicados en la vialidad invernal, así como con otras instituciones como es el caso de la Policía Foral, la DGT, la Guardia Civil y las Comunidades Autónomas limítrofes.

A pesar de haber sufrido una campaña tan dura como lo ha sido la de este año, no ha habido problemas importantes que señalar.

**¿De qué forma mantiene tanto la información como el diálogo con el ciudadano en materia de carreteras?**

El Departamento cuenta con una página web en la que el ciudadano puede consultar toda la información que necesite en cuanto al estado de los proyectos, las obras, publicaciones... Así mismo, dentro de la web existe un apartado en el que se recoge la información en tiempo real sobre el estado de las carreteras. Una información contrastada, suministrada y actualizada permanentemente por el Centro de Control de Carreteras, que detalla los distintos tipos de incidencias, 24 horas al día, los 365 días

del año. Una información que también puede obtener el ciudadano a través de un teléfono gratuito. En la web también existe una dirección de correo electrónico a través de la cual el ciudadano puede plantear sus dudas o sugerencias.

El hecho de que Navarra sea una Comunidad relativamente pequeña, favorece el contacto con el ciudadano y nos convierte en una Administración muy cercana. Además, tenemos un contacto constante con los alcaldes, que son los representantes legítimos de cada localidad. Tanto desde el Gabinete, como desde las Direcciones Generales y los Servicios existe una comunicación fluida y cercana con todos ellos.

**¿Qué opinión le merece la cooperación público - privada para la creación, conservación y gestión de infraestructuras? ¿Nos puede hablar de algún ejemplo en Navarra?**

La colaboración público-privada es un modo de financiación que nace a raíz de dos hitos clave. Por un lado, el establecimiento por parte de la Comunidad Europea del pacto de estabilidad y crecimiento que determina el principio de equilibrio presupuestario de las cuentas públicas y limita del déficit público; y, por otro, la aprobación de la Ley estabilidad presupuestaria de 2001, que asume los principios del pacto de estabilidad, e impide que se puedan acometer grandes proyectos de infraestructuras recurriendo al déficit público a costa de engrasar la deuda pública.

Con lo que para poder desarrollar proyectos de inversión rentables por Administraciones solventes, con capacidad económica para amortizarlas, la Comunidad Europea promueve el recurso de financiación, construcción y gestión de infraestructura mediante la Colaboración Público-Privada.

Creo que se trata de una herramienta muy positiva, especialmente en el momento de crisis actual, que permite seguir invirtiendo, dinamizando la economía y creando



Las imágenes corresponden a la Autovía del Pirineo, actualmente en fase de construcción.

empleo. Además permite diferir los altos costes iniciales de inversión, a lo largo de la vida de la infraestructura, fomentando la equidad intergeneracional. Pero también es cierto que tampoco se debe recurrir de forma indiscriminada a este sistema, y hay que utilizarlo con mesura y responsabilidad.

Se trata de un sistema de financiación que hasta el momento no era muy popular en España, y que, sin embargo, en Navarra hemos sido pioneros a la hora de aplicarla en infraestructuras como el Canal de Navarra, la Autovía del Camino, o en la Autovía del Pirineo (actualmente en ejecución).

**También tenemos entendido que el Gobierno de Navarra negocia y ha negociado para facilitar y reducir, en algunos casos, el precio por el uso de autopistas. ¿Es así? ¿En qué casos?**

El Gobierno de Navarra ofrece descuentos a los vehículos ligeros y pesados usuarios de la AP-15 que cuenten con la tarjeta de dicha autopista, o que cuenten con telepeaje asociado a la misma (y en cuyo caso, el descuento es aún mayor). Gracias a la tarjeta, pueden obtener distintos descuentos, como el tra-

yecto de regreso gratis si se realiza en menos de 72 horas, o descuentos de uso frecuente, es decir, que cuanto más utilizan la autopista, más económico es el precio del trayecto. Gracias a estas reducciones, en el mejor de los casos, el usuario puede llegar a beneficiarse de hasta un 90% de descuento.

**En el sector del ferrocarril, ¿cómo está el tema de la Línea de Alta Velocidad?**

En cuanto al corredor navarro de alta velocidad, todo va según lo previsto y planificado, con el fin de cumplir el objetivo de licitar las obras de construcción de la plataforma en el primer semestre de 2011, cumpliendo los objetivos que nos propusimos. En este momento los proyectos están en fase de redacción y la previsión es que podamos realizar este verano la primera fase de la campaña de sondeos. Se trabaja en coordinación con el ADIF y con la Dirección General de Ferrocarriles, instituciones que supervisan el proyecto mediante la Comisión de Seguimiento del Convenio.

**Finalmente, tan sólo nos resta agradecer a Dña. Laura Alba la atención dispensada a nuestra revista. ■**

*Inventemos el futuro*

REPSOL



# Un camino sólido hacia el bienestar de todos.



Las infraestructuras viales y su constante mejora constituyen el motor del progreso que nos permite a todos aumentar nuestra calidad de vida, aportándonos seguridad, ahorro de tiempo y comodidad. Por eso trabajamos para facilitar la vida de las personas que recorren con nosotros el camino hacia el futuro y el bienestar.

REPSOL YPF Lubricantes y Especialidades, S.A.  
Glorieta Mar Caribe, 1. 28043 Madrid.

Más información en [repsol.com](http://repsol.com)



## La Clave del Éxito reside en nuestra Capacidad de Superación

Adaptarnos a las nuevas exigencias del mercado, a las tecnologías constructivas más actuales, a la dimensión y complejidad de cada proyecto... nos permite superar los más exigentes requisitos de calidad, seguridad y respeto medioambiental. Manteniendo nuestra responsabilidad con cada uno de nuestros clientes y cumpliendo más allá de nuestros compromisos. Es así como ALDESA se sitúa hoy entre los diez mayores grupos de construcción de España, consolidándose y proyectándose con éxito hacia el futuro.

OBRAS FERROVIARIAS - CARRETERAS Y AUTOVÍAS - AEROPUERTOS - OBRAS MARÍTIMAS E HIDRÁULICAS  
URBANIZACIONES - EDIFICACIÓN - REHABILITACIONES Y REFORMAS



 **aldesa**

# Pavimentos eternos: Actuaciones innovadoras de hace 35 años. “La Y de Asturias”



Jesús Díaz Minguela, ICCP,  
Director Zona Noroeste, Instituto  
Español del Cemento y sus Aplicaciones.

### Resumen

“ La autopista Oviedo – Gijón – Avilés, popularmente conocida como la Y de Asturias, se abrió al tráfico en 1976. Desde entonces más de 320 millones de vehículos han circulado sobre este pavimento de hormigón armado continuo, cuyo comportamiento hasta la fecha es exce-

lente. Apenas se han realizado 5 actuaciones de conservación en estos 34 años, cuyo coste y molestias al usuario han sido mínimos. Para ello se han formulado tres tipos de hormigones *fast-track*: dos fabricados en central, que permiten la apertura del pavimento al tráfico a las 6 ó 24 horas según las necesidades, y un tercero comercializado en sacos para reparaciones de reducido volumen, que permite la circulación a las 3 horas después de su amasado.

Actualmente se plantea el ensan-

che de ambas calzadas con sendos carriles que incrementen y mejoren el nivel de servicio.

**Palabras clave:** Pavimento de hormigón armado, firme rígido, reparación, comportamiento hormigones *Fast-Track*.

### 1. Preludio

Lo mismo que cuando una nave surca el mar, la deriva de su rumbo puede conocerse mirando la estela que deja a su paso, también para com-

prender un momento histórico relevante lo mejor es echar la vista atrás y ojear brevemente la época que lo precede” (Leandro Fernández de Moratín, dramaturgo español del siglo XVIII).

Quizás en esta época postadjudicataria de golosos contratos de I+D+i, que profundizan en el estudio de especiales y virtuosos materiales, donde la nanotecnología abre su amplio campo y donde la aplicación a la carretera de materiales como el titanio o el carbono puede resultar anticuada, quizás en esta época lo más sencillo sea mirar al pasado, al inicio de los años 70 cuando un grupo de aventureros comandados por el jovencísimo Ingeniero García-Arango, dirigido por Enrique Lafuente (Ministerio de Fomento) y coordinando constructivamente a Ángel Castro (Entrecanales y Tavora, S.A.), se lanzaban a la construcción del pavimento de la “Y de Asturias”.

Un total de 43 km de hormigón armado continuo, que en este pasado febrero ya ha cumplido 34 años sin ninguna de las conocidas enfermedades de la carretera. Un pavimento en el que desde que se abrió al tráfico en 1976, los costes de conservación a penas alcanzan a los que supone reforzar 430 m de calzada con doble capa de mezcla bituminosa. Un pavimento que soporta una intensidad de tráfico (IMD) de 70 000 vehículos/día, con un 10,3% de pesados (actualmente categoría T00 en algunos tramos según la Norma 6.1-IC)<sup>(1)</sup>.

Quizás eternos no sean ni los recuerdos y sólo Roma alcance dicha titulación, pero quizás el pavimento duradero, la carretera del futuro (y del presente) se construyó hace muchos

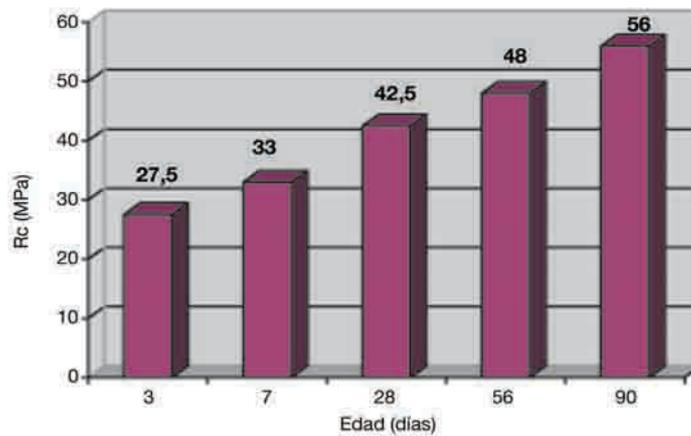


Figura 1. Evolución de la resistencia a la compresión (MPa) del hormigón empleado en la construcción.

años, cuando la Dirección de Obra imponía sus criterios y conocimientos, el contratista obtenía el lucro a través del buen oficio y el control se basaba en la confianza laboratorio-vigilante (este último, en extinción, era una persona física de probada experiencia técnica que controlaba la buena construcción), y todos trabajando con cariño e interés, considerando siempre la carretera como parte de su propiedad.

Cuando se mira al pasado, hay tendencia a girar la cabeza un par de milenios y enfocar hacia las perdurables calzadas romanas. Cuando se mira al futuro, se habla de nanomateriales, y, si es a un futuro más próximo, se atiende a mezclas de baja temperatura y reducidas emisiones u hormigones ecológicos que fijan el CO<sub>2</sub> y regulan la temperatura ambiente.

Nadie hizo justicia a un material tradicional que se coló en la nobleza de lo eterno y a los técnicos que lo apoyaron. Quizás lo haga la novedosa, aunque periódica, tendencia de construir pavimentos de hormigón con terminación de árido visto que parece es lo último (aunque en otros

países sea una tecnología con muchos años). El Ministerio tiene hoy planificados, con este tipo de firme, la variante Norte de Orense, la circunvalación de Melilla, el nuevo acceso al puerto del Musel en Gijón, un tramo de la autovía Yecla – Caudete y algún otro tramo que está en estudio. A esta iniciativa se suman por su parte algunas CCAA que están construyendo un tramo en Vic-Ripoll, como muestra para definir el pavimento del eje transversal en Cataluña, las variantes de Marchena o la de Utrera en Andalucía, la carretera de Castrofuerte a Toral de los Guzmanes en León, además de un gran número de paradas de autobús y plataformas reservadas al transporte público en las Comunidades de Madrid y Valencia.

## 2. Características del firme

La autopista Oviedo – Gijón – Avilés, más conocida como la “Y de As-



Fotos 1 a 3. Imágenes de construcción del pavimento de hormigón armado durante 1974-75.

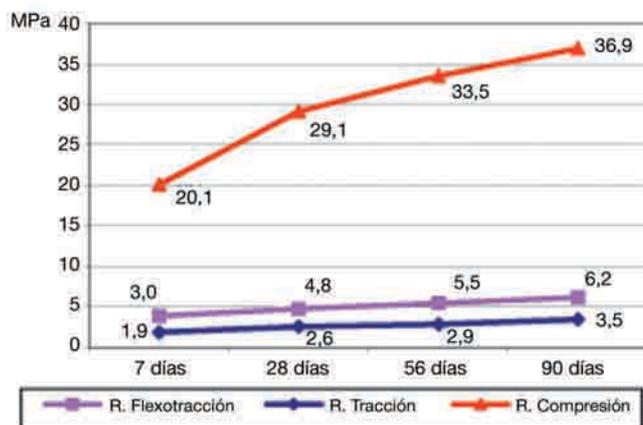


Figura 2. Resistencia del hormigón empleado en el carril lento, construido en 1990.

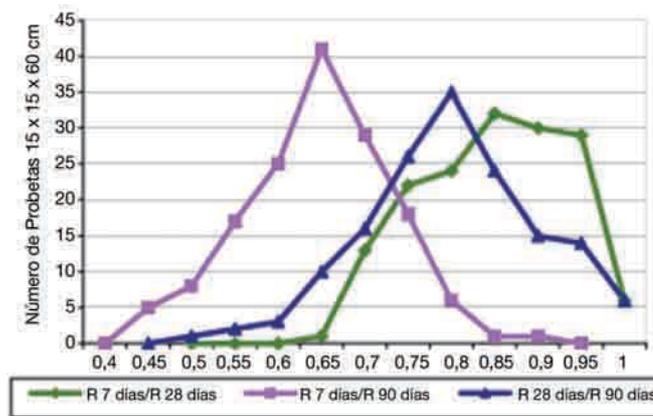


Figura 3. Ratios de resistencia a flexotracción a diferentes edades.

turias”, es un pavimento de hormigón armado continuo abierto al tráfico el 13 de febrero de 1976.

Con 43 km de longitud, dispone de sendas calzadas de 12 m de plataforma, dotadas de dos carriles de 3,75 m con arcenes interior y exterior de 1,50 y 3,00 m, respectivamente. En el año 1990 se construyó un tercer carril de subida para vehículos lentos en el tramo Serín – Alto de Robledo con una longitud de 5136 m.

El firme, proyectado para 30 años, está formado por una sub-base de 20 cm de material granular, 16 cm de gravacemento y una losa de hormigón armado de 22 cm. La armadura longitudinal está formada por barras de Ø 18 mm colocadas cada 14 cm (Ø 16 mm cada 11 cm en el carril para vehículos lentos construido 14 años después al no comercializarse Ø 14). Transversalmente se dispusieron rondos Ø 12 mm cada 70 cm formando un ángulo de 60° con el eje (Ø 10 mm cada 80 cm en el caso del tercer carril).

La armadura se dispuso sobre apoyos para situarla 7 cm por debajo de la rasante. La cuantía geométrica colocada es 0,847% y en un tramo de prueba se redujo a 0,73%, que incluso resulta superior a la prescrita y empleada hoy en día (0,7%).

La gravacemento se fabricó con árido silíceo y un 4% de cemento, obteniéndose una resistencia a compresión de 9,3 MPa a los 28 días.

El hormigón se fabricó en una central de 180 m³/h de rendimiento teó-

rico (110 m³/h real) con 350 kg/m³ de cemento Portland con escorias. Se empleó árido silíceo de la cantera de Avilés distribuido en 3 tamaños 0-5, 5-12 y 12-25. Con una relación agua-cemento de 0,47, se utilizó un fluidificante para obtener un cono de Abrams de 4±1 cm.

Las resistencias medias obtenidas a flexotracción (sobre probeta de 15 x 15 x 60 cm) fueron de 5,1 MPa y 6,8 MPa a la edad de 7 y 28 días respectivamente. La evolución de resistencias a compresión (sobre probeta cilíndrica de Ø 15 x 30 cm) se expone en la figura 1<sup>(2)</sup>.

El pavimento se construyó con una extendidora CMI, dotada de un equipo de preextendido según se muestra en las fotos 1 a 3. Un tercer equipo realizaba el curado y la textura. Esta última se realizó en sentido transversal, que, aunque resulta más ruidosa, asegura una mejor evacuación del agua e incrementa los niveles de seguridad del usuario en mojado.

El tercer carril se realizó con una extendidora CMI SF-250 y una CMI TR-225 en preextendido, para lo que se cerró al tráfico el carril derecho por el que circulaban los camiones de transporte. El hormigón se fabricó con 380 kg/m³ de un cemento especial para carreteras tipo V (con 50% de cenizas de central térmica) y los mismos áridos silíceos. La relación agua-cemento fue 0,44, por lo que se añadió un plastificante para obtener un cono de 8 cm en planta, que en el tajo se veía reducido a 4

cm. Las resistencias obtenidas se exponen en las figuras 2 y 3<sup>(3)</sup>.

### 3. Comportamiento

Desde su apertura en 1976, por este pavimento han circulado más de 320 millones de vehículos, de los cuales más de 30 millones son vehículos pesados. A pesar de este elevado volumen de tráfico, el comportamiento de este pavimento puede clasificarse como excepcional.

Durante los primeros 11 años no se realizó ninguna actuación, pero la entrada de agua a través de la junta pavimento-arcén exterior (que se construyó con 4 cm de mezcla bituminosa sobre 18 cm de grava-escoria) provocó la rotura de seis zonas de losa por deficiencias en su apoyo. Así, en 1987 se repararon estas roturas locales con una longitud total de 19,80 m, y se selló dicha junta longitudinal, fresándose y reponiéndose una banda de 30 cm de arcén en contacto con dicha junta. Posteriormente, sólo otras tres actuaciones se han realizado en los dos últimos años con hormigones especialmente diseñados para permitir el paso del tráfico a las 3/6 ó 24 horas según las necesidades.

La textura se ha mantenido en buenas condiciones con el paso del tiempo. Si bien el primer año decreció un 17% (1,59 ± 0,23 mm según el ensayo del círculo de arena), posteriormente se ha conservado gracias al empleo de arena silíceo de buena



Fotos 4 y 5. Detalle de la textura en 1975 y en 2010.

calidad (figuras 4 y 5).

La junta entre carriles no se ha renovado en estos 34 años, y debe cambiarse el perfil de neopreno introducido para evitar la entrada de agua (que en algunos tramos ya se observa muy deteriorado).

Las finas fisuras que aparecen en este tipo de pavimento, fruto de la retracción hidráulica y térmica del hormigón, se mantienen cosidas por la armadura. Inicialmente surgieron a una distancia media de 2,03 m (variable entre 1,19 a 2,60 m) con una abertura de 0,311 mm y no se ha observado un deterioro significativo posterior.

No cabe duda de que el comportamiento de este pavimento de 34 años en una época en la que se diseñan las carreteras a 20 años y se refuerzan a los 7-8 años, ha sido y es excepcional. Podría servir de ejemplo para proyectar los pavimentos de hormigón, no sólo a 30 años, como es usual, sino a 50 ó 60 años como se diseñan en algunos países sólo con incrementar el espesor en unos centímetros.

## 4. Actuaciones de conservación realizadas

Cuando en la introducción indicaba que los costes de conservación en estos 34 años son similares a los de un aglomerado unos 430 m con doble capa de mezcla bituminosa, más de uno me habrán tachado de "iluminati". Vayan aquí las cuentas. Pero primero, las actuaciones:

• **1ª reparación (agosto de 1987):** Se limpió y selló la junta pavimento – arcén exterior, según se ha citado, y se repararon siete roturas con

un hormigón HP-5 (cuyas resistencias medias fueron 5,9 y 7,0 MPa de resistencia a flexotracción, y 37 y 42 MPa a compresión, a los 7 y 28 días respectivamente). Fabricado con 350 kg de cemento P-450-ARI y una consistencia de 4 cm en planta, se añadió un superplastificante en obra para obtener conos de hasta 18 cm que facilitarían su colocación.

• **2ª reparación (septiembre de 2008):** Algunos *punch-outs* (roturas en bloque) habían sido reparados provisionalmente con mezcla bituminosa en el p.k. 396+400 CD de la A-8 con un mal resultado, puesto que el tráfico los volvía a levantar. En una de las zonas rotas de escasa longitud, se cortó la armadura del carril de vehículos lentos y se rellenó con aglomerado, lo que provocó que la losa pandeara. Esto obligó a reparar 67 m de longitud, a los que se sumaron otros 12 m de otra zona rota, lo que supuso algo más de 75 m<sup>3</sup> de hormigón. El proceso de reparación duró 3 días, hormigonándose por la noche para poder minimizar el tiempo de transporte desde la planta al tajo, evitando las aglomeraciones del día.

• **3ª reparación (junio de 2009):** Se demolieron y arreglaron 5 zonas deterioradas en el p.k. 396+700 CD de la A-8 de longitudes variables entre 7,50 y 21,0 m, que exigieron unos 63 m<sup>3</sup> de hormigón en total. El proceso de hormigonado, realizado por la noche, se fue perfeccionando hasta lograr que cada cuba de hormigón (de 6 m<sup>3</sup> de capacidad) tardara 20 minutos en el transporte y otros 20 minutos en su extendido y terminación (aunque había que esperar una

media hora para realizar la textura).

• **4ª y última reparación (noviembre de 2009):** El pasado noviembre se hormigonaron unos 29 m<sup>3</sup> repartidos en siete huecos de longitud variable entre 1,80 y 16,00 m y anchura, también variable, entre 1,60 y 3,75 m. A pesar de los fríos de la época, las características del hormigón permitieron que se pisara con los equipos de 26 t de fresado del arcén a las 20 horas de maduración, y se abrió al tráfico a las 30 horas. Aunque se tuvieron que reparar siete zonas diferentes, todo el trabajo, desde el corte del carril hasta su apertura al tráfico, duró solo 60 horas.

Quedan aún algunos tramos de losa dañados que habrá que reparar, además de sustituir el perfil de la junta longitudinal para evitar la entrada de agua; pero es evidente que las actuaciones, después de tantos años, han resultado muy escasas (fotos 6 y 7).

Vayamos con las cuentas.

Los costes correspondientes a señalización, corte del carril, personal y todos los complementarios son similares, se repare con hormigón o con mezcla bituminosa. La diferencia económica viene marcada por el coste de demolición y retirada de la losa, la armadura y el extendido del hormigón con todas las operaciones complementarias (curado, corte y sellado de junta, etc.), que habría que traducir a metros de extendido de mezcla bituminosa. No se va a considerar la situación aparecida en varios tramos reparados que requiere excavar y sanear la base disponiendo drenes, pues en estos casos la mezcla bituminosa se vería aún más

penalizada al tener que levantar y reponer el espesor de firme completo.

En todas las reparaciones realizadas hasta la fecha se ha empleado un total de 203 m<sup>3</sup> de hormigón (36, 75, 63 y 29 m<sup>3</sup> en cada actuación). Considerando un precio del hormigón terminado de 150 euros/m<sup>3</sup> (recordar que se coloca de noche y a mano con regla vibrante), el coste de hormigonar resulta de unos 30 000 euros, a los que hay que sumar un coste similar de demolición y unos 25 000 euros de la armadura colocada (21 t a 1,20 euros/kg). Es decir, se ha realizado un gasto de 85 000 euros más que si se



Foto 6. Carril cortado y preparado para hormigonar.

hubiera empleado aglomerado.

Con un coste de 45 euros/t (considerando mezclas tipo S y no otras más caras como las rodaduras discontinuas), esto supone unas 1890 t que, con el ancho actual de calzada de 12 m y un espesor de refuerzo de 9+6 cm, permitirían reforzar unos 430 m.

Es decir, el coste de las operaciones de conservación realizadas en la autopista "Y de Asturias" en 34 años es similar al que hubiera supuesto reforzar únicamente 430 m de una de las calzadas con mezcla bituminosa.

## 5. Proceso de reparación

El proceso de rehabilitación de las zonas de losa rotas, consta de las siguientes fases:

- Señalización, balizamiento y cor-



Foto 7. Detalle del hormigonado repartido con el cazo de la pala y vibrado con regla.

te del carril que reparar (con avisos previos en prensa, televisión, etc).

- Serrado de la losa, dejando una franja de resguardo de 1,00 m hasta la zona fisurada o dañada.

- Serrado transversal de 5 cm de profundidad a 70 cm de distancia hacia el exterior del primer serrado, para demoler esta franja a mano y dejar la armadura longitudinal vista 70 cm para el solape por atado. En la primera reparación se soldaron las barras en 30 cm de longitud.

- Demolición del hormigón interior con martillo hidráulico y transporte de los residuos a vertedero o reciclado. Es importante organizar bien el acceso y el número de camiones.

- Saneamiento de la base o subbase si es el caso, reponiéndola con hormigón compactado HM-15 e incorporación de drenes con salida por el arcén.

- Encofrado longitudinal de la losa en el borde en contacto con el arcén.
- Colocación de la siguiente armadura, solapando las barras longitudinales con las existentes:
  - Longitudinal: Ø 18 a 14 cm (actualmente Ø 20 por motivos comerciales).
  - Transversal: Ø 12 a 70 cm formando un ángulo de 60° con el eje.
  - Soportes separadores: Ø 12 de 10 cm de altura.
  - Barras de unión: Ø 12 de 0,80 m de longitud colocadas cada 1 m.
- Aplicación de resina epoxi en los bordes de la losa para asegurar la adherencia del nuevo hormigón (salvo en la junta longitudinal entre carriles).
- Perforación cada metro, a mitad de altura de la losa contigua, de una profundidad de 40 cm para introducir las barras de unión, en el hueco relleno de epoxi para asegurar su adherencia.
- Vertido, extendido a mano y vibrado del hormigón con regla.
- Textura realizada manualmente con un cepillo de flejes metálicos, dando continuidad al ranurado transversal existente.
- Curado del hormigón.
- Serrado de la junta longitudinal entre carriles y sellado de la misma con perfil extrusionado.

# Rutas Técnica

- Retirada del encofrado de arcén y relleno del hueco dejado por el encofrado con hormigón HM-15.
- Fresado y reposición del arcén

con zahorra, si es el caso, y 6 cm de mezcla bituminosa en caliente AC22 surf 50/70 S.

- Repintado de las marcas viales.
- Retirada de la señalización y

balizamiento de obra y apertura al tráfico.

Todos los pasos citados se reflejan de manera mucho más clara en la *secuencia de fotos* siguiente:



Foto 8. Señalización y corte del carril.



Foto 9. Demolición a mano de la banda de 70 cm para dejar la armadura vista.



Foto 10. Demolición del resto de losa con martillo hidráulico.



Foto 11. Saneo y reparación de la base con HM-15.



Foto 12. Colocación de la armadura.



Foto 13. Perforación para las barras de atado.



Foto 14. Hormigonado y terminación con regla vibrante.



Foto 15. Realización de textura transversal.



Foto 16. Serrado de la junta longitudinal entre carriles.



Foto 17. Hormigonado del hueco dejado por el encofrado longitudinal del arcén.



Foto 18. Salida del dren y reposición del arcén.



Foto 19. Perspectiva general.

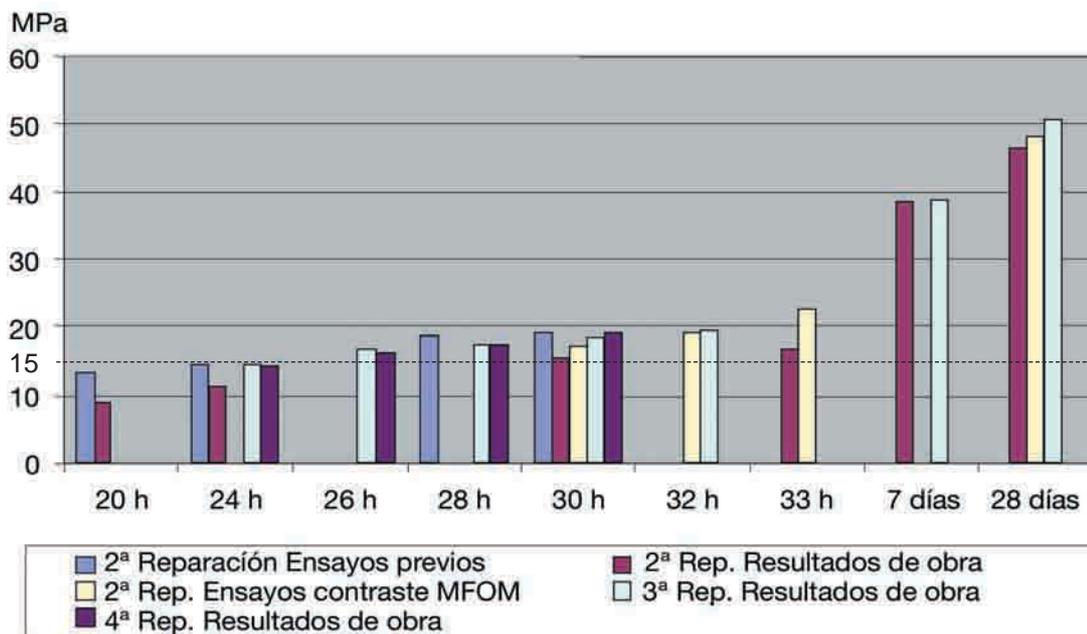


Figura 4. Resistencias a compresión del hormigón tipo 1 en las diferentes reparaciones realizadas.

## 6. Hormigones especiales Fast-Track

Si inicialmente en el proceso de reparación se tardaba tres días y medio, en las últimas actuaciones se ha reducido a poco más de 2 días, a pesar de tener un mayor número de actuaciones consecutivas, gracias a una mayor coordinación de las operaciones y a las mejoras obtenidas en las prestaciones del hormigón empleado, que permiten una apertura al tráfico a las 24 horas de fabricado.

Aunque se han puesto a punto otros dos hormigones, con posibilidad de abrir al tráfico a las 6 horas o incluso a las 3 horas (este último ensacado para reparaciones muy pequeñas), las reparaciones se han llevado a cabo con el citado hormigón de 24 horas, tiempo requerido para sanear y reponer el arcén, además de las ventajas de disponer de un mayor plazo de trabajabilidad, y tener menor retracción, que se traduce en menor fisuración.

La fórmula de trabajo se ha diseñado atendiendo a los siguientes compromisos:

- Una resistencia a compresión de 15 MPa a la edad exigida que permita la apertura al tráfico (la Asociación Americana de Autopistas NCHRP exige 8,3 MPa para abrir al tráfico ligero y 13,8 MPa para tráfi-

co pesado o bien 1,8 MPa a flexotracción).

- Un plazo de trabajabilidad del hormigón superior a 90 minutos que permita el transporte desde la central de fabricación y el extendido con cierto margen.

- Un cono superior a 10 cm mantenido durante más de 60 minutos para poderlo colocar a mano y que fluya bien entre las armaduras.

- Evitar importantes retracciones que se traduzcan en una fisuración excesiva o fisuras muy abiertas.

- Permitir ser rayado para obtener la textura de forma regular, y que ésta se mantenga.

Así, para la realización de las reparaciones necesarias, se diseñaron varios hormigones, cuyas cualidades se fueron modificando hasta concretar en los 3 siguientes:

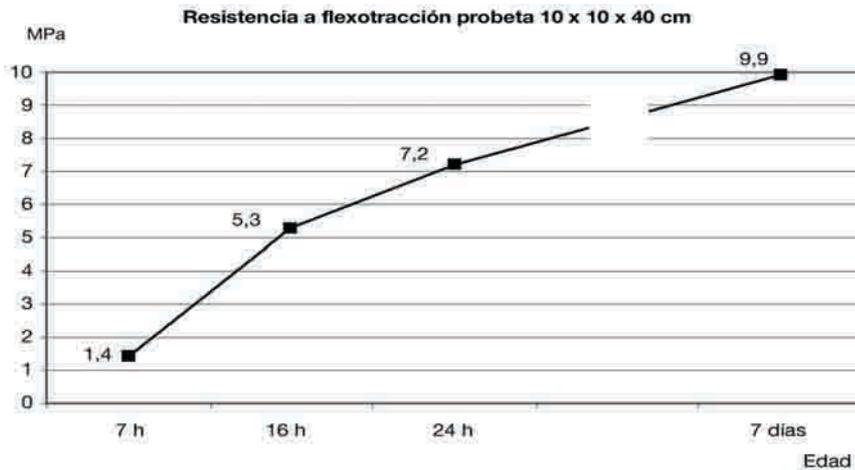
### • Tipo 1: Hormigón que permite el paso del tráfico a las 24 horas:

Este hormigón se diseñó inicialmente para obtener 15 MPa a las 30 horas, que era el tiempo necesario para sanear y reponer el arcén antes de abrir al tráfico, pero las mejoras introducidas en la dosificación por GEDHOSA redujeron el plazo. El hormigón se fabricó en central con 370 kg/m<sup>3</sup> de cemento III/A 42,5 N/SR, árido calizo de tamaño máximo 20 mm con un 32% de arena sílicea, para asegurar la durabilidad de

la textura, y una relación aguace-mento de 0,42. La incorporación de un plastificante y un superfluidificante consiguió que el cono de 7-8 cm obtenido en central, se transformase en 14-15 cm en obra gracias a la energía de amasado de los camiones hormigonera durante el transporte. Las resistencias obtenidas en las diferentes reparaciones se recogen en la figura 4. La resistencia media es de 38,9 MPa ( $\sigma = 2,62$ ) a los 7 días y 50,3 MPa ( $\sigma = 1,72$ ) a los 28 días con un coeficiente de variación de 3,4% (resistencia media/característica = 1,11 con  $\sigma = 0,07$ ).

### • Tipo 2: Hormigón que permite el paso a las 6 horas:

Para disponer de un hormigón con mayores prestaciones que permita el paso del tráfico a las seis horas, se ajustó la fórmula de trabajo y se cambió el cemento a un CEM I 52,5 N. Dada su mayor resistencia inicial, se redujo la dosificación a 350 kg/m<sup>3</sup> ajustándose la relación agua - cemento a 0,39. Se realizó una prueba en la central de hormigón preparado de Villallana, comprobándose que este hormigón cumplía las características exigidas ya citadas para su puesta en obra, en cuanto a resistencias, facilidad de colocación y obtención de la textura. Las resistencias obtenidas fueron 15,3 MPa a 6 horas, 23,3 MPa a 10 horas, 31,4



mm y la relación agua/cemento está sobre 0,39 buscando un compromiso entre resistencias y trabajabilidad. Las resistencias obtenidas alcanzan a compresión 14 y 19 MPa a las 2 y 3 horas respectivamente. En la figura 5 se incluye la evolución de las resistencias obtenidas. La única limitación viene dada por la necesidad de fabricarlo en el mismo tajo al tener un período de trabajabilidad de sólo 30 minutos, por lo que, al ser las amasadoras móviles de eje vertical

Figura 5 (arriba y a la derecha). Resistencia del hormigón en sacos tipo 3 (permite la apertura al tráfico a las 3 horas).

MPa a las 14 horas y más de 35 MPa a las 24 horas.

• **Tipo 3: Hormigón ensacado que permite el paso a las 3 horas:**

Se trata de un hormigón desarrollado en un proceso de investigación de Estabisol (grupo S.A. Tudela Veguín), excepcionalmente novedoso para resolver el problema de reparaciones urgentes de reducida di-

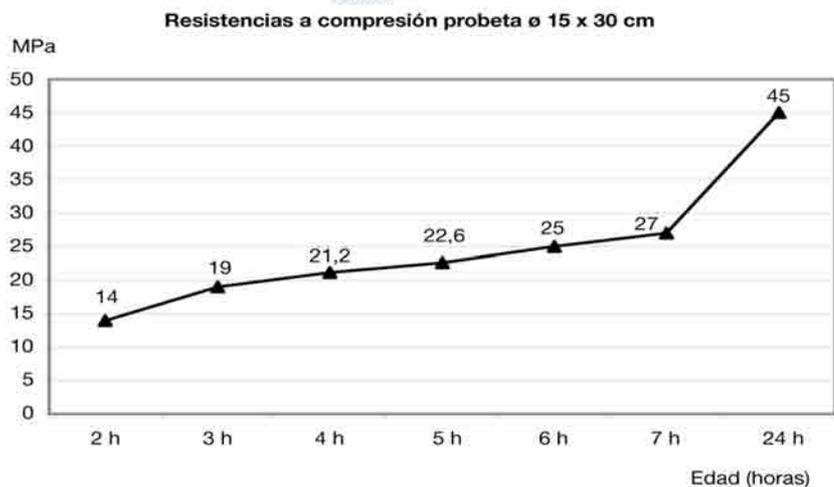


Foto 20. Reparación después de dos días de tráfico.



Foto 21. Colocación y vibrado del hormigón.

mensión. A través de la empresa Prefasa, se comercializan sacos de 25 kg de hormigón preparado que incluyen el árido, el cemento y el aditivo<sup>(4)</sup>.

El producto prefabricado sólo necesita para su colocación disponer en obra del agua precisa (1,9 litros/saco) y una buena energía de amasado (como mínimo 5 minutos en una amasadora móvil de eje vertical).

El tamaño máximo del árido es 10



Foto 22. Ensayo de cono de Abrams del hormigón que permite abrir a las 3 horas al tráfico.



Fotos 23 y 24. Perspectivas del pavimento blanco de la Y de Asturias.

de reducido tamaño, no permite fabricar de una vez grandes volúmenes.

La Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias lo ha utilizado en dos pequeñas reparaciones de 1,5 y 3 m<sup>2</sup> con magníficos resultados (la retracción plástica y térmica es muy reducida, inferior al 0,03%) (fotos 20, 21 y 22, de la página anterior).

## 7. Planteamiento futuro

Con el objetivo de mejorar el nivel de servicio de esta “antigua” carretera, actualmente se está planteando la idea de ensancharla con un nuevo carril en cada calzada. Estos dos carriles, que discurrirán “encajados” por la mediana, tendrán un uso selectivo a lo largo del día, permitiendo el paso de vehículos pesados, de alta ocupación o el tráfico en general, según las necesidades.

La idea de que vayan por la mediana resuelve el problema de expropiaciones en un territorio industrialmente muy denso. Dado que sólo hay 6,00 m de anchura disponible, es necesario reducir los carriles actuales de 3,75 a 3,50 m y el arcén interior de 1,50 a 1,00 m, permitiendo así los nuevos carriles de 3,50 m y una barrera rígida de separación.

Aún es una idea por desarrollar que debe resolver pequeños problemas, como evitar que la junta con el carril ensanchado coincida bajo las

bandas de rodadura de los vehículos, o el ensanche en los tramos de puente. La capa de rodadura podría ser una mezcla discontinua o, de forma más lógica, una capa delgada adherida terminada con árido visto, con la que se reforzaría además el pavimento existente para otros muchos años (fotos 23 y 24).

## 8. Agradecimientos

Deseo agradecer su gran aportación al compartir conmigo sus conocimientos y experiencias en este apasionante trabajo de más de 3 años a dos científicos prejubilados, Juan Egocheaga (Estabisol) y Juan Palacio (Gedhosa), a todo el equipo profesio-

nal de General de Hormigones S.A. dirigido por Francisco Fernández, a los que trabajaron en las reparaciones, contratados entonces como EL-SAN o subcontratados como Construcciones Castro, a los vigilantes del Ministerio de Fomento, Ángel Vega y Leonardo Fernández (de los buenos, de los de toda la vida) y por supuesto a los ingenieros del citado Ministerio, Javier Uriarte e Ignacio García-Arango. Quede constancia.

## 9. Bibliografía

(1) Norma 6.1-IC. “Secciones de Firmes”, Dirección General de Carre-



teras del Ministerio de Fomento. Orden FOM/3460/2003.

(2) García-Arango, Ignacio “Autopista Oviedo – Gijón – Avilés. “II Jornadas sobre pavimentos de hormigón”. *Generalitat de Catalunya*. 1981. Barcelona.

(3) Abella, Luís; Díaz Minguela, Jesús; Falcón, Agustín; Garrachón, Adolfo; “Construcción de un carril adicional en la Y de Asturias”. *Revista Rutas*, marzo-abril 1993. Asociación Técnica de Carreteras.

(4) Babear S, Cano, R. Egocheaga, Juan; “Hormigones para reparación de pavimentos. Desarrollo acelerado de muy alta resistencia”. *Revista Cemento y Hormigón*. Octubre 2008. ■



**TRN Ingeniería es una empresa especializada en Ingeniería de Transportes. Aborda gran variedad de trabajos que se organizan en las siguientes áreas de actividad:**



**FERROCARRILES**

Líneas de alta velocidad, líneas convencionales, complejos ferroviarios, estaciones e integración urbana.



**CARRETERAS**

Vías de gran capacidad, red convencional, actividades en medio urbano, seguridad vial y conservación.



**TRANSPORTE URBANO**

Sistemas de transporte público, metros, tranvías, plataformas reservadas, intercambiadores, ordenación viaria e ITS.



**INSTALACIONES DE TRANSPORTE**

Instalaciones de sistemas de transporte: ferroviario, carreteras, transporte urbano, energía, telecomunicaciones, etc.



# Aspectos relacionados con el factor humano en el diseño de carreteras

Por el Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC).

Redactado por: **José M<sup>o</sup> Pardillo Mayora** (Universidad Politécnica de Madrid), **Francisco Morales Ortega** (Ferroviaria S.A.), **José de Oña Ortega** (Ineco-Tífsa), **Pablo Pérez del Villar Cruz** (Dirección General de Carreteras, M<sup>o</sup> de Fomento), **Francisco Javier Saura López** (Aepo S.A.).

Prólogo: **Roberto Llamas Rubio**, (Dirección General de Carreteras, M<sup>o</sup> de Fomento y Presidente del Comité).



## Resumen

**P**ara conseguir que las carreteras alcancen unos niveles de seguridad elevados resulta necesario adaptar su diseño a las limitaciones humanas, en cuanto al desarrollo del proceso de conducción de los vehículos. En este artículo se presentan los resultados obtenidos por el grupo de trabajo sobre incorporación del factor humano en el diseño de carreteras del Comité de Seguridad Vial de la ATC, que ha sintetizado la experiencia nacional e internacional sobre incorporación del factor humano

en el diseño de carreteras. Los temas tratados incluyen el análisis del proceso de percepción de la información y de la velocidad durante la conducción, la consideración de la carga mental y de las expectativas del conductor y su influencia en la atención y en los tiempos de percepción y reacción, los mecanismos de percepción del riesgo y los condicionantes de los conductores de edad avanzada.

**Palabras clave:** Diseño de carreteras, seguridad vial, factor humano, percepción, carga mental, expectativas, atención, riesgo, edad avanzada.

## Prólogo

*Cada vez ha ido adquiriendo mayor relevancia la consideración de las facultades y capacidades físicas y psíquicas del conductor (habitualmente englobadas en la denominación genérica del "factor humano") a la hora de diseñar y proyectar las carreteras o sus equipamientos.*

*No se debe olvidar que el factor humano es el responsable último en la ocurrencia de los accidentes de circulación, estando admitido en el campo científico e investigador de los siniestros viales que en más del 90%*

de los casos figura algún aspecto del conductor como factor concurrente principal en los accidentes (errores humanos, distracciones, conducción inadecuada a las condiciones meteorológicas o de la vía,...).

Por ello, en los últimos años se han llevado a cabo notables esfuerzos en la investigación del comportamiento de los conductores y su interrelación con las características o configuración de las vías, para poder extraer criterios de diseño de las carreteras o de determinados elementos de las mismas, con objeto de facilitar la conducción y la percepción de las situaciones de riesgo de accidente y de esta forma reducir las posibilidades de tener lugar siniestros viales.

Esta inquietud motivó al Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC) a llevar a cabo un estudio y análisis de ciertos temas relacionados con el factor humano y reflexionar sobre aquellos aspectos fundamentales que deberían tenerse en cuenta a la hora de proyectar las carreteras. Así se creó un grupo de trabajo "ad hoc" dentro del seno de dicho comité, cuyos objetivos se materializaron en cinco líneas claves de actuación: el "proceso de conducción: modelos de comportamiento del conductor y de otros usuarios de la carretera. Procedimientos de medida"; la "visión en el proceso de conducción"; los "factores determinantes de la elección de la velocidad de circulación" y los "condicionantes particulares de los conductores de edad avanzada".

Dentro de la labor realizada por este grupo de trabajo se enmarca el presente artículo donde se ha sintetizado el estado del arte sobre este tema y se exponen algunas de las consecuencias prácticas analizadas y que deberían estar presentes a la hora de incorporar el comportamiento humano al diseño de las carreteras.

Por último y como Presidente del citado Comité, quisiera expresar mi agradecimiento a todos los miembros que de alguna manera han participado y contribuido al trabajo desarrollado por el grupo anteriormente ci-

tado, y en especial a los autores de este artículo por su esfuerzo y dedicación.

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

### Introducción

La adaptación del diseño de las carreteras y de los vehículos para facilitar su utilización por los usuarios y reducir en la medida de lo posible los errores humanos en el proceso de conducción constituye un elemento clave para conseguir mejorar la seguridad de la circulación. Surge por ello la necesidad de investigar la influencia de la configuración de las carreteras en el comportamiento y las prestaciones de los conductores y del resto de los usuarios de las vías, y deducir de ello criterios de diseño que sirvan de referencia en el desarrollo de los proyectos de carreteras. Resulta particularmente importante que el diseño de la carretera responda en la mayor medida posible al objetivo de simplificar la tarea de conducir y de facilitar la percepción de las situaciones de riesgo por los conductores.

Esta necesidad ha tenido ya reflejo en iniciativas de investigación y desarrollo de técnicas de diseño de carreteras en los países más avanzados. Así, en Estados Unidos la Administración Federal de Carreteras publicó en 2001 un Manual de Diseño de Carreteras para Conductores de Edad Avanzada y Peatones (Staplin y otros, 2001) y viene trabajando desde 2001 junto con el TRB y la AASHTO en la elaboración de las Recomendaciones relativas al Factor Humano en el Diseño de Carreteras, de las que se ya se han publicado una primera parte (Campbell y otros, 2008).

En Europa, el tema ha sido abordado en el proyecto de investigación Ripcord ISEREST del VI Programa Marco de la Unión Europea, en el que se elaboró un informe sobre el factor humano en el diseño de carreteras (Weller y otros, 2006).

Por su parte, el Comité Interna-

cional de Seguridad Vial de la AIPCR constituyó en 2003 un grupo de trabajo con el objetivo de estudiar la relación entre el factor humano, el diseño de las carreteras y la seguridad vial, que ya presentó unos primeros resultados en el Congreso Mundial de París.

En el seno del Comité de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras se ha constituido un grupo de trabajo con el objeto de analizar los antecedentes internacionales sobre la materia y obtener conclusiones sobre su aplicación al diseño de carreteras en España. En el presente artículo se exponen los resultados de la primera fase del plan de trabajo del grupo, en la que se han sintetizado los antecedentes internacionales y se han estudiado los aspectos a considerar en la incorporación del factor humano al diseño de carreteras.

### El proceso de conducción

El proceso de conducción comprende muchas tareas, algunas de las cuales se deben realizar de forma simultánea. Estas tareas atienden a tres funciones principales (Lunefeld y Alexander, 1990):

- Control: Mantener el vehículo en la trayectoria deseada a la velocidad elegida.
- Guía: Realizar las maniobras necesarias para interactuar con otros usuarios de la vía (seguimiento de otros vehículos, adelantamiento, frenado, cesión del paso a peatones, etc.),
- Orientación: Seguir la ruta adecuada para desplazarse desde el origen al destino del viaje.

Cada una de las funciones exige percibir e interpretar fuentes de información diferentes, adoptar decisiones y actuar en consecuencia. La conducción se basa por ello en un proceso continuo de recepción de información por diversos canales (vista, oído, tacto,...), que debe ser procesada para tomar decisiones y actuar realizando las maniobras ade-



Figura 1. El proceso de conducción comprende tres funciones principales: control, guía y navegación.

cuadas. La adquisición de datos está limitada por las capacidades propias de cada persona, que pueden ser variables en función de múltiples factores. La clave para que la conducción se desarrolle con seguridad consiste en que el proceso de obtención, comprensión y análisis de la información se realice sin errores. Los estudios realizados sobre las situaciones típicas en que se producen los errores humanos que originan accidentes de circulación muestran que éstos están asociados en una proporción mucho mayor al análisis de la situación y la adopción de decisiones que a la actuación sobre los mandos del vehículo.

El hecho de que algunos conductores sufran accidentes en las mismas situaciones en las que muchos otros han podido pasar sin ningún daño, ha llevado a investigar cuáles son las variables que pueden influir sobre el comportamiento humano durante la conducción, con el fin de estudiar si es posible disminuir la frecuencia de estos accidentes. Estas variables pueden clasificarse en tres grupos:

- La capacidad física para la conducción (aptitud).
- Los conocimientos precisos (formación y experiencia).

- Las condiciones psíquicas del conductor (actitud).

Por otra parte, las alteraciones psíquicas o somáticas de muy diversa naturaleza modifican la conducta de los conductores de forma que no siempre responden de la misma forma. Los factores que influyen en la actitud de los conductores se pueden clasificar en las siguientes categorías (Pline, 1999):

- Motivación: la motivación básica para conducir es el deseo de desplazarse entre dos puntos. Sin embargo, pueden existir otros factores como la competitividad o la autoafirmación.

- Emociones: las emociones afectan todos los aspectos del comportamiento humano. Se estima que entre un 10% y un 35% de los conductores que sufren accidentes se encuentran bajo algún tipo de tensión emocional que limitaba su capacidad en el momento del accidente.

- Personalidad: las personas agresivas, ansiosas, inmaduras o indisciplinadas presentan habitualmente comportamientos como usuarios de las carreteras que suponen un mayor riesgo que el resto.

- Estado de salud.
- Factores sociales: las expectativas en cuanto al comportamiento de

los otros usuarios de la vía, la imitación de su comportamiento, la influencia de la presencia de otros en el comportamiento individual, los prejuicios respecto a determinados grupos de personas, la reacción ante las acciones del resto y la influencia de las normas sociales son los principales factores sociales que influyen en el comportamiento de los usuarios de las carreteras.

Todo ello induce una gran variabilidad en el comportamiento de los conductores, por lo que resulta complicado caracterizarlo a través de parámetros fijos de referencia para el diseño de los componentes técnicos.

## **Percepción de la información durante la conducción**

La recepción de la información necesaria para desarrollar el proceso de conducción se produce a través de los sentidos. Aunque la mayor parte de los estímulos son visuales, otros sentidos también tienen importancia:

- La sensibilidad muscular permite apreciar las reacciones de los mandos del vehículo, y con ello estimar cómo están funcionando.
- El oído permite recibir información de otros conductores mediante



Figura 2. El campo visual del ojo humano abarca aproximadamente el 55° por encima de la horizontal, el 70° por debajo de la horizontal y el 90° a la izquierda y a la derecha.

las señales acústicas y también detectar cambios en el funcionamiento de ciertas partes del vehículo (así como el olfato en algunas ocasiones).

- La sensibilidad al movimiento es determinante en el comportamiento de los conductores. Durante la conducción aparecen aceleraciones en los cambios de velocidad y dirección. Si las aceleraciones sobrepasan ciertos mínimos resultan claramente perceptibles y, a partir de ciertos niveles, originan una sensación de malestar. El conductor tiende a realizar las maniobras de forma que las sensaciones que percibe estén dentro de límites admisibles. En la conducción normal los conductores suelen utilizar deceleraciones entre 1 y 2 m/s<sup>2</sup> y sólo ocasionalmente mayores de 3 m/s<sup>2</sup>, siendo rara vez superiores a 4 m/s<sup>2</sup> (Kraemer y otros, 2003).

En todo caso, la mayor parte de la información que utilizan los conductores es visual. El campo visual del ojo humano es amplio. Aproximadamente abarca 55° por encima de la horizontal, 70° por debajo de la horizontal y 90° a la izquierda y a la derecha. Sin embargo, sólo una pequeña zona del campo visual permi-

te una visión nítida. Esta área incluye un cono de dos a cuatro grados de amplitud respecto del eje focal.

La resolución del campo visual fuera de la zona de la visión nítida se conoce como la visión periférica. Aunque en ella se reduce la agudeza, la visión periférica permite detectar objetos. Una vez detectados, los ojos cambian su enfoque para incluir el objeto detectado en el campo de visión nítida. En general, los objetos que se detectan con mayor facilidad mediante la visión periférica son los que están más cerca del punto focal, los que se diferencian de su entorno por el brillo, el color y la textura, los de mayor tamaño o los que se mueven. La detección de objetos mediante la visión periférica depende también de la demanda a que esté sometido el conductor. Cuanto más exigente es la tarea, más se reduce el denominado cono visual consciente o el campo de visión útil, reduciéndose las probabilidades de que el conductor perciba los objetos situados en el campo periférico.

Está demostrado que las condiciones de visibilidad afectan notablemente a la estimación de la distancia

y velocidad. Una correcta iluminación y claridad son condiciones fundamentales en este aspecto.

Hay que destacar que ante problemas de visibilidad, como la presencia de niebla, se tiende a percibir que la distancia de separación es mayor, lo que implica una subestimación de la velocidad. Este mismo efecto se produce en entornos insuficientemente iluminados. Por lo tanto, es muy recomendable disponer elementos que mejoren la visibilidad sobre todo en aquellos tramos donde la velocidad de circulación deba ser muy inferior a la de tramos precedentes; por ejemplo, en las travesías.

### Percepción de la velocidad

La velocidad es uno de los aspectos cruciales en materia de seguridad vial, ya que no sólo afecta a las consecuencias de las colisiones, sino que está relacionada con el riesgo de sufrir un accidente (Aarts y Van Schagen, 2005). Al aumentar la velocidad, se reduce el tiempo para percibir cambios del entorno, aumenta la distancia de parada y se limita la maniobrabilidad. Además, si se produce una colisión, sus consecuencias están directamente relacionadas con la energía cinética del vehículo, que depende linealmente de la masa y cuadráticamente de la velocidad. Por otra parte, se ha demostrado que, aparte de la velocidad en términos absolutos, es tan importante o más la dispersión de velocidades dentro del flujo de tráfico (Hauer, 2009).

La mayor parte de la información que utilizan los conductores para percibir la velocidad se encuentra en los márgenes de la carretera. Hay que tener en cuenta que el tronco de una carretera no presenta apenas variaciones mientras que, exteriormente a los carriles de circulación pueden existir numerosos elementos cuya disposición cambia a lo largo de cualquier itinerario. A este respecto, está demostrado que cuanto más amplio es el campo de visión periférica menor es la percepción de velo-

cidad (Cavallo y Cohen, 2001). Del mismo modo, cuanto más variación de texturas exista en este campo, la sensación de velocidad resulta mayor. En este sentido, se ha demostrado que la percepción de la velocidad se mejora notablemente cuando se disminuye el campo de visión a base de reducir la visión periférica. Esto sucede, por ejemplo, en los túneles. Por tanto, para que el conductor aumente su percepción de velocidad se puede reducir el campo de visión lateral y resaltar la textura de los elementos más próximos. Por el contrario, sucede que arcones, bermas y cunetas amplias inducen a una mayor velocidad de circulación.

Por otra parte, existe una estrecha relación entre el punto donde se fija la vista durante la conducción y la velocidad a la que se circula. A mayor velocidad, menor proximidad de este punto y viceversa. Ante espacios amplios y expeditos, los conductores tienden a aumentar de forma instintiva la velocidad, mientras que la disminuyen si a lo largo de su recorrido la distancia de visibilidad objetiva disminuye. A este respecto, se puede recurrir a evitar en la medida de lo posible la existencia de alineaciones rectas de gran longitud en tramos donde la velocidad de circulación deba estar limitada por motivos distintos al trazado.

Aparte de las visuales, otras sensaciones también pueden ser determinantes en la percepción de velocidad. Concretamente el sonido y la captación de aceleraciones contribuyen notablemente a esta percepción. Instintivamente, la ausencia de sonido va asociada a un estado de calma que, particularizado a la carretera, se traduce en una menor percepción de la velocidad. Por otro lado, a velocidad constante y sin estímulos externos tampoco es posible percibir el estado de movimiento, cosa que no sucede si se experimentan variaciones en esta velocidad, es decir, aceleraciones. A este respecto, con pavimentos poco sonoros y buena regularidad superficial la percepción de la velocidad es menor que



Figura 3. Al aumentar la velocidad, se reduce el tiempo para percibir cambios del entorno, aumenta la distancia de parada y se limita la maniobrabilidad.

en los que sucede lo contrario. Por este motivo, a igualdad del resto de condiciones, en los primeros la velocidad de circulación suele ser mayor que en los segundos. Se ha comprobado que una buena medida puntual para transmitir sensación de velocidad a los conductores sin merma de la comodidad y seguridad consiste en la utilización de pavimentos con capas superficiales de alta fricción ya que, aparte de aumentar la resistencia al deslizamiento, producen un mayor ruido lo que puede inducir a los conductores a reducir la velocidad. La realización de microfresados transversales también produce ruido a la vez que aceleraciones verticales, por lo que también aumenta la percepción de la velocidad. Este mismo efecto lo producen las juntas transversales de los pavimentos de hormigón.

En todo caso, los vehículos disponen de velocímetros que aportan una información objetiva de la velocidad, por lo que en muchos casos los usuarios no precisan tanto conocer la velocidad a la que circulan de forma objetiva como tener información de la que sería adecuada para las condiciones de contorno. Esta información puede transmitirse explícitamente a través de la señalización, y ésta puede reforzarse con medidas

coercitivas de vigilancia policial. Numerosos estudios señalan que, en puntos donde la velocidad inadecuada es el factor desencadenante mayoritario de los accidentes, la simple colocación de señales de limitación de velocidad trae consigo una reducción significativa de los mismos (Elvik y Vaa, 2004). Complementariamente, está constatado que en tramos con alta siniestralidad también por problemas de adaptación de la velocidad a las condiciones del entorno, la disposición de controles fijos de velocidad mediante radares consigue reducciones de la accidentalidad entre el 50% y el 85% y también muy significativas en su gravedad (Lipphard, 2005). Algunos estudios demuestran que, aunque la moderación de la velocidad de los conductores ante este tipo de medidas coercitivas tiene una repercusión puntual, la distribución frecuente de controles fijos a lo largo de un corredor tiene efectos más allá de los tramos puntuales donde se colocan (Chen, Meckle y Wilson, 2002).

La estimación de la velocidad está íntimamente relacionada con la percepción de la distancia al ser la velocidad la variación de la distancia en el tiempo. Aunque los conductores tienden a sobreestimar la distancia, estos fallos sólo son notables cuan-

do existe algún elemento externo que distorsiona la percepción de la profundidad. Por ejemplo, Cavallo y otros demostraron que ante la presencia de niebla, los conductores sobreestimaban como media un 60% la distancia de los vehículos que les precedían. Del mismo modo, también minusvaloraban la distancia de separación con los vehículos que circulan en sentido contrario. Desafortunadamente, dado que ante esta situación se siguen subestimando las velocidades de los vehículos que circulan a altas velocidades, pueden darse al mismo tiempo estas dos circunstancias que, conjugadas pueden ser críticas para la seguridad vial, sobre todo en los cruces.

En el proceso de conducción surgen numerosas situaciones en las que los conductores tienen que estimar el movimiento de otros vehículos (maniobras de adelantamiento, de incorporación a una corriente de flujo prioritaria, de cruce de una vía prioritaria, etc.). La percepción de la profundidad se puede definir como la capacidad de juzgar la distancia a la que está un objeto y los cambios en esa distancia. La principal referencia que utilizan los conductores para determinar la velocidad de aproximación a otro vehículo es la tasa de variación del tamaño de la imagen. Los conductores tienen dificultades para detectar cambios en la velocidad del vehículo a larga distancia debido a la reducida tasa de variación del el tamaño del vehículo que se perciben.

Las limitaciones de percepción de la velocidad de aproximación a otros vehículos que viajan en el mismo sentido también pueden originar riesgo de colisiones por alcance cuando los conductores que viajan a las velocidades de flujo libre en autopistas deben detenerse o frenar para reducir sensiblemente su velocidad y calculan mal la distancia de frenado disponible. Este problema de seguridad se agrava cuando los conductores no se esperan esta situación, por lo que si es recurrente se puede considerar la instalación de elementos de señali-

zación dinámica de advertencia de peligro.

### **Carga mental**

La conducción de un vehículo exige que el conductor realice múltiples tareas simultáneas y divida su atención y sus recursos cognitivos entre ellas. En ocasiones se añaden además otras actividades no relacionadas con la conducción, como mantener una conversación con otros ocupantes del vehículo o por teléfono, manipular los equipos de sonido del vehículo, etc. Se puede definir la carga mental como la cantidad de esfuerzo mental deliberado que se debe realizar para conseguir un resultado concreto; este proceso exige un estado de atención (capacidad de estar alerta) y de concentración (capacidad de permanecer pendiente de una actividad o un conjunto de ellas durante un período de tiempo). Se admite que la calidad de la conducción depende de la carga de trabajo mental que soporta el conductor. Una carga de trabajo excesivamente baja provoca una baja calidad de la conducción al propiciar la falta de atención y las distracciones. Una carga de trabajo alta provoca una baja calidad de la conducción al dificultar la adopción de decisiones acertadas. Una carga media favorece una conducción de mayor calidad en la que se reducen los errores.

Durante la conducción, los conductores determinan inconscientemente la carga de información a la que pueden atender. Cuando la información que reciben excede su límite, seleccionan inconscientemente la información a la que atribuyen más importancia. La atención selectiva es la capacidad para dirigir y concentrar la atención en la información relevante. De particular importancia es que el conductor sea capaz de retirar su atención de la información irrelevante, y seleccionar rápidamente y atender a la información que es importante para evitar accidentes y tener una conducción segura. Al igual que con la toma de decisiones de

cualquier tipo, durante este proceso se pueden producir errores y en algunos casos no se presta atención a determinadas circunstancias que pueden resultar críticas para la seguridad, al haberse centrado la atención en otras menos importantes.

La capacidad de procesar información de un ser humano tiene limitaciones y, en ocasiones, el conductor puede sufrir una sobrecarga de su capacidad de asimilar la información necesaria para realizar múltiples tareas simultáneamente; lo que desencadena que cometan errores. Así, por ejemplo, no es infrecuente que se cometan errores de juicio acerca de la velocidad de aproximación, el intervalo entre vehículos necesario para realizar una incorporación a un flujo prioritario, o las velocidades adecuadas de entrada en una curva o de aproximación a una intersección. Las distracciones, la falta de atención del conductor o el cansancio del conductor hacen que éstos u otros errores se cometan con mayor frecuencia. En la mayor parte de las ocasiones estos errores no originan accidentes, bien porque unos conductores compensan los errores de otros bien porque la carretera y las condiciones de circulación proporcionan un margen suficiente de tolerancia a los fallos. De esta forma los conflictos o incidentes sin daños son mucho más frecuentes que los accidentes; pero en todo caso estos llegan a producirse y son más probables en los tramos en los que se producen fallos de los conductores con mayor frecuencia. Resulta por tanto necesario limitar en la medida de lo posible a través del diseño de los componentes técnicos las situaciones en las que se pueda comprobar que los fallos o errores humanos resultan más probables. Para ello resulta importante analizar la carga de trabajo mental que la disposición de la carretera puede inducir en las situaciones previsibles de circulación por ella, para en la medida de lo posible adaptar el diseño para limitarla en aquellos tramos en los que pudiera llegar a ser crítica.



Figura 4 (izquierda).  
La carga mental aumenta cuando la complejidad del trazado y de los elementos de la carretera es grande.



Figura 5 (derecha).  
Una carga de trabajo excesivamente baja puede propiciar la falta de atención y las distracciones.

La carga mental aumenta si la complejidad del trazado y de los elementos de la carretera es grande. También aumenta si disminuye el tiempo del que se dispone para procesar la información debido a la velocidad de circulación o a una visibilidad reducida. De la misma forma, si hay presentes muchos estímulos no relacionados con la circulación, el conductor podrá dejar de prestar atención a algunos relacionados con ella.

Existen algunos procedimientos para evaluar la carga mental del conductor, como los test de oclusión de la visión, que en su mayor parte son aplicables sólo en condiciones experimentales a través del empleo de simuladores de conducción.

En Estados Unidos se desarrolló un procedimiento para estimar la carga mental asociada a la circulación por un tramo de la carretera (Messer y otros, 1981). El procedimiento se basa en la asignación de un índice de carga de trabajo potencial a cada elemento de la carretera. Los valores del índice en una escala de 0 a 6 fueron fijados a partir de unas valoraciones subjetivas de un grupo de expertos,

en las que el valor 0 corresponde a elementos que no plantean ningún problema y el valor 6 a los que suponen un grave problema para el conductor. El valor de este índice se modifica en cada caso particular mediante la aplicación de unos factores de corrección que dependen de la visibilidad del elemento, el grado de familiaridad de los conductores con él, lo previsible que resulte dentro de itinerario en que se encuentra y la carga mental originada por los elementos de la carretera con-  
tiguos.

### **Expectativas del conductor**

Los conductores emplean los conocimientos adquiridos a priori, basados en patrones aprendidos de la respuesta, para reducir la carga de información que deben procesar. En la imagen anticipada que el conductor tiene de la carretera influye por una parte, la experiencia inmediata de lo que ha encontrado en los tramos que acaba de recorrer y, por otra, la experiencia acumulada en viajes anteriores, respecto de lo que es habitual encontrar en itinerarios de

características parecidas a aquél por el que circula. Esto crea unas expectativas inconscientes del conductor con respecto a lo que va a encontrar. Las investigaciones realizadas en distintos países sobre el efecto del trazado en la seguridad de la circulación coinciden en señalar la importancia de respetar las expectativas del conductor. Cuando se encuentra con una situación inesperada, debe adoptar una decisión y actuar con rapidez, con lo que aumenta el riesgo de que cometa un fallo. En determinados casos estos fallos provocan la pérdida del control del vehículo, y en consecuencia un posible accidente. Por tanto, el proyecto debe tener como objetivo genérico el respetar las expectativas del conductor. Resulta por ello muy importante que en el proyecto de un tramo de carretera se tengan en cuenta las características de los tramos con los que estará conectado el que se proyecta, y que se prevengan las medidas necesarias para conseguir que la transición entre ellos se produzca sin una ruptura brusca de la continuidad de características, es decir: sin que se puedan dar situa-

ciones en las que se vulneren las expectativas del conductor.

Para ello será necesario analizar las características del trazado (velocidades específicas de las alineaciones precedentes y posteriores al tramo que se proyecta), los criterios de señalización (en particular en lo que se refiere a la continuidad de la señalización de orientación) y de balizamiento, la tipología de los nudos y cualquier otra característica de la carretera que pueda ser determinante en las pautas de conducción en el tra-

ados desde hace años en países como Estados Unidos, Suiza y Alemania (Krammes y otros, 1994).

En España, la Norma de Trazado 3.1. IC del Ministerio de Fomento tiene en cuenta implícitamente este aspecto a través de la velocidad de planeamiento, que se define como la media armónica de las velocidades específicas de los elementos de trazado en planta de tramos homogéneos de longitud superior a dos km. La Norma prescribe que al proyectarse el trazado se compare la velo-

de señalización vertical y horizontal, y de balizamiento.

### Atención

Además de las limitaciones de procesamiento de información, la atención de los conductores no está totalmente dentro de su control consciente. A este respecto, se pueden distinguir dos conceptos distintos: la distracción y la desatención. La distracción se produce cuando se desvían ciertas capacidades necesarias para una conducción segura hacia algún estímulo externo; por ejemplo para manipular un navegador. La falta de atención está relacionada en muchos casos con el hecho de que la conducción es una tarea altamente automatizada para los conductores con algún grado de experiencia, por lo que puede llevarse a cabo mientras el conductor piensa en otras cuestiones. La mayoría de los conductores han experimentado alguna vez la sensación de que no han estado prestando atención durante los últimos kilómetros de la conducción, especialmente en cuando circulan por una ruta que les es familiar.

En todo caso, tanto las distracciones como la falta de atención pueden ocasionar la falta de percepción de elementos de información críticos para la seguridad, como la presencia de una señal de *stop*, la presencia de un semáforo en rojo o la presencia de un vehículo o un peatón en la trayectoria de paso por una intersección, con el consiguiente incremento del riesgo de que se produzcan accidentes.

En lo que se refiere a la falta de atención, existen muchos factores que pueden influir en el nivel de la vigilancia de una persona. Entre ellos se pueden citar los siguientes:

- Relacionados con las condiciones de la persona: edad, estado de fatiga, privación del sueño, ingestión de alcohol, etc.

- Relacionados con la situación: momento del día o de la noche, duración de la conducción, monotonía de la tarea, experiencia anterior de



Figura 6. Tanto las distracciones como la falta de atención pueden ocasionar la falta de percepción de elementos de información críticos para la seguridad.

mo objeto del proyecto, para establecer las medidas necesarias para que exista una transición gradual y fácilmente reconocible por los usuarios.

En lo que se refiere a las características del trazado, internacionalmente se vienen aplicando distintos métodos para evaluar lo que se denomina consistencia del trazado, es decir: la relación entre las características geométricas de una carretera y las que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella. Los métodos de evaluación de la consistencia basados en la estimación del percentil 85 de la distribución de velocidades ( $V_{85}$ ) a lo largo de la carretera vienen siendo emple-

cidos de planeamiento de los tramos proyectados tanto con la velocidad de proyecto, como con las velocidades de planeamiento de los tramos adyacentes, para estimar la homogeneidad del trazado.

Las variaciones de las características de la sección transversal tienen también una influencia significativa en la seguridad. Los aspectos más importantes son la anchura de carriles, la anchura y el tratamiento de los arcones y, en carreteras con dos calzadas separadas, la anchura y el tratamiento de la mediana. Los cambios en cualquiera de ellos deben ser graduales y estar adecuadamente marcados mediante elementos adecuados



Figura 7. El tiempo de percepción-reacción aumenta en situaciones inesperadas.

conducción, condiciones climáticas, etc.

- Relacionados con los factores ambientales inmediatos: ruido, vibraciones, luminosidad, comodidad de la conducción, etc.

Por otra parte, la ausencia de variaciones visuales debido a la niebla o a la oscuridad o a tramos de aproximación muy largos y monótonos da lugar a una disminución de la carga de trabajo y de la atención. La monotonía del entorno de la carretera provoca una disminución de la atención que el usuario tiende a compensar con un aumento de la velocidad [AIPCR, 2003].

En consecuencia, en los proyectos de carreteras deberían evitarse las situaciones en las que el conductor vaya a experimentar una carga de trabajo que resulte insuficiente, pues puede dar lugar a faltas de atención prolongadas, o excesiva, y provocar distracciones.

### Tiempos de percepción y reacción

El tiempo de percepción-reacción (TPR) incluye el tiempo necesario para detectar un objeto, asimilar la información, decidir la respuesta, e iniciar una reacción. Aunque los valores de 2s a 2,5s son de uso común como referencia en la normativa inter-

nacional de diseño de carreteras, ya que cubren a una gran proporción de los conductores en la mayoría de situaciones, es importante señalar que el TPR no es fijo sino que depende de los factores humanos comentados en apartados anteriores, incluyendo la visión, la carga de trabajo mental, el estado de alerta del conductor y las expectativas del conductor.

Se han realizado numerosas investigaciones y estudios en los que se ha intentado evaluar el TPR, e identificar los aspectos o parámetros que pueden influir en él. Entre estos estudios se pueden destacar los realizados por Johansson y Rumar (1971) en Suecia, que fueron tomados como referencia por la AASHTO para adoptar el valor de 2,5s reflejado en la Norma de proyecto de carreteras de los Estados Unidos (*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*). Johansson y Rumar realizaron sus ensayos con conductores en sus propios vehículos recibiendo una señal acústica de alerta para frenar obteniendo valores entre 0,30 y 2,0 segundos. Numerosas investigaciones realizadas en distintos países han obtenido valores medios de tiempos de percepción y reacción que confirman el rango de valores hallados por Johanson y Rumar.

En 2003, Muttart desarrolló un exhaustivo análisis estadístico para ob-

tener diversas expresiones que permiten estimar el tiempo de reacción en función de un gran grupo de parámetros. Es de destacar de su estudio que obtiene un tiempo promedio de reacción del conductor de 1 segundo para un objeto estático en condiciones diurnas, que se incrementa a 3 segundos en condiciones nocturnas. Señala además como el tiempo de percepción-reacción se incrementa a muy altas velocidades por la gran cantidad de estímulos que recibe el conductor.

En todo caso el diseño de los elementos críticos de la carretera desde el punto de vista de la seguridad debería referirse al análisis de los rangos de tiempos que necesitan los diferentes usuarios que transitan por ella en función de la complejidad de las situaciones que puedan encontrarse, teniendo en cuenta la configuración de la carretera y los flujos de tráfico esperados.

### Percepción del riesgo

Se puede definir el riesgo asociado a una actividad humana como el grado de exposición de la persona que realiza una actividad a sufrir un daño o unas potenciales pérdidas. La forma en que el usuario percibe los estímulos y los interpreta le lleva a establecer una valoración del riesgo que es subjetiva. Este riesgo subjetivo o riesgo percibido por el usuario de la carretera, es un importante factor determinante del comportamiento del conductor. Está relacionado con el riesgo objetivo o riesgo real de que un determinado usuario sufra un accidente en un lugar determinado de la red y en unas circunstancias determinadas, en el sentido de que los usuarios basan sus percepciones en las características físicas del entorno, y aprenden a través de la experiencia y del sentido común qué situaciones o emplazamientos son objetivamente peligrosos. Las percepciones, sin embargo, no siempre se corresponden fielmente con la realidad, y a menudo la falta de percepción del nivel real de riesgo ori-

gina un accidente (Wright y otros, 1989).

Tradicionalmente se ha considerado que los accidentes que suceden en un determinado tramo de carretera son independientes de las características del resto de la red. Este modelo ha sido cuestionado por algunos psicólogos, que consideran que el conductor adapta su conducta a los cambios que suceden en el entorno. Cuando percibe un cambio en el nivel de riesgo en un determinado punto del viaje, el conductor cambia su conducta, tratando de compensar esta variación del riesgo. Cuando éste aumenta, el conductor se siente amenazado y compensa disminuyendo la velocidad y actuando con mayor cautela, lo que influye en el funcionamiento desde el punto de vista de la seguridad de los tramos posteriores.

Cada tramo de carretera presenta un cierto riesgo objetivo que puede variar en función del individuo y de sus condiciones particulares en el momento de circular por él. Con el mismo nivel de atención, habilidad y esfuerzo aplicados en emplazamientos con riesgos objetivos distintos, se producirían distintas frecuencias de accidentes, que serían proporcionales al riesgo objetivo. Así, por ejemplo, una curva cerrada es intrínsecamente más peligrosa que un tramo recto, ya que la conducción en ella entraña mayor dificultad. Sin embargo, el riesgo asociado a un determinado elemento de la vía puede ser evaluado de forma distinta por conductores distintos, o incluso por el mismo conductor en distintos momentos. Por otra parte, el riesgo percibido puede ser sustancialmente distinto del objetivo para cualquier interacción usuario/ emplazamiento, de forma que los accidentes suceden con más frecuencia cuando el riesgo percibido subestima el riesgo real, debido a que los conductores no toman las decisiones adecuadas. En cambio, cuando el riesgo percibido es una estimación correcta o una sobrestimación del riesgo objetivo, los accidentes son escasos.

Por otra parte, de acuerdo con la

teoría del comportamiento, las personas adaptan sus conductas para que su riesgo subjetivo se mantenga en un cierto nivel que maximiza el beneficio global esperado de una actividad. A este nivel de riesgo se le puede denominar riesgo tolerado o fijado por la persona. Existe una teoría que sostiene que la compensación de riesgos es homeostática (del griego homeo: concordante o similar, y stasis: condición o estado de las cosas), de forma que los conductores tienen un nivel de riesgo prefijado por unidad de tiempo pasado en la carretera, y adaptan su comportamiento en función de los cambios en el riesgo que perciben para alcanzar el nivel fijado. De esta manera, si el nivel de riesgo subjetivamente experimentado es menor que el aceptable, la gente tiende a embarcarse en acciones que incrementan su exposición al riesgo. Sin embargo, si el nivel de riesgo subjetivamente experimentado es mayor que el aceptable, se toman mayores precauciones [Wilde, 1994].

Aunque es muy posible que la compensación de riesgo exista hasta cierto punto, no está demostrado que sea homeostática. Por tanto las medidas de prevención deberían diseñarse de tal manera que, manteniendo la seguridad objetiva, tuvieran en cuenta al mismo tiempo el aspecto subjetivo y disuadieran al participante en el tráfico de anular la ganancia de seguridad con un riesgo adicional.

Se puede concluir que el nivel de seguridad de la circulación disminuye si el riesgo objetivo es superior al percibido. Desde el punto de vista de la seguridad vial es fundamental que sea tal, que los usuarios perciban coherentemente el riesgo real inherente a la configuración de la carretera. Con respecto a la velocidad, debe tratarse de que su estimación por parte de los conductores nunca sea minusvalorada. En este sentido, existen numerosos aspectos relacionados con el equipamiento y diseño de la carretera que influyen sobre esta estimación. A este respecto las medidas de mejora de la seguridad pue-

den tener dos modalidades:

- a) Aumentar el riesgo percibido a través de la señalización, o de otros medios que atraigan la atracción del usuario hacia factores de riesgo imperceptibles o de difícil percepción.
- b) Disminuir el riesgo objetivo.

### Condiciones de los conductores de edad avanzada

Muchos aspectos de la función sensorial cognoscitiva se deterioran en la madurez, lo que podría llevar asociada una disminución en la habilidad de conducir con seguridad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la gran mayoría de los adultos de edad avanzada tienen miles de horas de experiencia en el desempeño de esta tarea. Las exigencias cognitivas de la conducción son menores cuanto mayor sea la experiencia del conductor, ya que ésta tiene como consecuencia que una parte importante de las tareas se pueda realizar de forma refleja. También se ha contrastado que los adultos mayores, a través de la experiencia, pueden desarrollar estrategias compensatorias que se traducen en un comportamiento experto que permanece intacto frente a la disminución en el componente de los procesos asociados a la conducción.

Las diferencias de los conductores de edad avanzada respecto al conductor medio se pueden agrupar en cuatro áreas (FHWA, 1997):

- Visión y atención visual
- Memoria y cognición
- Capacidades físicas
- Percepción de riesgos

#### Visión y atención visual

La agudeza visual disminuye con la madurez y la disminución en los adultos mayores se acentúa bajo condiciones de bajo contraste, baja iluminación y donde hay acumulación de estímulos visuales; y permanece relativamente constante a lo largo de la vida hasta aproximadamente los 50 años; y entonces disminuye progresivamente con el aumento de edad. La agudeza visual dinámica



Figura 8. La señalización puede utilizarse para aumentar el riesgo percibido.



también disminuye con la edad, existiendo indicios de que la disminución con la edad de la dinámica es mayor que la de la estática. Estudios realizados sobre la conducción y los ancianos han llegado a la conclusión de que la agudeza visual dinámica varía ampliamente de una persona a otra y está más fuertemente asociada con el riesgo de accidentes.

Aunque no hay acuerdo entre los investigadores sobre cómo afecta el envejecimiento a la sensibilidad al contraste, parece que en general, los adultos mayores tienden a tener menor sensibilidad al contraste. Esta pérdida es más pronunciada en los niveles más bajos de luz y puede redundar en una mayor sensibilidad al deslumbramiento

En cualquier caso, todas las formas de la visión espacial se deterioran con la disminución de los niveles de iluminación. Se ha comprobado que la degradación visual resultante de reducir los niveles de iluminación tiene un mayor impacto en la tercera edad, y que los conductores mayores se encuentran en una situación de desventaja en la conducción nocturna. Sin embargo, no hay un mayor porcentaje de conductores de edad avanzada en los accidentes nocturnos, porque en bastantes casos los conductores mayores evitan conducir de noche, y cuando se ven obligados a hacerlo lo hacen con gran cautela.

Por otra parte, los efectos de la degradación de la percepción de la profundidad comienzan a notarse antes de los 40 años, aumentan de forma significativa a los 50 años, y si-

guen aumentando a partir de entonces. Se ha comprobado que los conductores mayores tienden a subestimar la velocidad de los vehículos que se aproximan en comparación con los conductores más jóvenes. Las personas de edad, al parecer, tienden a aceptar un hueco para cruzar de frente cuando un vehículo que se aproxima está a una distancia fija, independientemente de la velocidad del vehículo. Estas disminuciones en la percepción de la distancia y la velocidad pueden explicar en parte el mayor porcentaje de conductores de mayor edad en los accidentes producidos en los giros a la izquierda.

### Memoria y cognición

Hay pocos estudios que relacionen directamente envejecimiento, función

cognitiva, y errores de conducción. La conducción es un comportamiento complejo que claramente tiene muchos aspectos cognitivos; sin embargo, es difícil una clara comprensión de cómo los cambios relacionados con la edad en la función cognitiva afectan al comportamiento del conductor.

### Tiempo de reacción

Por el contrario, hay un acuerdo casi unánime entre los investigadores en cuanto a que el tiempo de reacción aumenta con la edad, aunque los cambios en el proceso mental parecen ser el principal contribuyente a la ralentización, en lugar de los componentes sensoriales o motores.

No se ha comprobado que haya diferencias respecto a la edad en los diferentes estudios realizados para obtener el tiempo de reacción en las operaciones de frenado, comprobándose que los 2,5 segundos utilizados en el Manual de la AASHTO proporcionan en general un margen suficiente, variando en función del tipo de carretera y del estado de fatiga del conductor más que de la edad de éste.

En los diversos estudios realizados se ha comprobado que los adultos mayores responden peor que los jóvenes a situaciones en las que hay que ejecutar dos tareas a la vez; y que el deterioro de calidad de la realización de la tarea principal originado por la adición de una segunda ta-

**Hay un acuerdo casi unánime entre los investigadores en cuanto a que el tiempo de reacción aumenta con la edad**

rea son desproporcionadamente grandes para los adultos mayores en comparación con los más jóvenes.

## Capacidad física

Las capacidades físicas (funciones motoras) necesarias para la conducción son: fuerza, rango del movimiento de las extremidades, movilidad de tronco y cuello y propiocepción (sentido que informa al organismo de la posición de los músculos, y que influye en la coordinación de movimientos). Con la excepción de la propiocepción ha quedado establecida la disminución de las capacidades físicas en función de la edad y también en función de la salud en general. Sin embargo, muchos de los vehículos actuales tienen dirección asistida y sistemas antibloqueo de frenos, lo que quita importancia a la menor fuerza de los conductores mayores.

En todo caso, se ha comprobado que los ángulos de intersección de 75° o menos causan problemas a los conductores mayores, ya que esta situación requiere un amplio movimiento de la cabeza. Una gama limitada de movimientos puede reducir en un conductor de más edad la capacidad para manejar un automóvil, especialmente para la exploración eficaz directa e indirectamente a través de los espejos de la parte trasera y los laterales de su vehículo, para observar los puntos ciegos, así como puede obstaculizar el reconocimiento oportuno de conflictos durante el giro y las maniobras en las intersecciones.

## Percepción de riesgos

Las investigaciones muestran que los conductores jóvenes en general tienden a subestimar el riesgo que entraña la conducción en determinadas situaciones, pues sobreestiman su propia capacidad de conducción de vehículos.

Las conclusiones de las investigaciones desarrolladas en este campo sugieren que esta menor percepción del riesgo por los conductores más jóvenes puede explicar gran parte de su mayor implicación en los accidentes de tráfico en comparación con otros grupos de edad.

También las diferencias de comportamiento de riesgo entre hombres y mujeres tienden a disminuir con la edad, mientras que entre los jóvenes es mayor en los hombres que en las mujeres.

## Continuación de los trabajos

A partir de estos resultados, el grupo de trabajo continuará su labor a lo largo del presente año con el objetivo de concretar consideraciones aplicables al diseño de carreteras en España y proponer las líneas de desarrollo posterior de los correspondientes criterios de proyecto.

## Referencias

(1) AIPCR (2003): Informe del Comité 13 Seguridad Vial. Actas de Congreso Mundial de Carreteras. Durban, Sudáfrica.

(2) Aarts, L. y Van Schagen, L. (2006): Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention* 38 pp. 215-224.

(3) Campbell, J.; Richard, C. y Graham, J.(2008): Human Factors Guidelines for Road Systems. Collection A. NCHRP Report 600 A. Transportation Research Board, Washington DC, Estados Unidos.

(4) Cavallo, V, y Cohen, A. (2001): Perception. In P.E. Barjonet (Ed.), *Traffic psychology today*, pp. 63-89. Kluwer Academic, Dordrecht, Países Bajos.

(5) Chen, G., Meckle, W., y Wilson, J. (2002). Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia. *Accident Analysis & Prevention*, 34. (2), 129-138.

(6) Elvik, R., y Vaa, T. (2004): *The handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier.

(7) Federal Highway Administration.(1997): *Synthesis of Human Factors Research on Older Drivers and Highway Safety. Volume I: Older Driver Research Synthesis*. FHWA-RD-97-09. Washington DC, Estados Unidos.

(8) Hauer, E. (2009): Speed and Safety. TRB 2009 Annual Meeting. Washington D.C .Estados Unidos.

(9) Johansson, G. y Rumar, K. (1971): Drivers' Brake Reaction Time. *Human. Factors*, Vol. 13, No. 1, pp. 23-27.

(10) Kraemer C. et al. (2003): *Ingeniería de Carreteras*. McGraw Hill, Madrid.

(11) Krammes, R. et al. (1994): Horizontal Alignment Design Consistency for Rural TwoLane Highways. FHWA-RD-94-034. Federal Highway Administration, Washington DC.

(12) Lipphard, D. (2005): Starenkasten" in Deutschland. Zum Forschungsstand und Verbreitungsgrad von ortsfesten Überwachungsanlagen. *Zeitschrift für Verkehrs-sicherheit*, 51(4), 189-193.

(13) Lunefeld, H. y Alexander, G.(1990): A User s Guide to Positive Guidance. Federal Highway Administration. Washington DC.

(14) Messer, C. et al. (1981): Highway Geometric Design Consistency Related to Driver Expectancy RD-81/036, Federal Highway Administration, Washington D.C. Estados Unidos.

(15) Muttart (2003): Development and evaluation of driver perception-response equations based upon meta-analysis, (2003). Society of Automotive Engineers. Technical paper # 2003-01-0885. Warrendale, PA, Estados Unidos.

(16) Pline, J. ed. (1999): *Traffic Engineering Handbook*, 5th ed. ITE, Washington DC.

(17) Staplin, L., Lococo, K., Byington, S., y Harkey, D. (2001): *Highway Design Handbook for Older Drivers and Pedestrians*,. FHWA-RD-01-103. Federal Highway Administration, Washington DC, Estados Unidos.

(18) Weller, G. et al. (2006): *Human Factor in Road Design. State of the art and empirical evidence*. Sixth Framework Programme. RIPCOR-ISE-REST. Comisión Europea, Bruselas.

(19) Wilde, G. (1982): The Theory of Risk-Homeostasis: Implications for Safety and Health. *Risk Analysis*, Vol. 2 pp. 209-255. ■



## BETÚN MEJORADO CON CAUCHO: UNA APUESTA TECNOLÓGICA DE PROAS EN SU COMPROMISO CON LA CALIDAD Y EL RESPETO POR EL MEDIO AMBIENTE.

Cincuenta años de innovación dentro del sector del betún dan para muchos logros. Pero, aunque estamos muy orgullosos de todos ellos, nada nos satisface tanto como ser la primera compañía española en suministrar industrialmente betún mejorado con polvo de caucho, procedente de neumáticos fuera de uso (NFUs). El resultado, un betún estable de la más alta calidad y con un claro beneficio para el medio ambiente. Con ello, no sólo conseguimos estar al servicio del cliente, sino también nos ponemos al servicio de la naturaleza. **Y eso nos hace aún más líderes.**

### AUTOVÍA ORBITAL DE BARCELONA B-40

# Tramo: Abrera-Olesa de Montserrat

Tomás García Pomares, ICCP  
y Director de las obras.

**E**l tramo Abrera – Olesa de Montserrat forma parte de la Autovía Orbital de Barcelona B-40. Esta autovía permitirá descongestionar la actual autopista de circunvalación de Barcelona AP-7/B-30 entre El Papiol y Mollet, mejorando la conectividad del Vallés Oriental y Occidental, con Barcelona y Lleida.

Este tramo pertenece al sector Abrera-Terrassa, que dará continuidad a la autovía A-7 del Mediterráneo y comunicará exteriormente los grandes municipios de esta zona, intercomunicando las diferentes vías existentes. Los otros dos tramos de este sector de la B-40 son Viladecavalls-Terrassa, ya adjudicado por SEITT, y Olesa de Montserrat-Viladecavalls.

El siguiente tramo al este, hasta Granollers donde conectará con la carretera autonómica C-60, se encuentra en fase de estudio informativo.

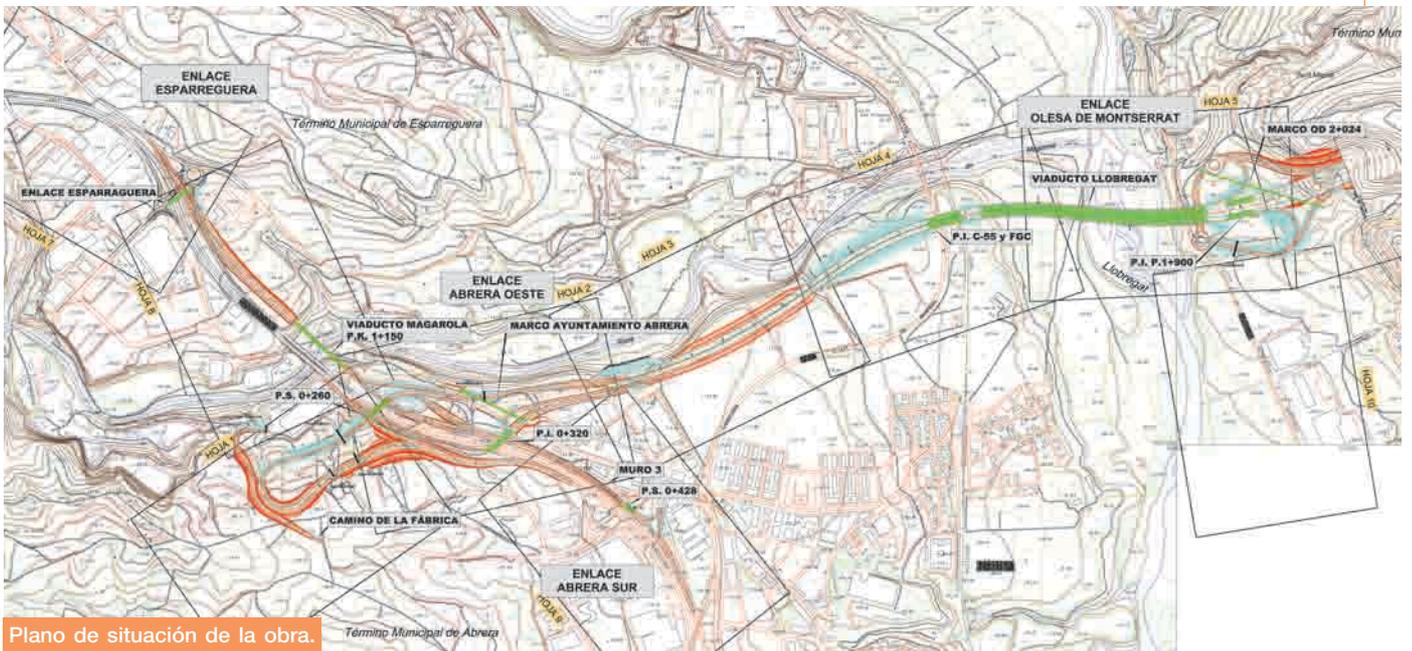
El trazado de este tramo se integra en la zona correspondiente a la llanura del río Llobregat. La zona de proyecto linda, en la parte oriental, con la zona montañosa de la Serra d'n Ribes. El encuadre del corredor termina con la riera Magarola en el Norte, y con el núcleo urbano de Abrera en la parte Suroeste.

#### 1. Descripción general de la obra

El proyecto consiste en una autovía de nuevo trazado que discurre entre el enlace con la autovía A-2, denominado Abrera Oeste, y el enlace con la carretera BV-1201, denominado enlace de Olesa de Montserrat. El desarrollo total del tronco es de 2,2 km.

Se han tenido en cuenta en el Proyecto las prolongaciones de la autovía por ambos extremos. Por el lado Este, la autovía conectará con el tramo Ole-





Plano de situación de la obra.

sa de Montserrat-Terrassa, mientras que por el Oeste lo hará con el futuro cierre de la Autovía Orbital, tramo: Villafranca-Abrera, actualmente en fase de Estudio Informativo.

El trazado se inicia en el p.k. 0+000, situado en el noroeste del núcleo urbano de Abrera. Este punto se corresponde con el p.k. 1+486 del Estudio Informativo.

El origen del trazado se completa con el proyecto del enlace de Abrera – Oeste, que conecta la Autovía Orbital con la Autovía A-2.

El primer kilómetro del trazado discurre paralelo la riera Magarola, dejando en la margen derecha el barrio del Rebato y ajustándose a la reserva viaria establecida en el planeamiento vi-

gente.

En este tramo inicial, el trazado trata de minimizar las afecciones del tronco a la riera Magarola. Sin embargo, dada la proximidad del barranco existente en la riera, se proyectó la construcción de muros verdes en la margen izquierda de la autovía. Además, en la zona donde la autovía cruza el meandro de la Riera Magarola, se ha evitado que el pie del muro verde diseñado afecte a la superficie de inundación de la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Posteriormente, la autovía cruza la carretera C-55 y el ferrocarril Martorell-Olesa, perteneciente a los Ferrocarriles de la *Generalitat de Catalunya*. Está previsto, por parte del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de

la *Generalitat de Catalunya* la duplicación de esta vía férrea.

El trazado cruza posteriormente el río Llobregat y su llanura de inundación, por medio de un viaducto de 654 m. Inmediatamente después del viaducto se sitúa el enlace de Olesa de Montserrat, que conecta la Orbital con la carretera BV-1201.

La rasante del trazado proyectado comienza entonces a subir, mediante una rampa del 3%, hasta alcanzar las boquillas del túnel de la Serra d’Ribes.

La autovía finaliza en el p.k. 2 + 100,796, entre la urbanización de Sant Miquel y el polígono industrial, setenta metros antes de la boca del citado túnel.

### Enlace de Abrera Oeste

Con este enlace se conecta la Orbital con la Autovía A-2. Se contemplan todos los movimientos entre la Autovía Orbital y la A-2.

En el diseño del enlace se ha tenido en cuenta la futura prolongación de la Autovía Orbital en sentido a Villafranca. Se han diseñado las vías colectoras del futuro enlace completo, una vez construida la prolongación de la autovía.

### Vía Colectora A-2. Margen derecha (sentido a Barcelona)

El comienzo de esta vía se sitúa una vez pasado el paso superior que conecta el municipio de Esparreguera con el Polígono Industrial del Sud, recogiendo así el tráfico de la A-2 con des-



Vista aérea del enlace de Abrera Oeste.

tino a Abrera y a la Orbital sin cargar el enlace de Esparreguera.

Una vez pasada la riera, se ha dispuesto un ramal de salida que conecta con el de la actual vía de servicio existente en la A-2, para recoger el tráfico que, proveniente de la A-2, quiera incorporarse a Abrera. Posteriormente, a esta vía colectora se incorpora el ramal procedente de la vía de servicio izquierda de la Orbital (movimiento Terrassa (Orbital) – Barcelona (A-2)). La vía colectora pasa entonces a tener dos carriles y continuará con esta sección transversal hasta el final de su trazado.

Finalmente, la vía colectora conecta con la vía de servicio existente, recogiendo el movimiento Madrid (A-2) – Abrera y el movimiento Terrassa (Orbital) – Barcelona (A-2) y Terrassa (Orbital) – Abrera.

Previamente a esta conexión, se proyecta un ramal de salida que recogerá el tráfico con destino a Terrassa (Orbital). Si bien se produce un tramo de trenzado entre la anterior incorporación y este ramal de salida, este no será conflictivo, pues el tráfico que cruza de derecha a izquierda consiste exclusivamente en movimientos de cambio de sentido.

## Vía Colectora A-2. Margen izquierda (sentido a Madrid)

El comienzo de esta vía se sitúa metros después del paso superior de la C-55 existente sobre la A-2. Esta vía colectora recoge el tráfico que, proveniente de Barcelona por la A-2, quiere incorporarse a la Orbital, o bien acceder al enlace de Esparreguera.

La vía colectora discurre paralelamente a la A-2, cruzando la riera Magarola mediante un viaducto paralelo al existente. Antes del viaducto se completan los movimientos Terrassa (Orbital) – Madrid (A-2), y Barcelona (A-2) – Tarragona (Orbital).

Posteriormente, la vía colectora recogerá los movimientos de conexión con el enlace de Esparreguera para, finalmente, incorporarse la Autovía A-2.

## Enlace de Olesa de Montserrat

La situación del enlace, enclavado entre el río Llobregat y las laderas del Bosc de Sant Miquel, condiciona enormemente su diseño. En la parte Norte



Conexión de la Autovía B-40 con la A-2, donde se observa el polígono de Sant Ermengol de fondo.

se sitúan las instalaciones de Aguas de Terrassa y la urbanización de Sant Miquel. En el Sur, se encuentra el Polígono Industrial de Sant Miquel, siendo necesario que el trazado no afecte a los límites del denominado Plan Parcial Industrial de Sant Miquel.

Por el Oeste, la ocupación está limitada por el río Llobregat y su llanura de inundación, mientras que, en la parte Este, el trazado se encuentra condicionado por las laderas del Bosc de Sant Miquel y el túnel de Serra d'en Ribes.

Por otra parte, el diseño del enlace está condicionado por la vía de alta capacidad en que se convertirá la BV-1201, que conectará la autovía A-2, en Martorell, con la autopista A-18 en Vacarisses, conectando con la autovía Orbital y con el Municipio de Olesa de Montserrat mediante la construcción de sendos enlaces. La actual carretera BV-1201 quedará como vía de servicio. El trazado de esta autovía se encuentra actualmente en fase de Estudio Informativo.

Debido a la incertidumbre sobre si las actuaciones proyectadas servirán definitivamente en el futuro, una vez proyectada la futura Autovía Martorell-Vacarisses, se propone, en este Proyecto de Construcción, disponer de una solución provisional, que conecte la Autovía Orbital con la actual carretera BV-1201.

## 2. Estructuras

### Viaducto sobre el río Llobregat.

El viaducto sobre el río Llobregat tiene 654 m de longitud total, divididos en

12 vanos con luces  $48 + 8 \times 60 + 3 \times 42$  m. El ancho total del tablero es de 14,80 m por calzada. El tablero está compuesto por una sección en cajón unicelular de hormigón postensado con 3,00 m de canto. La construcción se realiza por fases, vano a vano, con cimbra autoportante independizando de esta manera la construcción del suelo. Las pilas son del tipo cajón huecas, con dimensiones exteriores máximas de  $5,50 \times 2,30$  m. Su cimentación se ha realizado siempre con pilotes perforados "in situ" de 1,50 m de diámetro, recogidos por un encepado. El estribo 1, debido a su gran altura, se ha propuesto del tipo abierto de hormigón armado con dos pantallas y un dintel. La cimentación es directa mediante zapatas.

### Estructura C-55

En el p.k. 1+030 de la Autovía Orbital está situado el paso inferior de la carretera C-55 y el paso del ferrocarril. La estructura es un viaducto de 98,22 m de longitud dividido en cinco vanos de 18,80; 19,80; 19,82; 19,50 y 20,30 m y tablero a compresión, de 0,25 m de espesor, sobre vigas artesas de 0,90 m de canto.

### Viaducto de la riera Magarola p.k. 1+500, eje 3.

Este viaducto resuelve el cruce de la vía de servicio de la margen izquierda sobre la riera de Magarola. Al estar en servicio los viaductos correspondientes a la autovía se ha planteado una solución con la misma distribución de luces. El tablero tiene 11,30 m de ancho, seis vanos con luces  $28,40 + 29,00 + 46,00$



Foto derecha: Perspectiva de la colectorá en dirección a Lleida y el enlace con el P.S. Esparreguera.

Foto izquierda: Vista general del tronco de la Autovía B-40.

+ 46,00 + 22,00 + 21,40 m y está compuesto por cuatro vigas prefabricadas pretensas doble T de 2,50 m de canto en los vanos. Sobre ellas se hormigona una losa de compresión de 0,25 m. Las pilas son del tipo martillo con un fuste y un dintel. El fuste es circular de 2,25 m de diámetro, que parece la sección más adecuada hidráulicamente hablando. La cimentación es profunda mediante pilotes perforados "in situ" y recogidos por un encepado.

### **Paso inferior p.k. 0+320, eje 11.**

Este paso resuelve el cruce del eje 11 bajo la autovía existente. Al estar en servicio la autovía, se planteó una solución con un vano sobre pantallas de hormigón ejecutadas "in situ". La construcción se realizó por fases, haciendo cortes parciales de tráfico. Una vez ejecutadas las pantallas se colocó el tablero formado por 54 vigas doble T prefabricadas pretensas, de 1,30 m de canto. Hormigonada la losa de compresión, se procedió a la excavación inferior.

### **Paso superior p.k. 0+428, eje 3.**

Este paso resuelve el cruce del eje 3 sobre una carretera existente. Se proyecta un tablero, con un vano de 22,53 m de luz, compuesto por dos vigas artesa prefabricadas pretensas de 0,90 m de canto sobre las que se hormigona una losa de compresión de 0,25 m. El ancho es variable: desde 11,59 a 12,05

m. Se ha elegido esta tipología por tener un acabado más estético que el tablero formado por vigas doble T. La solución prefabricada viene impuesta por la necesidad de mantener en servicio la carretera existente y evitar la colocación de cimbras. Los estribos son del tipo cargadero sobre suelo reforzado.

### **Paso superior p.k. 0+260, eje 4.**

Este paso resuelve el cruce del eje 4 sobre la autovía existente y las vías de servicio. Se proyecta un tablero con cinco vanos y luces 17,19 + 18,01 + 16,92 + 19,93 + 14,86 m de luz compuesto por dos vigas artesa prefabricadas pretensas, de 0,90 m de canto, sobre las que se hormigona una losa de compresión de 0,25 m. El ancho del tablero es de 11,50 m. Se ha elegido esta tipología por la necesidad de mantener en servicio la carretera existente y evitar la colocación de cimbras. La cimentación es directa mediante zapatas.

### **Paso inferior 1+900**

El paso inferior está compuesto por dos estructuras de cuatro vanos con luces 15,00+24,75+27,75+15,00. La plataforma del paso está compuesta por tres carriles de 3,50 m de ancho, con arcones de 2,50 m y 1,00 m, y barreras metálicas que montan 0,50 m sobre el tablero.

El tablero está compuesto por una sección maciza de hormigón pretensa-

do con un ancho superior de 15,00 m y 1,10 m de canto. La tabla inferior tiene 7,60 m de ancho y se aligera exteriormente mediante dos voladizos de 3,00 m de longitud con un espesor en el borde de 0,20 m.

Las pilas están compuestas por dos fustes circulares de 1,00 m de diámetro, con apoyos de neopreno entre estos y el tablero, con una altura máxima de 14,10 m.

Los estribos son del tipo cargadero sobre pilotes de hormigón armado. El dintel tiene 1,70 m de canto y se apoya en dos pilotes de 1,50 m de diámetro y de 30 m de longitud.

Las cimentaciones de las pilas son profundas, sobre un encepado de dimensiones aproximadas 7,10 x 6,60 m, compuestos por cuatro pilotes de 1,50 m de diámetro y de 22 m de longitud, aproximadamente.

Como ya se ha comentado, se disponen dos apoyos de neopreno circulares por pila (dos fustes) de dimensiones 750 x 110 (neto 80); y en los estribos se disponen dos apoyos de neopreno zunchado anclados, con dimensiones 400 x 500 x 141 (neto 77). Las juntas de dilatación son del tipo Transflex con un recorrido de 102 mm.

El proceso constructivo es el típico en este tipo de pasos, es decir, después de la ejecución de las cimentaciones y alzados de pilas y estribos se ejecuta el tablero mediante su cimbrado en toda su longitud.

### **Marco camino de Abrera a la ribera de la Magarola**

El Ayuntamiento de Abrera pidió que

# Accesos a Grandes Ciudades

se mantuviera la existencia del actual camino que comunica el pueblo con la Ribera del Magarola. Se propuso la construcción de un marco prefabricado de dimensiones interiores de 8 x 4,5 m y 200 m de longitud que cruza al inicio de este tramo de la Autovía Orbital bajo el enlace de Abrera Oeste.

## 3. Secciones de firme

### A. TRONCO B-40

La sección 0032 es la que se adopta como sección de firme para el tronco de autovía y para el Eje 27. Esta sección está constituida por las siguientes capas:

Calzada y arcenes  $\leq 1,25$  (\*)

Sección compuesta por tres capas de mezclas bituminosas en caliente (3 cm de M-10 en la de rodadura, 7 cm de S-20 en la intermedia y 15 cm de G-



Foto derecha: Planta del nuevo Viaducto sobre la Riera Magarola. A la izquierda, perspectiva del Viaducto del Llobregat con el municipio de Abrera de fondo.

25 en dos capas en la de base, con riegos de adherencia del tipo ECR1) extendidas sobre 30 cm de suelocemento.

Um  
n  
á  
m  
p  
o  
r  
t  
a  
n  
t  
e  
s

#### Terraplén:

1 877 504,66 m<sup>3</sup>

#### Desmorte:

1 766 474,37 m<sup>3</sup>

#### Hormigón:

39 369,36 m<sup>3</sup>

#### Acero pasivo:

7 151 758,43 kg

#### Acero activo:

435 495,58 kg

#### Longitud total de pilotes:

2913,5 m

#### Mezclas bituminosas:

66 512 t

#### Arcén $> 1,25$

Compuesta también por dos capas de mezclas bituminosas distribuidas de la siguiente forma: rodadura (3 cm de espesor del tipo M-10) e intermedia (7 cm de S-20) sobre una base de 20 cm de suelocemento y 25 cm de zahorra artificial.

El firme de los pasos de mediana será prolongación del propuesto en el tronco.

## 4. Secciones tipo

La sección tipo del tronco de la autovía está formada por una calzada de 10,50 m (3 carriles de 3,50 m). La anchura de los arcenes es de 1,00 m, para el interior, y 2,50 m para el ex-

terior. La amplitud de la mediana varía entre 2,00 m, en su zona más estrecha, y 33,00 en las zonas de "bypass". La velocidad de proyecto es de 80 km/h.

F  
i  
c  
h  
a  
T  
é  
c  
n  
i  
c  
a

#### Nombre de la Obra:

Autovía Orbital de Barcelona.  
Tramo: Abrera-Olesa de Montserrat.

#### Promotor:

Ministerio de Fomento.  
Demarcación de Carreteras del Estado en Catalunya.

#### Empresa autora del proyecto:

Getinsa.

#### Dirección de Obra:

D. Tomás García Pomares (ICCP).

#### Empresa constructora:

Dragados, S.A.

#### Jefe de Obra:

D. Ramón Mayoral, ICCP.

#### Asistencia técnica en obra:

UTE Ayesa-Eurogeotecnia.

## Viaducto del Llobregat

La estructura más representativa de la obra es el viaducto del Llobregat, una estructura de 645 m de longitud total y con sección de cajón unicelular de hormigón postensado.

### Características de la sección tipo:

El área total de la sección es de 8,62 m<sup>2</sup> y pesa 21,55 t/m.

La sección se hormigonó transversalmente en dos fases, ejecutándose la fase 2 por detrás de la fase 1, una vez avanzada la cimbra.

El área correspondiente a la Fase 1 es de 7,74 m<sup>2</sup> y pesa 19,37 t/m; valor de cálculo considerado que corresponderá a la sobrecarga de hormigón sobre los encofrados y vigas de la cimbra.

### Cimbra

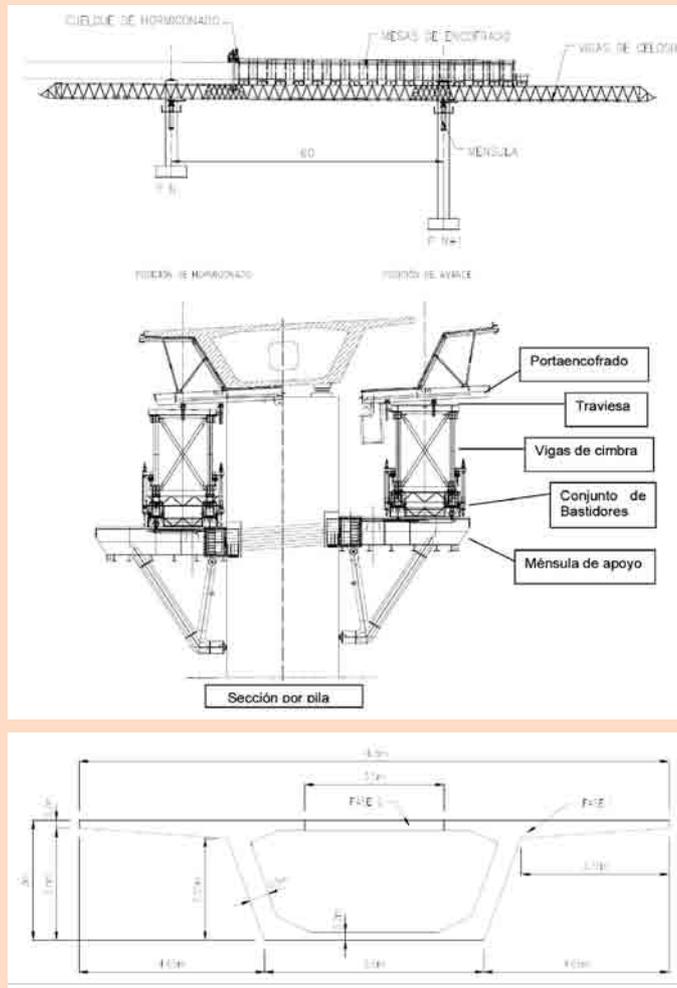
Su construcción se realizó mediante cimbra autoportante. A continuación se comentan las características más relevantes de este proceso constructivo:

La cimbra de avance A-60, diseñada por Mecanotubo, consta de dos paquetes de vigas formados por dos vigas de celosía que sirven de soporte de los elementos de portaencofrado y encofrado, y éstas, a su vez, se apoyan en dos ménsulas metálicas fijadas a la pila del puente.



### 1.1. Descripción del procedimiento de trabajo

Desde el punto de vista de su utilización, la cimbra de avance no es más que un sistema de vigas metálicas pensadas para cumplir, a grandes rasgos,



un doble objetivo:

Dar sustento al encofrado del puente durante los trabajos de hormigonado transmitiendo las cargas a los apoyos y permitir el movimiento del encofrado desde una fase terminada hasta la siguiente, avanzando todo el conjunto la misma longitud que el vano del puente.

La cimbra debe acometer el trabajo de forma cíclica con un período que puede durar de una a dos semanas, dependiendo de la complejidad de la sección del puente, longitud del vano por construir y sistema de ejecución empleado: básicamente, forma

de colocar la ferralla y fases de hormigonado.

Este ciclo de trabajo se puede dividir, a grandes rasgos, de la siguiente manera:

- Fase 1: Descimbrado y movimien-

tos de la cimbra hasta nueva posición de hormigonado. Comprobación topográfica de la nueva posición.

- Fase 2: Colocación de ferralla.  
- Fase 3: Hormigonado.  
- Fase 4: Tesado y curado.

Y el ciclo vuelve a comenzar.

Podríamos decir que las fases 2, 3 y 4 son independientes del diseño de la cimbra, siendo la fase 1 la que realmente define la "personalidad" del sistema. Por este motivo, la describiremos a continuación de forma resumida. Durante el hormigonado, la cimbra se encuentra apoyada en una pila por su parte delantera y colgada por detrás de la fase anteriormente ejecutada. Por lo tanto, el primer paso que se realiza en la fase 1 es soltar dicho cuello mediante mecanismos

hidráulicos que recogen la carga de peso propio, desde el apoyo en la pila trasera. A continuación se desciende hidráulicamente todo el sistema desde estos apoyos para reposar sobre los elementos deslizantes y poder comenzar el avance. La sección del puente queda ya liberada del encofrado.



La siguiente maniobra que se realiza consiste en abrir el encofrado. Efectivamente, dicho encofrado se puede partir en dos mitades en sección transversal, ya que está compuesto por módulos que tienen un sistema rápido de



Colección de imágenes donde se aprecia la ejecución del Viaducto del Llobregat mediante cimbra autoportante.



desenganche en su punto medio. De esta forma, hemos convertido el sistema de cimbra en dos vigas independientes que sustentan cada una la mitad del peso del encofrado. A continuación se procede a reparar las longitudes necesarias de estas vigas y las mesas de encofrado para poder avanzar librando las pilas del puente.

Para el avance de la cimbra después del hormigonado de una fase, se debe llevar siempre dos ménsulas por delante de la estructura. Este movimiento de las ménsulas de la pila que queda atrasada a la adelantada se realiza mediante grúa. Se disponen de 6 ménsulas, 2 situadas en cada pila.

Comienza el avance mediante un sistema hidráulico de empuje y de aparatos deslizantes. Mediante el sistema hidráulico de empuje se termina de completar el avance hasta situar la cimbra en la nueva posición de hormigonado.

A continuación se cierran los dos cajones de la cimbra y se conecta el encofrado por su punto medio, para dar la forma de la sección del puente. Sólo queda la comprobación topográfica de la sección y el encofra-

do está listo para la entrada de nuevo de la feralla.

En cuanto a la fase de colocación de ferralla cabe destacar, básicamente, la posibilidad de su montaje por fases o de una única vez, en función de la tipología de la sección del puente y del diseño del encofrado. De la misma manera, el hormigonado se suele realizar también por fases.

Para terminar el ciclo queda dar tiempo al curado del hormigón para proceder al tesado del puente.

## 1.2. Elementos integrantes del sistema según su función

### Elementos de encofrado:

Son todos aquellos cuya función es dar la forma a la sección del puente. Están integrados por:

- Paneles de encofrado: Elementos planos modulares que determinan la forma de la sección.

- Cerchas de encofrado: Elementos resistentes encargados de dar la rigidez a los paneles de encofrado y de transmitir las cargas de hormigonado.

- Portaencofrado: Sistema resistente que da soporte al encofrado. Es estándar y válido para todas las tipologías de secciones. Transmite las cargas

y permite el ripado transversal del encofrado.

### Elementos auxiliares resistentes:

Resto de componentes que permiten el funcionamiento de la cimbra

- Traviesas: Centran la carga de hormigón sobre las vigas principales de cimbra. Llevan integrados los sistemas de regulación que permiten dar las contraflechas y los peraltes del puente.

- Vigas principales de cimbra: Llevan las cargas de hormigonado a los apoyos y permiten los movimientos entre fases de hormigonado.

- Sistemas de bastidores sobre ménsulas: Conjunto de elementos que permiten: los movimientos de la cimbra, la transmisión de las cargas, las regulaciones y las nivelaciones previas al hormigonado y los movimientos de las ménsulas.

- Ménsulas: Transmiten las cargas de hormigonado a las pilas y permiten los movimientos entre fases de hormigonado.

- Sistema de cuelgue: Cuelgan la carga del tablero ejecutado en la fase anterior en hormigonado, para reducir la luz de cálculo de la cimbra. ■

## Universidades participantes:



El curso está dividido en dos periodos: uno de docencia y otro de prácticas.  
El primero tiene una duración de seis meses (dos trimestres) y el segundo de cinco meses.

El primer trimestre de docencia, de septiembre a diciembre, se imparte en la Universidad de Cantabria y el segundo trimestre de docencia se imparte en la universidad danesa de VIA University College, en la ciudad de Horsens. Dadas las características del programa, las clases, trabajos y exámenes son en inglés.

Las prácticas y el proyecto final de máster del segundo semestre pueden realizarse en cualquiera de las universidades y/o empresas patrocinadoras, dependiendo de la elección del alumno y la disponibilidad de las empresas.

Los módulos del curso 2010/2011 son los siguientes:

### A) Periodo de docencia (primer semestre, dos trimestres)

- Group Project
- Design and Sustainability
- Construction and Procurement
- Management Systems
- Research Methods

### B) Periodo de prácticas (segundo semestre)

- Practice
- Final Dissertation

*The European Construction  
Master Agency*



# MASTER EUROPEO en INGENIERIA de la CONSTRUCCION

Programa Oficial de Postgrado de la Universidad de Cantabria

## Entidades Colaboradoras:



THE EUROPEAN CONSTRUCTION MASTER AGENCY- UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Avda. de los Castros s/ n, 39005 Santander . Tel: +34 942 20 67 52  
e-mail: Msc.Santander@unican.es / web: www.msc-construction.com

### AUTOVÍA ORBITAL DE BARCELONA B-40

# Tramo: Viladecavalls - Terrassa

Tomás García Pomares, ICCP, y  
Director de las obras.

#### Descripción de las obras

Las obras objeto del presente proyecto de construcción comprenden un tramo de autovía que forma parte de la autovía Orbital de Barcelona (B-40).

El tramo se inicia en el término municipal de Viladecavalls poco después del cruce con la autopista C-16, al noreste del polígono industrial de Sant Miquel de Toudell.

La autovía proyectada se cruza con la carretera B-120, que queda interrumpida, proyectándose su reposición directamente desde la C-58, en la que se colocan dos glorietas: una para reponer la B-120 y dar acceso a la urbanización de Sant Miquel de Gonteres; y, otra, para dar acceso a Can Tríes industrial y a la urbanización residencial de Can Tríes.

Una vez que la autovía cruza bajo la carretera de Castellbell (C-58), el tramo, que discurre en trinchera por la vaguada de Can Tríes, entre el polígono industrial de Santa María de Toudell (Can Tríes industrial) y la urbanización residencial de Can Tríes, se cubre con una estructura. Esta estructura de cobertura consta de 7 losas horizontales, de 3570 m<sup>2</sup> cada una, que permitirán un uso de las mismas, accediendo desde los barrios de Can Tríes. El Torrent de Sant Miquel se encauza en esta zona de manera paralela al tronco.

El trazado entra en el término municipal de Terrassa, hacia la Maurina, después de cruzar bajo el ferrocarril en una profunda trinchera. La vía férrea se salva mediante un cajón empujado bajo el terraplén, de tal manera que no se interrumpa la circulación ferroviaria. Más adelante discurre por el lateral de un barranco con orientación sur-norte, ocupando el extremo oriental del pinar del Poblenu.

Situado el trazado en plans de Can'A-mat se establece un enlace con la carretera de Rellinars (B-122), de tipo diamante con glorieta de distribución en un nivel



Vista panorámica del tramo finalizado, de 4,882 km de longitud troncal.

inferior, con lo que, además de permitir todos los movimientos incluyendo los cambios de sentido, se da cumplimiento a la prescripción impuesta en la aprobación definitiva del estudio informativo de reducir la ocupación de suelo y tratar de minimizar las pendientes y los terraplenes del primer tramo del camino de Gonteres.

El tramo de autovía termina después del viaducto sobre la riera de Can Bogunyà, y, posteriormente, se une con el viario urbano mediante una glorieta y dos viales que discurren por la llanura del pla de Bonaire, al norte del consolidado urbano de

Terrassa, que cruzan la carretera a Matedepera y el curso de la riera de les Arenes (río Rubí), sobre el que se coloca una glorieta con dos estructuras, donde termina.

La longitud del tramo proyectado es de 4,882 km de nuevo trazado de autovía, a los que hay que añadir 1,391 km de viales unidireccionales urbanos que conectan la autovía con la zona urbana de Terrassa, además de las reposiciones de las carreteras B-120, C-58, B-122 y otros viales urbanos.

La permeabilidad transversal del tramo está garantizada mediante la construcción

de un viaducto de 125 m de longitud para el cruce sobre la vaguada de la riera de Can Bogunyà, un paso inferior de 20 m de luz para reponer un camino, además de mejorar esta permeabilidad; y otras ocho estructuras: un paso superior a la autovía en el enlace de Terrassa Oeste, con dos estructuras de 56 m en cada calzada, con dos vanos de 28 m cada una; un paso superior en la reposición de la



Vistas parciales del tramo que ha sido diseñado con un radio mínimo de 800 m y máximo de 2200 m.

ta de la mediana.

El radio mínimo es de 800 m y el máximo de 2200 m, la pendiente mínima del 0,5 % y la máxima del 4,81%. Dadas las

carretera C-58, otro paso superior en la reposición de la calle del Ferrocarril, un cajón empujado bajo la vía férrea, y tres pasos superiores y otro inferior para la reposición de caminos. Además, se proyecta la adecuación como pasos de fauna de algunas de las obras de drenaje transversal (ODT) previstas.

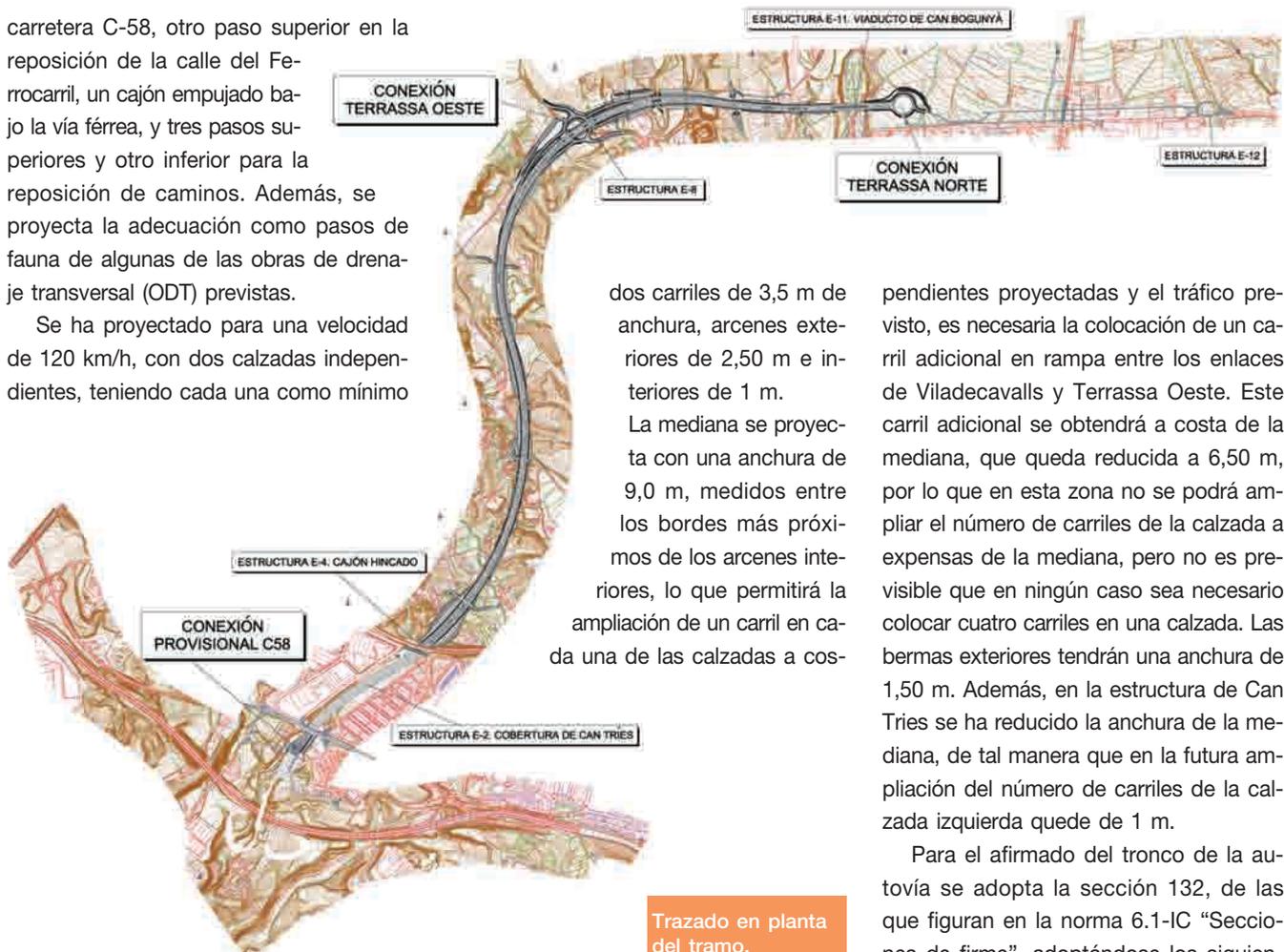
Se ha proyectado para una velocidad de 120 km/h, con dos calzadas independientes, teniendo cada una como mínimo

dos carriles de 3,5 m de anchura, arcones exteriores de 2,50 m e interiores de 1 m.

La mediana se proyecta con una anchura de 9,0 m, medidos entre los bordes más próximos de los arcones interiores, lo que permitirá la ampliación de un carril en cada una de las calzadas a cos-

pendientes proyectadas y el tráfico previsto, es necesaria la colocación de un carril adicional en rampa entre los enlaces de Viladecavalls y Terrassa Oeste. Este carril adicional se obtendrá a costa de la mediana, que queda reducida a 6,50 m, por lo que en esta zona no se podrá ampliar el número de carriles de la calzada a expensas de la mediana, pero no es previsible que en ningún caso sea necesario colocar cuatro carriles en una calzada. Las bermas exteriores tendrán una anchura de 1,50 m. Además, en la estructura de Can Tries se ha reducido la anchura de la mediana, de tal manera que en la futura ampliación del número de carriles de la calzada izquierda quede de 1 m.

Para el afirmado del tronco de la autovía se adopta la sección 132, de las que figuran en la norma 6.1-IC "Secciones de firme", adoptándose los siguien-



Trazado en planta del tramo.

tes espesores y tipos de capas: 3 cm de m.b.c. discontinua M-10 en capa de rodadura, 7 cm de m.b.c. D-20 en capa intermedia, 10 cm de m.b.c. G-25 en capa de base y 20 cm de suelocemento, colocadas sobre una explanada E3. Esta explanada se consigue sobre los suelos tolerables del terreno natural o los terraplenes, mediante la estabilización de una capa de 30 cm de espesor de suelo estabilizado-3, colocada sobre otra capa de 30 cm de suelo seleccionado 2 (con  $\text{CBR} \geq 10$ ).

Se colocan pasos de mediana a unos 200 m de los extremos de las obras de paso de longitud superior a 100 m, en este caso de los extremos de la estructura de Cobertura de Can Tries y del viaducto sobre la riera de Can Bogunyà, y a intervalos aproximados de 2 km. Estos pasos de mediana estarán cerrados de forma que no puedan abrirse por los usuarios, tienen una longitud libre de 40 m y se abocinan a ambos lados, en una longitud de 60 m.

Durante el transcurso de la ejecución del movimiento de tierras de las obras se realizó un seguimiento arqueológico y paleontológico de los mismos. Como consecuencia de ello y en la zona dels Plans de Can Bogunyà se detectó un yacimiento arqueológico muy importante de la época romana. Tras más de un año de trabajos arqueológicos se retiraron todos los restos importantes a un museo y se procedió a la eliminación del yacimiento.

### Estructuras más significativas

Las estructuras más significativas de las obras, por sus dimensiones y procedimientos constructivos, son el paso superior sobre la carretera C58, la cobertura de Can Tries, el cajón hincado bajo el FFCC, el paso inferior en el enlace de Terrassa Oeste, el viaducto de Can Bogunyà y el viaducto de la riera de Les Arenes. A continuación se describen dichas estructuras:

#### Paso superior sobre la carretera C58

**Estructura E1 (p.k. 0+248):** Paso superior carretera C-58. Su longitud es de 54,45 m (vanos de 18,15-18,15-18,15 m con un esviaje de 113,46 g para los 17,75 m) y su anchura total es de 20 m.



Finalización del tramo. Conexión Terrassa Norte.



Yacimiento arqueológico en la zona dels Plans de Can Bogunyà.

La estructura proyectada consiste en un puente de 3 vanos de 18,15-18,15-18,15 m, con una longitud total de 54,45 m. La sección transversal tiene una anchura total de 20,00 m, correspondiendo 17,00 m a plataforma de rodadura y 0,50 m para pretil a un lado y 2,50 de acera-barreras en lado contrario.

El tablero consisten en una losa aligerada hormigonada contra el terreno, cimentada sobre pilas pilotes en su apoyos centrales y sobre pantallas de pilotes en sus extremos. Los pilotes centrales son de 1,00 m de diámetro, mientras que los estribos están formados por pantallas de pilotes de 1,25 m de diámetro.

Esta estructura permite el paso de la carretera C58 sobre la autovía orbital. Esta es una carretera con una gran densidad de tráfico. Esta gran cantidad de vehículos que circulan por esta carretera y la imposibilidad de realizar grandes desvíos de tráfico, como consecuencia del

poco espacio disponible en la zona, condiciona el procedimiento constructivo de la estructura.

El procedimiento constructivo de la estructura fue:

- Pequeño desvío del tráfico para poder ejecutar media estructura.
- Se construye media estructura completa. Se realizan las cimentaciones mediante pilotaje y posteriormente el tablero aligerado hormigonado contra el terreno.
- Se desvía el tráfico sobre la mitad del tablero ejecutado.
- Se realiza la otra mitad de la estructura con el mismo procedimiento constructivo que la otra mitad anterior.
- Se reestablece el tráfico ya sobre la estructura definitiva, pero apoyando todavía sobre el terreno existente.
- Se excava bajo la estructura para permitir el paso de la autovía bajo ésta y entrando, desde ese momento, la estructura en carga.



Vista de la cobertura de Can Trías y paso superior de la carretera C-58.

## Cobertura de Can Trías

**Estructura E2 (p.k. 0+250-0+859):** Estructura de cobertura: tramo de 609 m de longitud y un gálibo de 34,50 x 5,30 m, a disponer en la actual Vaguada de Can Trías.

La estructura consiste en un tablero de hormigón armado aligerado, apoyado sobre una pantalla de pilotes anclada en su lateral derecho, y dos alineaciones de pilas-pilote en el eje y en el lateral izquierdo.

Los pilotes de la pantalla derecha tendrán anclajes situados entre pilotes y cada 1,55 m, realizados con tendones de 10 u 11 cordones de 0,6" de acero Y1860s7, tensados al 45% ó 60%, respectivamente del límite elástico, inclinados 15° (el tendón de 10 cordones) ó 30° (el tendón de 11 cordones), según el perfil del terreno. La losa de H.A será ejecutada "in situ" sobre el terreno, con un espesor de 1,15 m de canto, y estará fuertemente aligerada mediante aligeramientos cilíndricos de 0,85 m de diámetro. Esta losa tiene dos vanos y está empotrada en el extremo derecho de la pantalla de pilotes, de 1250 mm de diámetro (separados 1,55 m entre centros de pilotes), realizados, como se ha comentado con anterioridad, desde arriba previamente. En el centro, la losa está empotrada en pilas-pilote de 1 m de diámetro (separadas a 5 m), pilas-pilote que están situadas en la mediana y realizadas también desde arriba. En el lado iz-



Vista de la cobertura de Can Trías y cajón hincado bajo Renfe.

quierdo, la losa está empotrada a pilas-pilote de 1 m de diámetro, igualmente separadas 5 m.

El procedimiento constructivo consiste en, tras perfilar el terreno y haber ejecutado los pilotes desde arriba, verter una capa de hormigón de limpieza sobre la que se dispondrá un encofrado (fenólico o de papel Krup), para realizar la losa in "in situ" de hormigón armado. Una vez hormigonada la losa, se procederá a realizar la excavación –sólo la estrictamente necesaria– en dos fases: una primera dejando una banqueta hasta la cota donde deben realizarse los anclajes al terreno, y una segunda fase hasta la caja del firme de la autovía.

Esta estructura de cobertura se trata, desde el punto de vista de la seguridad vial y de emergencias, como un túnel. Por

ello, se disponen 3 salidas de emergencia en la zona de la pantalla de pilotes y se le incorporan a la estructura una serie de instalaciones para controlar y asegurar la seguridad en el interior de la estructura. Las instalaciones incorporadas se resumen en:

- Iluminación interior e iluminación de emergencia con sistema de SAI.
- Postes SOS en las salidas de emergencia con iluminación continuada y detectores de presencia y de puerta abierta y ventilación.
- Cable Listec, de detección de incendios.
- Semaforización exterior, barreras de

seguridad y cámaras de vigilancia en las bocas.

- Aforadores de tráfico.
- Caseta de centralización de instalaciones.
- Cámaras en el interior de la estructura de grabación continua.
- Aceras y caces de drenaje.
- Otras.

## Cajón hincado bajo FF.CC.

**Estructura E4 (p.k. 0+869-0+890).** Estructura del ferrocarril. Cajón empujado: Su longitud es de 21 m y su gálibo es de 17,75 x 5,30 m por sentido de circulación, con pilas intermedias de 1,0 m de diámetro, realizándose mediante el sistema de cajón empujado.

Con el fin de posibilitar el cruce de vías con la seguridad e independencia que se requiere, se proyectó un paso in-

## Accesos a Grandes Ciudades

ferior del ferrocarril que cruza a desnivel las dos vías existentes, comunicando ambos márgenes de la línea férrea. Se propuso esta solución por suponer un menor impacto visual y una mejor integración en el entorno.

En concreto, se trató de definir y calcular la obra de fábrica, consistente en una estructura de tipo marco bicelular, una longitud de 15,91 m (12,80 m en normal) en la losa superior, posición final; un esviaje respecto a las vías de 53,586°; un ancho libre para cada vano, de 17,725 m en normal; una altura libre de 9,66 m; un espesor de dintel de 1,40 m, con cartelas exteriores de 3,00 x 0,50 m e interiores de 1,50 x 0,50 m; un espesor de losa inferior de 1,60 m; pilas centrales de 1,00 m de diámetro, separadas cada 3,18 m entre ejes; y 1,60 m de espesor de alzados laterales.

El número de vías que se cruzan es de dos, con ancho ibérico (1,668 m) y una distancia entre eje de 3,808 m, siendo la velocidad máxima de paso por ellas de 220 km/h.

La estructura así definida se ejecutó en las proximidades de la posición definitiva, con todos los elementos auxiliares necesarios y lista para desplazar.

La estructura se compone de un marco bicelular con 17,725 m de luz libre en normal para cada vano acartelado; 9,66 m de altura libre; 15,91 m (12,80 en normal) de longitud, que forma un ángulo de 53,586° con la línea férrea; y tiene 1,40 m de espesor en dintel con cartelas exteriores de 3,00 x 0,50 m e interiores de 1,50 x 0,50 m; diámetro de las pilas centrales de 1,00 m, separadas cada 3,18 m entre ejes; 1,60 m de espesor en losa inferior, y espesores en alzados laterales de 1,60 m.

### Paso inferior enlace glorietas Terrassa Oeste

**Estructura E8 (p.k. 3+450).** Estructuras (4) del enlace Terrassa Oeste: a cada lado de la glorieta se colocan dos estructuras de 2 x 28 = 56 m de longitud total, que salvan la calzada anular de la glorieta, y tienen una anchura de 11,5 m en cada calzada.

La estructura proyectada consiste en un puente cuádruple de vano doble de 28-28 m = 56 m de longitud total.

Cada tablero está formado por losa pre-



Interior de la cobertura de Can Trías.



Construcción del cajón hincado.



Empuje del cajón hincado.

tensada aligerada, de canto variable entre 1,10 y 1,60 m.

La sección transversal tiene una anchura de 11,50 m, distribuidos en 2 x 0,50 de barrera, más arcenes de 1,00 y 2,50 m, y 2 carriles de 3,50 m cada uno.

Se dispone un único fuste en forma de "Y" con sección en arranque rectangular de 1,50 x 1,00 m en pila y estribos cerra-

dos con cimentación directa en ambos casos.

### Viaducto de Can Bogunyà

**Estructura E11 (p.k. 4+625-4+751).** **Viaducto en Can Bogunyà:** Sirve para salvar la riera de Can Bogunyà. Su longitud total es de 126 m (vanos de 42-42-42 m) y su anchura total es de 13,5 m en cada sentido de circulación.



Cajón hincado finalizado.



Enlace de Terrassa Oeste.



Vista del enlace de Terrassa Oeste desde otra perspectiva.

El viaducto es una estructura doble que sirve para salvar la riera de Can Bogunyà. Por tratarse de una obra de paso de longitud superior a 100 m y estar prevista la ampliación de las calzadas de la autovía a tres carriles, se proyectan estructuras capaces de albergar la sección tipo una

vez ampliada, con un ancho de 13,5 m. Antes de la ampliación se dispone dentro de la plataforma útil de 12,5 m, una sección de: arcén 1,0 m + 2 carriles de 3,5 m + arcén 2,5 m = 10,5 m. La distribución de luces se ha determinado en función de dos condicionantes: por un lado, el vano

central debe salvar la línea de máxima avenida de la A.C.A (lo que se consigue con una luz de unos 42 m); y, por otro lado, deben obtenerse en los extremos alturas razonables de estribos. Todo ello ha llevado a plantear una longitud total de estructura de 126 m, con 3 vanos de 42 m. La sección transversal tiene una anchura de 13,50 m, distribuidos en 2 x 0,50 m de pretilas, más 2 x 1,00 m de arcenes, y 3 carriles de 3,50 m cada uno.

Las pilas son de sección cajón aligerado con macizado en coronación de apoyo de los vanos. En los extremos se disponen estribos cerrados.

Se plantea una solución semi-prefabricada para el tablero, consistente en vigas de hormigón postensado (pretensado con armaduras postesas, con posterior inyección de vainas) prefabricadas en obra cuyo esquema estructural es inicialmente isostático. En una segunda fase, las vigas se conectan entre sí, mediante barras de pretensado que comprimen fuertemente sus diafragmas extremos, permitiendo la transmisión de momentos flectores y transformando un conjunto de vigas isostáticas en una viga con continuidad estructural. Además, sobre las vigas y monólicamente unida a ellas, se dispone una losa de hormigón armado continua en todo el puente. El esquema estructural del puente consiste, por lo tanto, en un tablero en viga continua de sección cajón unicelular, que se apoya, ejecutando una viga riostra, en sendos estribos (E-1 y E2) y en dos pilas verticales (P-1 y P-2). La posición de las pilas hace que el puente pueda considerarse simétrico en sentido longitudinal respecto el punto medio del vano central. El tablero está constituido por vigas prefabricadas en obra de sección cajón, de 2,00 m de canto, de hormigón pretensado con armaduras postesas adherentes, sobre las que se dispone una losa de hormigón armado ejecutada *in situ* y conectada a las vigas. El espesor de losa entre almas es constante de 40 cm, reduciéndose linealmente desde de almas hasta extremos de los voladizos a 20 cm.

La solución planteada se ejecuta plenamente en obra.

El *procedimiento de montaje y ejecución del viaducto* sería el siguiente:

a) *Ejecución de las vigas en el suelo:* Inicialmente, se debe de acondicionar la

## Accesos a Grandes Ciudades

zona de trabajo para poder ejecutar las vigas. La superficie debe tener las dimensiones necesarias, así como una superficie de trabajo lisa y adecuada. Sobre ésta se ejecutarán unas riostras de nivelación sobre las que se apoyará el encofrado de las vigas. Sobre estas riostras se fabrican las vigas, se postesan y se desencofran. Posteriormente se le unen los jabalcones en las almas, para poder encofrar las alas, y se prepara el conjunto para ser izado.

b) *Montaje de vigas.* Se montan en primer lugar las vigas 1, 2 y 3. Las acciones a las que dan lugar el montaje de las vigas son las derivadas de su propio peso, considerando una densidad para el hormigón de  $2,65 \text{ t/m}^3$ , donde se incluye el



Viga prefabricada en obra.

peso de los encofrados de losa, y el área correspondiente de la sección.

c) *Ejecución de los empalmes.* Se procede a realizar los empalmes de unión mediante barras entre las vigas que forman la estructura.

d) *Hormigonado de la losa en fase 1ª sobre pilas.* Se procede al hormigonado de la losa en fase 1. En 10,00 m a cada lado de las pilas 1 y 2 (10+10). El peso propio introducido será el que se obtiene de considerar la sección de la losa con una densidad de  $2,5 \text{ t/m}^3$ .

e) *Hormigonado de losa en fase 1b.* Se hormigona el resto de la losa en fase 1, en las zonas del tablero en la que esta aún no existía.

f) *Hormigonado de la losa en fase 2.* Se hormigonan los vuelos de la losa en todo



Construcción de las vigas del viaducto de Can Bogunyà.



Detalle de los anclajes de las vigas.



Montaje de las vigas del viaducto de Can Bogunyà.

el tablero. Dado el carácter evolutivo de la solución propuesta, el análisis realizado de la estructura incluye un estudio relativo a las redistribuciones de esfuerzos que tienen lugar a lo largo del tiempo, propia de puentes prefabricados con continuidad estructural. Estas redistribuciones son debi-

das a los fenómenos de retracción y fluencia del hormigón y a la relajación del acero de pretensado, actuando sobre un tipo de estructura construida de forma marcadamente evolutiva, tanto en el esquema longitudinal, como en el sistema de vinculaciones y apoyos y en sección transversal.

A ello se une la existencia de materiales con comportamiento reológico distinto, como: hormigones de diferentes edades, unos prefabricados en obra y otros contruidos *in situ*; la existencia de armaduras pasivas y de pretensado, y otros fenómenos de carácter no lineal que tienen lugar en el hormigón.

## Viaducto de la Riera de les Arenes

**Estructura E12. Viaducto de la conexión final en Les Arenes:** Sirve para salvar la riera de Les Arenes. Su longitud total es de 64 m (vanos de 19-26-19 m) y su anchura total es de 12,5 m, en cada sentido de circulación.

La estructura proyectada consiste en



Viaducto de Can Bogunyà finalizado.



U  
m  
i  
n  
á  
m  
i  
d  
i  
s  
p  
o  
r  
t  
a  
n  
t  
e  
s

**Longitud del tramo:**

4,482 km

**Longitud enlaces**

(Viladecavalls, Terrassa

Oeste y Centro):

5,418 km

**Velocidad:** 120 km/h

**Calzadas:** 2 x 7,00 m.

**Arcenes:**

1,00 m int. y 2,50 m ext.

**Radio mínimo en planta:** 800 m.

**Rampa máxima:** 4,81%.

**Pendiente mínima:** 1,20%.

**Estructuras**

**Cobertura de Can Tries:** 609 m de longitud y 42 m de anchura.

**Cajón hincado bajo línea C4 Renfe:** 40 m de anchura y 12 000 t de peso.

**Viaducto Can Bogunyà:** Doble tablero semiprefabricado de 3 vanos de 42 m de luz.

**Viaducto sobre la riera de Les Arenes:** Doble tablero curvo de 3 vanos.

**Paso inferior en el enlace de Terrassa Oeste:** Tablero cuádruple de dos vanos de 28 m con canto variable, aligerado y postesado.

**Paso inferior en la C-58:** 1

**Pasos superiores:** 4

**Pasos inferiores:** 2

**Terraplén:** 992 388 m<sup>3</sup>

**Desmonte:** 1 533 678 m<sup>3</sup>

**Hormigón:** 64 857 m<sup>3</sup>

**Acero pasivo:** 8 451 763 kg

**Acero activo:** 192 642 kg

**Longitud total de pilotes:** 14 233 m

**Mezclas bituminosas:** 101 762 t

un viaducto doble, de 3 vanos de 19-26-19 m de luz cada uno, con un trazado en curva, resultando una longitud total de 64 m. Cada tablero está formado por losa pretensada maciza de canto variable con fondo y rasante parabólicas, para conseguir una estructura lo más baja posible en sus extremos, manteniendo siempre los gálibos mínimos exigidos por el ACA sobre la avenida de cálculo

La sección transversal tiene una anchura de 12,50 m, distribuidos en 2 x 0,50 m de barrera más 2,00 m de acera, 1,00 m de arcén exterior, 0,50 m de arcén interior, y 2 carriles de 4,00 m cada uno.

Se diseñan pilas para el apoyo de los vanos en las que prima el aspecto estético y económico, con cimentación directa. En los extremos se disponen estribos cerrados, con cimentación directa en un extremo y cargaderos pilotados en el otro extremo. ■

F  
i  
c  
h  
a  
T  
é  
c  
n  
i  
c  
a

**Nombre de la Obra:**

Autovía Orbital de Barcelona.  
Tramo: Viladecavalls-Terrassa

**Promotor:**

Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT).

**Empresa autora**

**del proyecto:**

Inypsa.

**Dirección de Obra:**

D. Aurelio San Pedro Wandelmer  
ICCP, y  
D. Tomás García Pomares, ICCP.

**Empresa constructora:**

Copcisa, S.A.

**Jefe de obra:**

D. Jorge Suárez, ICCP.

**Empresa consultora y**

**control de calidad:**

Iberinsa.

Jornada técnica sobre

# México, su Plan de Infraestructuras y el Congreso Mundial de Carreteras 2011



Mesa que inauguró la jornada. De izquierda a derecha, D. Francisco J. Criado, D. Óscar de Buen, Dña. Inmaculada Rodríguez-Piñero y D. Aureliano López.

**E**l 24 de mayo de 2010 y en el Colegio de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, sala Agustín de Betancourt, tuvo lugar esta jornada organizada por la Asociación Técnica de Carreteras, en colaboración con el citado colegio.

Comenzó el turno de intervenciones **Dña. Inmaculada Rodríguez-Piñero**, *Secretaria General de Infraestructuras de Transporte Terrestre*, quien comenzó agradeciendo a la ATC y al Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos su amable invitación para participar en esta Jornada y afirmando que España va a contribuir a que este Congreso Mundial de Carreteras sea un éxito, colaboración que expondría posteriormente el Director General de Carreteras y a cuyo equipo quiso también darles también las gracias.

Para el Gobierno de España, es fundamental contar con una asociación como la Asociación Mundial de la Carretera, foro independiente que sirve como

marco para compartir avances y experiencias en las infraestructuras viarias y para impulsar la difusión de estas experiencias hacia países con menor nivel de desarrollo, en un marco de cooperación internacional.

Una asociación internacional que ha sido capaz de reunir a las Administraciones de carreteras de 118 gobiernos, que está implantada en más de 140 países, y que cumplió un siglo el año pasado.

Tras subrayar que pocas asociaciones internacionales habrán sido capaces de alcanzar tan largo período de vida y aglutinar a tantos países, realizando una labor tan intensa, destacó que España ha formado parte de ella desde su constitución, con una voluntad firme de contribuir a su desarrollo. Su participación está liderada por el Primer Delegado y se realiza mediante los profesionales que forman parte de los Comités Técnicos de los que destacó la extraordinaria labor que realizan e integrados

por representantes de las universidades, de las empresas del sector y de todos los ámbitos de la Administración, y que hacen aportaciones muy notables a los trabajos de la Asociación Mundial.

Y todo ello con el apoyo de la Asociación Técnica de Carreteras, el Comité Español de la Asociación Mundial. Por ello, aprovechó la ocasión también, para, en nombre del Ministro y del suyo propio, expresar su más sincero agradecimiento por su labor y dedicación, absolutamente desinteresada.

Tras destacar que los congresos mundiales constituyen una magnífica oportunidad para reflexionar e intercambiar opiniones sobre los grandes retos que debemos afrontar en el ámbito del desarrollo y la conservación de las infraestructuras viarias, afirmó que por eso es tan importante la labor de la Asociación, y siempre vale la pena el gran esfuerzo que supone organizar un evento de este tipo.

Más adelante y en relación a su asis-

tencia al Congreso de Vialidad Invernal, que se celebró en Québec, afirmó que allí tuvo la ocasión de comprobar que todos los países nos enfrentamos a dificultades similares, y aunque cada uno ha de afrontarla atendiendo a sus propias peculiaridades, lo cierto es que siempre es posible aprender de lo que hacen los demás, y de cómo lo hacen, porque siempre hay margen para mejorar en todos los ámbitos.

Para Dña. Inmaculada, el Congreso de Vialidad Invernal fue un magnífico precedente del vigésimo cuarto Congreso Mundial de Carreteras que se celebrará en Méjico, en septiembre de 2011, bajo el título de “Caminos para vivir mejor. Movilidad, Sustentabilidad y Desarrollo”, destacando lo acertado su elección y afirmando que, a su juicio, el transporte por carretera se enfrenta en la actualidad a un gran desafío: contribuir a favorecer la movilidad sostenible, en un contexto en el que el cambio climático y la crisis económica son, probablemente, dos de los problemas más acuciantes para la Humanidad. La crisis económica está haciendo replantearse al Ministerio muchas cosas, a nivel nacional e internacional, y, lógicamente, en el ámbito de las infraestructuras, también. Por ello, –continuó– es fundamental saber responder con eficiencia a tres cuestiones básicas: qué hacemos, cómo lo hacemos y cómo lo pagamos.

El Ministerio está haciendo un riguroso análisis para adaptarse a la nueva situación, tal y como explicó el Ministro en su reciente comparecencia en el Congreso de los Diputados, destacando que la crisis es una oportunidad, y que encararla adecuadamente redundará en beneficio de toda la sociedad. Por ello, el Ministerio priorizará mejor y hará las infraestructuras necesarias con la misma funcionalidad y seguridad, pero con un coste menor. Éste, subrayó, es el objetivo del Ministerio y de todas las empresas que lo integran; y, con el liderazgo del Ministro y la implicación de todos, se va a conseguir.

En cuanto al desafío del cambio climático, afirmó que se ha de afrontar en un mundo en el que subsisten enormes diferencias en cuanto al nivel de desarrollo de las infraestructuras y claro es-

tá, la forma de afrontarlo no puede ser la misma en todos los países. Por eso, es importante que quienes llevan la delantera en cuanto a la búsqueda de fórmulas que permitan mejorar la movilidad, desde el absoluto respeto al medio ambiente, sean capaces de compartir

a estándares internacionales, y la reducción en un 50% del índice de accidentalidad. Y todo ello suponía un enorme esfuerzo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México para alcanzar estos objetivos, felicitándoles por ello y con cuyos objeti-



Vista general de la sala.

sus avances y experiencias con quienes disponen de medios más limitados para avanzar por ese camino. Y el próximo Congreso Mundial será una magnífica oportunidad para todo ello. Además, el hecho de que el Congreso se celebre en Méjico permitirá que todos los participantes en él puedan constatar el enorme esfuerzo que está haciendo este país para desarrollar y modernizar sus infraestructuras.

Por eso, su Programa Nacional de Infraestructuras plantea un ambicioso esfuerzo para elevar la cobertura, la calidad y la competitividad de sus infraestructuras, con el fin de incrementar el acceso de la población a las mismas y convertir a Méjico en una de las principales plataformas logísticas del mundo.

En el ámbito concreto de las carreteras, los retos que México se ha planteado, según la información de que disponía, eran: la construcción o modernización de más de 17 000 km de carreteras y caminos rurales, el incremento de hasta el 90% del porcentaje de la red federal de carreteras para que opere en buenas condiciones, conforme

vos no podía estar más de acuerdo y en los que España puede aportar su experiencia, tanto en la modernización de la red de autovías de primera generación, como en la construcción de nuevas autovías; y, desde luego, en las políticas aplicadas con éxito para reducir la siniestralidad en las carreteras.

Antes de ceder la palabra al señor Subsecretario, también quiso aprovechar esta oportunidad para destacar la importante contribución de las empresas españolas a ese esfuerzo, y es que, durante los últimos años, las empresas españolas del sector de la construcción han avanzado mucho en su proceso de internacionalización. Y México ha sido uno de sus destinos preferentes en América Latina.

Como todos sabían, 7 de las 10 mayores concesionarias de infraestructuras de transporte a nivel mundial son españolas y, algunas de esas concesiones, se encuentran en México.

Por lo antedicho, la Sra. Rodríguez-Piñero afirmó “espero que sigan ustedes contando con nuestras empresas constructoras y consultoras de ingeniería para continuar desarrollando su red



En la foto, D. Óscar de Buen, Subsecretario de Comunicaciones y Transportes de México, que dio a conocer el Plan de infraestructuras de su país.

de infraestructuras de transporte”, porque si hoy son empresas punteras a nivel mundial es porque han trabajado mucho y bien, porque se han arriesgado y han innovado, creando tecnología y desarrollando proyectos con gran valor añadido. Son empresas que nacieron y evolucionaron realizando obra pública en España, como paso previo a su internacionalización, y precisamente, la internacionalización de nuestras empresas constructoras y consultoras es, sin duda, uno de los objetivos prioritarios del Ministerio.

Gracias a ese esfuerzo compartido entre Administración y empresas, España dispone ya de uno de los mejores sistemas de transporte de toda Europa, y, a día de hoy, somos el país europeo con mayor longitud de red de autovías y autopistas; y, a finales de este año, nos convertiremos en el país del mundo con mayor longitud de red de alta velocidad en servicio.

Finalizó su intervención animando a todos los profesionales que forman parte de la Administración, de las empresas y de la Universidad a continuar por

el camino de la colaboración y cooperación internacional en unos momentos difíciles, pero por los que debemos avanzar y compartir la experiencia con el resto de profesionales del sector de las infraestructuras viarias en el próximo Congreso Mundial de Carreteras.

En él, España tiene mucho que mostrar, especialmente el importante desarrollo que en materia de infraestructuras viarias se ha producido en este país durante los últimos seis años, y tampoco quiso finalizar sin desearles éxito en la organización del vigésimo cuarto Congreso Mundial de Carreteras, en el que espera estar presente para compartirlo con todos.

A continuación, **D. Óscar de Buen**, Subsecretario de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México, presentó el **“Programa de trabajo en infraestructura vial de México para 2010”**. En 2010, la SCT tiene en marcha un importante esfuerzo para optimizar el presupuesto y adelantarlos, teniendo en la fecha de esta presentación un monto comprometido que asciende a 2108,6 millones de euros y continua-

rá con el desarrollo de proyectos de carreteras mediante asociaciones público-privadas. De hecho, en 2010 tiene 48 proyectos en marcha que supondrá una inversión de más de 6000 millones de euros. Además, la Secretaría avanzará en la instrumentación de diversos proyectos para impulsar la modernización integral de la red básica de carreteras en beneficio del usuario, por lo que 2010 puede ser un año clave para todos estos objetivos, invitando a inversionistas y especialistas en materia vial a seguir participando activamente en el desarrollo de proyectos de infraestructura mexicana.

Para llegar a estas conclusiones, D. Óscar de Buen comenzó con unos datos genéricos sobre su país, que dispone de un parque de vehículos de más de 25 millones y 366 000 km de carreteras, pero que tiene una baja competitividad en infraestructuras con respecto a otros países, una cobertura vial insuficiente (0,18 km de carreteras por km<sup>2</sup>) y una alta dependencia del transporte por carretera, con un 67% de transporte doméstico de mercancías y un 99% de personas.

Sobre el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012, su Gobierno tiene programadas las inversiones que se reflejan en el *cuadro A* y del que se deduce que esta inversión representa casi el 20% del total a invertir en infraestructura durante 2007-2012. De ella, alrededor de la mitad del total provendrá de fuentes privadas.

A pesar de las difíciles condiciones de la economía mundial, el Gobierno de México está decidido a seguir invirtiendo en infraestructura.

Las estrategias del programa se centran en:

- Poner en servicio 100 proyectos de carreteras completas, incluidos 20 libramientos y accesos; 20 carreteras nuevas, 42 carreteras ampliadas y modernizadas, 15 carreteras interestatales y 3 puentes fronterizos.

- Conservar de manera eficiente, moderna e integral la red vial nacional para mejorar la calidad del servicio y la seguridad, y reducir los costes de gestión para los usuarios.

- Ampliar la extensión de la red de

| Sector        | Inversión (Mm de euros) | Públicos     | Recursos Privados |
|---------------|-------------------------|--------------|-------------------|
| Carreteras    | 15,42                   | 8,57         | 6,90              |
| Ferrocarriles | 2,64                    | 1,45         | 1,18              |
| Puertos       | 3,82                    | 0,86         | 2,96              |
| Aeropuertos   | 3,18                    | 1,72         | 1,45              |
| <b>Total</b>  | <b>25,06</b>            | <b>12,60</b> | <b>12,19</b>      |

Cuadro A.

caminos rurales y carreteras alimentadoras y asegurar su mantenimiento.

- Fortalecer la capacidad institucional de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y modernizar el planeamiento, ejecución, mantenimiento y gestión de las carreteras a través de la implementación de diversos proyectos.

Tras explicar el incremento real de inversión producido entre 2007 y 2010, informó que el programa de trabajo de la Subsecretaría de Infraestructuras se centrará en 3 ejes: Presupuesto de Ingresos de la Federación, Asociaciones público - privadas y modernización de la red.

En cuanto al primero de los ejes mencionados, destacó que, por cuarto año consecutivo, en 2010 el presupuesto carretero de 3336 millones de euros representa un máximo histórico y un 8,7% más que en 2009. En concreto, y entre otras inversiones, se destinan 1556,7 millones de euros para construir o modernizar 995,1 km en 215 obras; 625,1 millones de euros para la conservación rutinaria de toda la red federal (43 724,2 km y 7231 puentes); la reconstrucción de 173 km; y 55,5 millones para 4 proyectos de colaboración público-privada (Irapuato-La Piedad, Querétaro-Irapuato, Nueva Italia-Apatzingan y Tapachula-Talismán).

Adicionalmente, la Secretaría tiene en marcha acciones para modernizar la red de carreteras e incrementar la calidad en el servicio y los niveles de seguridad al usuario como:

- Diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica para la gestión de la red carretera.

- Levantamiento integrado de información estadística, inventario y estado físico de las carreteras.

- Instrumentación del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (IRAP).

- Contratación plurianual de la conservación de carreteras.

- Creación de un centro de monitorización de seguridad en puentes a nivel nacional.

- Renovación y modernización de la señalización vertical y horizontal.

- Diseño e instrumentación de sistemas inteligentes de transporte, centros de control de tráfico e información al



D. Rodolfo Félix, Coordinador general del Congreso mundial de México.

usuario y modernización del telepeaje.

En cuanto a la colaboración público-privada, informó que, entre 2007 y 2009, se concluyeron más de 770 km de nuevas carreteras que supuso una inversión de más de 1142,2 millones de euros. Tras explicar algunas de las vías financiadas de esta forma, concluyó que, en resumen, los alcances del programa de asociaciones público-privadas para el año 2010 supone la finalización de 10 obras en marcha (263,6 km), la continuación de 11 obras en proceso (765 km), el inicio de 17 proyectos (1074,9 km), la licitación de 8 proyectos, 7 nuevas licitaciones de concesiones, y una más que probable nueva licitación, con lo que suman 54 actuaciones sobre 3086,7 km, con una inversión de 7173,6 millones de euros.

Además, y siendo patente la necesidad de modernizar su red de carreteras, la Secretaría plantea en estos momentos un "Programa Integral para la modernización de la Red Federal de Carreteras" que busca mejorar la gestión de la red federal con objeto de aumentar la seguridad y la calidad de servicio ofrecida a los usuarios, incrementar la eficiencia de los medios aplicados a la gestión de las carreteras y acrecentar el valor agregado de la red a los procesos económicos y sociales que utilizan las carreteras y el transporte carretero. Esto supone un paquete de servicios/medios de gestión que incluye la conservación integral de los diversos tramos, atención de puntos negros y elevación

de los niveles de seguridad vial, suministro de información en tiempo real, así como la gestión de incidencias y atención operativa mediante la instalación de centros de control de tráfico. Además, la atención y seguimiento de las estructuras de la red, con énfasis en los puentes especiales, y el refuerzo de la señalización y sistematización de la información proporcionada al usuario a través de mapas e internet.

El Programa se aplicará a 31 196 km de la red básica. Los tramos de la red secundaria se seguirán atendiendo como hasta la fecha y, eventualmente, podrán ser entregados a los Gobiernos Estatales como parte de un programa de descentralización.

Adicionalmente, la SCT mantendrá el nivel de servicio actual en las carreteras federales no pertenecientes a la red básica (alrededor de 18 000 km).

Tras exponer algunos proyectos e inversiones en otros modos de transporte, presentó la participación de empresas españolas en proyectos carreteros federales de gran importancia, como OHL que concluyó la construcción de la autopista Amozoc-Perote y que actualmente está operativa (105 km), Isolux-Corsán que finalizó la construcción de la autopista Monterrey-Saltillo y avanza en la ejecución de las obras del Libramiento de Saltillo y de la autopista Perote-Xalapa-Libramiento de Xalapa (152 km en total), Aldesa que construyó la autopista Arriaga-Ocozacoautla (92 km) y forma parte de un consorcio construc-

tor de la autopista Durango-Mazatlán (238 km), el Grupo Azvi que trabaja en la modernización de la carretera Tapa-chula-Ciudad Hidalgo, en Chiapas (38 km); y FCC que participa en la construcción de las autopistas Durango-Mazatlán y México-Tuxpan (85 km).

Así mismo, empresas como Globalvía, Iridium, Abertis, etc., han participado en licitaciones de concesiones.

En materia de **consultoría**, las empresas españolas están participando en proyectos del programa carretero, como IDOM que desarrolló el estudio para crear el Organismo Nacional de Seguridad Vial y está participando en un consorcio para el desarrollo del Plan Estratégico de Sistemas Inteligentes de Transporte, INECO que está trabajando con Banobras en la planificación de proyectos de señalización en los principales corredores de la red FONADIN, SERNERMEX que trabaja en un estudio prospectivo para el planeamiento del telepeaje en el país. Además, otras empresas consultoras (Rauros, Tyspa, ALG, Getinsa, Vorsevi, Indra, etc.) han participado en otros sectores y están explorando opciones de participación en estudios para la modernización de la red de carreteras.

A continuación, intervino **D. Rodolfo Félix**, *Coordinador General del Congreso Mundial de la Carretera*, quien comenzó su exposición con una invitación general para compartir conocimientos y experiencias en un foro en el que se darán cita más de 4000 especialistas en carreteras y transporte por carretera, más de 500 expositores relacionados con el sector y más de 50 ministros de diferentes países, todos ellos representantes de más de 100 países del mundo.

El tema general del congreso “Camino para vivir mejor” supone unos objetivos intrínsecos al mismo como es el de dar un enfoque más humano a la necesidad de movilidad de personas y bienes, preservando el medio ambiente y mitigando el cambio climático, así como el desarrollo económico y social para mejorar la calidad de vida.

Por ello, continuó, es el momento adecuado para que todos compartamos análisis y experiencias para lograr un mundo mejor.

## PROGRAMA PRELIMINAR

### Lunes 26

9:30 - 12:00  
12:00 -14:00  
14:00 - 17:30  
17:30 - 21:00

CEREMONIA DE APERTURA  
ALMUERZO  
SESIÓN DE MINISTROS  
INAUGURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

### Martes 27

8:30 - 12:00  
12:10 - 13:00  
13:00 - 14:30  
14:30 - 18:00

5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS  
SESIONES MAGISTRALES  
ALMUERZO  
5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS

### Miércoles 28

8:30 - 12:00  
12:10 - 13:00  
13:00 - 14:30  
14:30 - 18:00

5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS  
SESIONES MAGISTRALES  
ALMUERZO  
5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS

### Jueves 29

8:30 - 12:00  
12:10 - 13:00  
13:00 - 14:30  
14:30 - 18:00  
20:00 - 23:00

5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS  
SESIONES MAGISTRALES  
ALMUERZO  
5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS  
CENA DE GALA

### Viernes 30

8:30 - 12:00  
12:00 -13:30  
13:30 - 15:00

5 SESIONES TÉCNICAS PARALELAS  
ALMUERZO  
CEREMONIA DE CLAUSURA

V  
I  
S  
I  
T  
A  
S  
  
T  
É  
C  
N  
I  
C  
A  
S

Entre los eventos del congreso, que dispondrá de traducción simultánea a español, inglés y francés, destacó la celebración de las ceremonias de apertura y clausura, la sesión de ministros, así como su programa técnico que se desarrollará a través de 4 sesiones de orientación estratégica, 18 sesiones de comités técnicos, 13 sesiones especiales con organismos internacionales, 3 sesiones magistrales con oradores de relevancia, así como las visitas técnicas y las sesiones de pósters. Además, la organización del congreso ha dispuesto un programa social que se compone de un programa de acompañantes, un *cocktail* de bienvenida y una cena de gala.

Tras ello presentó el programa preliminar, que reproducimos en el *cuadro superior*, deteniéndose posteriormente en la sesión de ministros.

#### Sesión de Ministros

Bajo el lema “Movilidad sostenible en el contexto social”, se centrará en la “financiación sostenible del transporte”, en la que se intentarán dar soluciones financieras que aseguren la viabilidad del transporte a largo plazo sin descuidar la

igualdad social, el medio ambiente y la calidad de vida, así como la utilización de PPP en la construcción y la conservación. Además, se tratarán otros temas como las políticas fiscales, los costes al usuario, y el transporte multimodal para reducir costes y mejorar el servicio.

Así mismo, se tratará un segundo tema “la seguridad en la movilidad”, en el que se presentarán medidas para reducir los accidentes, la regulación y las auditorías de seguridad vial, la gestión de riesgos, la capacitación y la vigilancia, así como una profundización para la investigación y la innovación tecnológica, analizando la participación de instituciones privadas, los ITS, la educación vial, los costes sociales y las repercusiones en el sector de la salud.

El tercero de los temas objeto de la sesión será el “Desarrollo responsable con el medio ambiente”, en el que se analizarán los conceptos de desarrollo sostenible en países desarrollados y en vías de desarrollo, así como el planeamiento territorial y el impacto urbano. Pero también contemplará otros temas de interés como la reducción del alto

costo y la demanda de la energía mundial, el planteamiento de la consulta ciudadana para la toma de decisiones y la definición de planes sostenibles de transporte urbano en grandes ciudades y la compatibilidad de las preocupaciones ambientales con la preservación y la mejora de la movilidad.

## Sesiones de Orientación Estratégica (4)

Estas sesiones estarán dirigidas a:

– A: *Sostenibilidad del sistema de transporte*, mitigando el impacto del cambio climático en los sistemas viales.

– B: *Mejora del aprovisionamiento de servicios*, proporcionando aquellos que sean eficientes, efectivos y orientados al usuario.

– C: *Seguridad en los sistemas carreteros*, dando un enfoque estratégico para la seguridad y poner los conocimientos en práctica.

– D: *Calidad de la infraestructura vial*, con una gestión de los activos carreteros en el contexto del desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático.

Posteriormente presentó los temas de las **sesiones de los 18 comités técnicos** y de las **13 sesiones especiales**, así como los temas de las ponencias, las cuales pueden ser consultadas en la página web de la AIPCR.

### Sesiones magistrales

Las sesiones serán presentadas por especialistas, atractivas e invitarán a la reflexión, con conferenciantes seleccionados por su reconocida experiencia, y que motivaran el entusiasmo y el interés entre los congresistas, mediante temas que ofrezcan oportunidades y perspectivas sobre el futuro. Dentro del perfil político se analizará el impacto social y económico del transporte; en el financiero, las oportunidades de inversión en la crisis económica mundial; y en el perfil ingeniero o investigador, la sostenibilidad y el cambio climático, las innovaciones tecnológicas y los grandes retos de proyecto (obras extraordinarias).

Más adelante hizo una llamada a la presentación de los informes nacionales, cuyo plazo finaliza en octubre de 2010, a las ponencias individuales e informando sobre la exposición y tarifas, y finalizando su intervención con la pro-



D. Aureliano López en un momento de su intervención.

yección de un vídeo sobre México.

Intervino a continuación **D. Aureliano López Heredia**, *Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, exponiendo **“La participación española en el XXIV Congreso Mundial de Carreteras, México 2011”**, quien comenzó explicando que la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR) es una asociación apolítica, sin ánimo de lucro, que se creó en 1909, tras el primer Congreso Mundial de la Carretera celebrado en París el año anterior, y cuyo objetivo es la mejora de la cooperación internacional y el progreso en todo aquello relacionado con las carreteras y el transporte por carretera. La Asociación agrupa a organismos relacionados con las carreteras en todos los países, tanto en el ámbito gubernamental como en el territorial o local; entidades públicas y privadas; colectivos y técnicos individuales. A fecha de hoy, 117 gobiernos son miembros de la Asociación, y cuenta con más de 2000 miembros individuales o colectivos provenientes de un total de 142 países.

España, miembro fundador de la AIPCR (1909), ha sido tradicionalmente un miembro muy activo y, hoy día lo sigue siendo al ser el país que más miembros tiene, con cerca de 300, participando en la totalidad de los Comités Técnicos de la Asociación. Además la Comunidad Autónoma de Baleares es una de las 6 entidades regionales de las que consta la Asociación.

Tras ello, explicó que el órgano dirigente de la Asociación es el Consejo, que está formado por las delegaciones de los 117 países miembros, cada una presidida por un Primer Delegado que suele ser el Director General de Carreteras del país, aunque en el caso de España es D. Francisco Criado. El Consejo se reúne una vez al año. La delegación española, en la última reunión de Incheon (Corea), constaba de 10 miembros, el número máximo permitido por los Estatutos de la Asociación, además de 1 miembro de honor (D. Enrique Balaguer, que fue Presidente de la Asociación entre 1984 y 1992). Es el tercer país en peso tras Francia, con 14 votos, y Japón con 13.

El Comité Ejecutivo es responsable de la supervisión de la gestión de la Asociación en conformidad con la política aprobada por el Consejo. En esta tarea recibe ayuda de las diferentes Comisiones (Finanzas, Comunicaciones y Relaciones Internacionales, Planificación Estratégica, Intercambios Tecnológicos y Desarrollo) y de la Secretaría General.

Prosiguió informando que, actualmente existen 33 Comités Nacionales de la AIPCR, agrupando a un total de 37 países, siendo el español, incorporado dentro de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), uno de los más antiguos y activos. Esta mantiene, con carácter permanente y autónomo, Comités Técnicos y Comisiones de trabajo, con los objetivos de apoyar la acción de los

miembros españoles en los Comités Internacionales equivalentes así como estudiar temas y desarrollar actividades cuyo conocimiento sea de interés para nuestro país. Asimismo, la ATC da muestras de una gran actividad, tanto a nivel de producción científica, organización de exitosas jornadas, seminarios y congresos, como en la difusión internacional, a través de su revista bimestral *Rutas*, de la tecnología de carreteras de nuestro país.

Para la consecución de sus objetivos, la AIPCR se organiza en periodos de trabajo de cuatro años de duración, que culminan con la celebración de un Congreso Mundial de la Carretera donde se presentan y exponen los trabajos realizados en las distintas actividades realizadas por la Asociación. Además, la AIPCR celebra numerosos seminarios internacionales y, también cada cuatro años, un Congreso Internacional de Vialidad Invernal.

No obstante, la actividad más importante de la AIPCR consiste en organizar los Comités Técnicos (CT), constituidos por ingenieros de gran reputación y expertos designados por los países miembros. Se reúnen una media de dos veces al año entre los Congresos mundiales donde exponen, discuten y dan cuenta de los trabajos realizados.

La presencia española en los Comités Técnicos de la Asociación ha sido y es muy intensa: se participa en la totalidad de los 20 Comités del período 2008-2011 con 36 miembros (de los cuales 4 son asociados y 4 más tienen la categoría de corresponsal). Se cuenta además con 9 secretarios y una presidencia en el CT A.3 (Aspectos Económicos de la Red de Carreteras).

Desde su creación la AIPCR organiza cada cuatro años, y al término del correspondiente Plan Estratégico, un Congreso Mundial de Carreteras donde se exponen, entre otros, los trabajos realizados por los Comités Técnicos. Cabe reseñar que de los 23 Congresos Mundiales celebrados hasta la fecha, además de los Congresos de Sevilla en 1923 y Liboa en 1951, 2 se realizaron en países iberoamericanos: Río de Janeiro, Brasil, en 1959, y México en 1975.

El próximo Congreso Mundial de la



D. Francisco J. Criado, Primer Delegado español, dirigiéndose a los asistentes y agradeciendo su presencia.

Carretera tendrá lugar en México, del 25 al 30 de septiembre de 2011. Su celebración supone un punto de apoyo para afianzar la participación de los países hispanohablantes en la AIPCR, no sólo en presencia sino también en la preparación del evento a través de actividades como son:

- La organización y participación en congresos, seminarios y cursos.
- Presentando trabajos, ponencias, material técnico y otras publicaciones.
- Promocionando el Congreso en los países y regiones que integran Iberia e Iberoamérica como es el caso de esta reunión.
- Participando en exposiciones paralelas.
- Pero sobre todo, participando y colaborando en las reuniones y actividades que realiza la AIPCR y, en especial, en los Comités Técnicos Internacionales.

Como complemento al Congreso Mundial de la Carretera, la AIPCR viene organizando desde 1969, también cada cuatro años, un Congreso Internacional de Vialidad Invernal, que en su próxima edición, en 2014, tendrá lugar en Andorra.

Continuando con los preparativos del Congreso de México, la participación española puede resumirse en los siguientes puntos:

- La presencia de España, de la DGC y de las principales empresas del sector queda asegurada mediante un *stand*

español permanente en la zona de exposiciones.

- La redacción de los Informes Nacionales para las Sesiones de Dirección Estratégica, donde se expondrán los aspectos políticos y estratégicos del mundo de la carretera y el transporte por carretera que deberán de ser afrontados en el futuro y que servirán, entre otros, para la identificación de objetivos y la redacción del Plan Estratégico de la Asociación para el período 2012-2015.

Se debe redactar un Informe Nacional por cada uno de los Temas Estratégicos. Desde la DGC se han escogido cuatro coordinadores del más alto nivel: tres Subdirectores generales, Javier Alejandro, M<sup>º</sup> José Rallo y Charo Cornejo; y el Coordinador general de seguridad vial, Roberto Llamas.

- Las ponencias y comunicaciones individuales quedan centralizadas a través de la ATC. Por una parte, desde la dirección de la ATC se ha animado a la participación de los Comités Técnicos Nacionales y, por la otra, es la propia ATC la encargada de realizar una primera revisión de los artículos recibidos para proceder después a su traducción a inglés, francés y su posterior envío.

La jornada finalizó con unas palabras del Primer Delegado español, D. Francisco J. Criado agradeciendo la asistencia y deseando lo mejor para este próximo congreso mundial que, sin duda, es una cita irrenunciable para el sector vial. ■



Jornada técnica sobre

# Cimentaciones singulares de puentes

Mesa que presidió el acto de inauguración. De izquierda a derecha: D. Carlos Oteo, D. Álvaro Navareño, D. José A. Gómez, D. José A. Carrascosa y D. Francisco Caffarena.

*Carlos Oteo Mazo, Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC, y Álvaro Navareño Rojo, Presidente del Comité de Puentes de la ATC.*

**E**l 23 de marzo de 2010, y en el salón de actos de la Confederación de Empresarios de Andalucía (Sevilla), tuvo lugar esta jornada, promovida por el Ministerio de Fomento, la Junta de Andalucía, la Asociación de Ingenieros Consultores de Andalucía y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, con el patrocinio de las empresas Aepo, Ayesa, Cemos, Euroestudios, Inserco, Vorsevi, TT&U y VS Ingeniería y Urbanismo.

La jornada estuvo organizada por los Comités Técnicos de Geotecnia Vial y Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras.

El acto de inauguración fue presi-

dido por **D. José A. Gómez**, de Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA); acompañado por **D. José A. Carrascosa**, Decano del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Andalucía; **D. Francisco Caffarena**, Director de la Asociación Técnica de Carreteras; y los Coordinadores de la jornada y Presidentes de los Comités de Geotecnia Vial y de Puentes de la ATC, **D. Carlos Oteo** y **D. Álvaro Navareño**, respectivamente.

## Jornada de mañana

El turno de intervenciones de esta interesante jornada comenzó con la conferencia de **D. Carlos Oteo Mazo**, Catedrático de Ingeniería del Terreno de la Univ. Da Coruña y Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC, y versó sobre “**Los pro-**

**blemas geotécnicos singulares en cimentaciones de puentes**”, los cuales pueden aparecer tanto en la cimentación (bien sea en la parte estructural del puente o en el propio cimiento) como en el terreno en sí, profundizando en el reconocimiento de este último. Por un lado, en la geología superficial, y, finalmente, en la geotecnia de profundidad, donde se especificaron los distintos tipos de ensayos más comunes, así como en la testificación especial. En esta ponencia se prestó atención a varios temas, como el de estribos de puente sobre suelos blandos, cimentaciones profundas en rocas alteradas (aportando criterios para definir la resistencia de punta y de fuste, en función del grado de alteración del macizo rocoso, problema muy presente en las cimentaciones de la mitad Norte de España) y en diferentes

aspectos constructivos, presentándose más recomendaciones para elegir el tipo de cimentación profunda (pilote hincado, entubado, con lodos, etc.) y para determinar las resistencias últimas de pilotes según la consistencia del material afectado.

La segunda ponencia **“Reconocimientos especiales del estado de las cimentaciones en puentes”** estuvo a cargo de **D. Álvaro Navareño**, de la *D.G. Carreteras del Ministerio de Fomento*, en la que detalló la problemática de los reconocimientos especiales, tanto del terreno –que trató someramente–, como de la estructura de cimiento –con más profusión–, mediante las inspecciones visuales de distinta intensidad, desde las de nivel básico, que realizan el personal encargado de la conservación integral, pasando por las principales, a cargo de empresas especializadas en este tipo de inspecciones, con especial énfasis en las zonas de interacción con los cauces y en las que es preciso rellenar una ficha de inspección específica de esta zona para determinar la vulnerabilidad cauce-puente. La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento realiza también inspecciones especiales (con la caracterización completa del cimiento, si es preciso) e inspecciones subacuáticas, realizadas con equipos de buzos, para la determinación del estado del cimiento y del sustrato de fondo y detectar problemas como el de la socavación. Por otra parte, presentó como colofón a la ponencia una serie de daños producidos en las zonas de cimentación, tales como hundimientos de terraplenes en trasdoses de estribos, colapsos de estructuras sobre cauces y desprendimientos de escamas de muros de tierras reforzada. Como conclusiones fundamentales, destacó que hoy en día importa la “calidad de la infraestructura” y la consecución de un “adecuado nivel de servicio al usuario de la vía”, que ha de garantizar la conservación; y que los reconocimientos de las cimentaciones comprenden tanto el del terreno, a través de ensayos, como el



Vista panorámica de la mesa que presidió la inauguración de la jornada.

de la estructura a través de reconocimientos visuales por personal especializado y equipado.

A continuación, se presentó la ponencia **“Nuevo puente sobre la ría del Odiel en Punta Umbría. Condiciones especiales en el proyecto de la cimentación”**, de **D. José Luis Sánchez Jiménez** y **D. Pedro Ramírez Rodríguez**, de *TYPSA*, quienes, entre otras cosas, subrayaron el ámbito de máxima protección medioambiental de la ubicación del puente: estructura singular con grandes luces y cargas de gran magnitud concentradas en apoyos puntuales. Así mismo destacaron la alta deformabilidad y baja resistencia al corte de los suelos de la marisma y niveles cuaternarios más superficiales, así como la ausencia de una capa de terreno de alta resistencia y baja deformabilidad a escasa profundidad. Además, se comprobó la necesidad de limitar asentamientos totales y diferenciales, en especial los diferidos. Todo ello teniendo en cuenta la agresividad del medio ( $\text{pH} < 6$ ) y un cierto riesgo de liuefacción potencial de niveles arenosos (o limosos) en los primeros 10-15 m para hipótesis sísmica  $\text{ac} > 0,21 \text{ g}$ .

Los ponentes también explicaron cada uno de los cinco subtramos agrupados por la presentación de problemáticas similares de la obra y destacaron los adecuados sistemas

de ensayo in situ –piezocono y presiómetros– que, unidos a nuevos sistemas de control de obra, permiten ajustar los parámetros de resistencia en los pilotes (excavados-hincados). También subrayaron la utilización adecuada de los distintos tipos de pilotes a las condiciones del terreno, magnitud, acciones y esfuerzos.

Más adelante, se procedió a la presentación de las comunicaciones libres que comenzó con la exposición de **“El viaducto sobre el río Ulla. Cimentaciones”**, presentada por **D. Antonio Carreras Gatell**, de *Euroestudios*. El ponente llegó a una serie de conclusiones que subrayaron el esfuerzo realizado para la conservación del medio ambiente, destacando que se trata de un viaducto que es récord del mundo con vanos de 240 m, altura máxima de pilas de 30 m y un presupuesto de 136 millones de euros. También subrayó la total entrega y dedicación del equipo proyectista, la buena coordinación y funcionamiento de todo el equipo y la excelencia del proyecto. Para ello, comenzó presentando las características del viaducto y la descripción geotécnica del terreno donde se asienta, presentando los diferentes tipos de cimentaciones (superficiales y profundas), así como el proceso constructivo.

**“Ejecución de las cimentaciones del nuevo puente sobre la Bahía de**

**Cádiz**” de **D. Marcos Martín**, del *Ministerio de Fomento*; **D. Julio Cayetano**, de la *UTE Puente Bahía*; **D. Víctor M. Jiménez**, de la *UTE Puente de Cádiz*; y **D. Germán Burbano** y **D. Manuel Pita**, ambos de *Dragados*, informó que, debido a la escasa capacidad de los terrenos existentes superficialmente, todas las cimentaciones de este puente se proyectaron con cimentación profunda mediante pilotes de gran diámetro, unidos en cabeza con el correspondiente encepado y empotrados en el sustrato ploceno. El sostenimiento durante la ejecución de los pilotes se realizó con lodos poliméricos y la perforación mediante bucket o máquinas rotativas con barrena helicoidal. Los pilotes disponen de camisas metálicas perdidas, y, para la ejecución de los encepados de las pilas situadas en tierra, se recurrió a la contención de las tierras mediante tablestacas hincadas; para las pilas 3 a 12 (en el mar) se realizaron recintos estancos metálicos.

“**Puente de Santa Lucía (Isla de Madeira) con Jet Grouting**” fue la comunicación presentada por **D. Joao Falcao** y **D. Héctor Martín**, de *Tecnasol*. La presentación describió la solución dada para realizar la cimentación mediante columnas de jet



D. Carlos Oteo, D. Álvaro Navareño y D. Germán Burbano.

potencia variable de entre 12 y 24 m. Las formaciones se sitúan sobre sustrato rocoso de naturaleza basáltica y presentan una superficie matriz areno-limosa. Además contienen bolos de roca basáltica de grandes dimensiones.

El refuerzo de las cimentaciones de cada una de las pilas centrales consistió en la ejecución de 37 columnas de jet grouting tipo I, de 500 mm de diámetro, con una longitud media de 9 m. Cada columna absorbe una carga axial de servicio de 400 kN, correspondiente a una tensión

el comportamiento prácticamente elástico de las columnas en condiciones de servicio, así como la movilización predominante del rozamiento lateral.

Para los ponentes quedó demostrada la versatilidad, fiabilidad, durabilidad y ahorro de costes del *jet grouting*.

**D. Manuel Reguera Delgado** y **D. Antonio Peñalver**, de *Tecnasol*, presentaron “**Refuerzo de la cimentación en el Puente sifón de Santa Eulalia, Huelva**”, ubicado en una zona gravemente contaminada por las piritas que, al contacto con el agua y el aire, forman ácidos muy agresivos para el hormigón, lo que provocó un deterioro muy grande de la cimentación del citado puente, construido entre los años 1967 y 1968, y que ya había tenido tres intervenciones importantes de reparación.

La ejecución de los trabajos ha consistido en la ejecución de nuevos micropilotes y encepados de las pilas y en la reparación de las restantes. Cada pila se compone de 24 micropilotes o “pilotes Gewi”, de 21 m de profundidad.

Dadas las características del terreno, se precisaron 21 m de profundidad para desarrollar la capacidad de soporte con un coeficiente de seguridad adecuado.

Los micropilotes están inyectados con una lechada de cemento con una



Los asistentes siguieron con mucha atención las presentaciones.

grouting de cuatro pilas del citado puente, que se encuentra cimentado sobre formaciones aluviales, con una

tangencial media movilizada en condiciones de servicio de 40 kPa.

Los ensayos de carga confirmaron

relación de agua/cemento de 1/2,5, sustituyéndose la citada lechada en los 2,5 m superiores por un mortero de gran resistencia al ataque de sulfatos. La otra protección aplicada ha sido la del recubrimiento mediante pvc termotractil.

Tras exponer las distintas fases de ejecución, se subrayó que, previamente y a petición de la dirección facultativa, se realizó una prueba de carga en uno de los micropilotes, utilizando dos adyacentes de reacción, que sirvió para confirmar la idoneidad de las bases de cálculo adoptadas.

**“Cimentación del viaducto sobre el río Guadalete”** fue el tema propuesto por **D. Francisco J. Encinas, D. Julio C. Valdivieso Roldán y D. Jesús Santamaría Arias**, de *Corsan Corviam Construcción, S.A.*, en la que describieron el proyecto adjudicado y construido que consistía en un aumento de capacidad, puesto que se duplicaba la vía, y en la modernización de la línea existente del ferrocarril Sevilla - Cádiz, en concreto, de un viaducto singular de más de 3 km de longitud que tenía dos condicionantes importantes: su gran longitud y las condiciones de cimentación sobre un estrato blando de más de 25 m de espesor, especialmente inadecuado para resistir los esfuerzos horizontales provenientes de la fuerza de arranque y frenado de las composiciones ferroviarias.

Entre otras cosas, se presentaron algunas de las incidencias y medidas adoptadas para su resolución, destacándose que los materiales atravesados por pilotes *in situ* eran de una extraordinaria plasticidad: las arcillas grisáceas fangosas y arcillas grises que se localizaban sobre el techo de las gravas.

La solución adoptada consistió en descomprimir el terreno situado al nivel de la cota inferior de la camisa mediante la hélice de perforación, pero sin extraer el material, en avances sucesivos de metro en metro y alternando la descompresión con la rehincada de la camisa, proceso que resultaba muy laborioso y lento por la



D. José Luis Sánchez, D. Pedro Ramírez y D. Álvaro Navareño.

cantidad de tiempo que se invierte en la bajada y extracción del útil de perforación, así como en la colocación del vibrador que hinca la camisa.

Las margas en las que quedaban empotrados los pilotes contenían abundante mineralización yesífera e intercalaciones de demargocalizas muy duras, que provocó numerosas incidencias en la perforación final debido a la necesidad de utilizar herramientas de widia en tramos de 20 m, a 66 m de profundidad.

**“Monitorización de una prueba de carga sobre un pilote de gran diámetro con cuerdas ópticas”**, de **D. Fernando Sánchez Domínguez y D. Ignacio Poy López**, describió los trabajos realizados para esa monitorización en la cimentación de un puente singular en Sudamérica, mostrando la utilización de cuerdas ópticas para las medidas de las tensiones y deformaciones en las armaduras, así como el empleo de un radar interferométrico para medir los asentamientos en la cabeza del pilote.

Para los autores, las cuerdas ópticas permitieron el seguimiento de la movilización de la resistencia por fuste en profundidad en varios ciclos de carga. Además, al estar instaladas con anterioridad al hormigonado del pilote, permitieron medir el efecto de la retracción plástica en las primeras

24 horas tras el hormigonado. Las cuerdas también podrían utilizarse durante la explotación del puente al ser un sensor que no pierde el cero inicial en deformación desde el origen. Finalmente, en cuanto a la medida de los asentamientos en el pilote de prueba de carga, el radar se mostró como un equipo fiable para medidas absolutas en grandes distancias.

La comunicación **“Aplicación del pilote prefabricado a las cimentaciones de puentes”**, de **D. Rafael Gil Lablanca**, de *Rodio Kronsa*, se desarrolló por medio de la descripción de las ventajas técnicas, las fórmulas de hinca y de su analizador, finalizando con algunos ejemplos de diseño y ejecución de cimentaciones de puentes. El ponente destacó que se trata de una solución en auge en las cimentaciones y sus variaciones en relación al proyecto, aunque su utilización sigue siendo minoritaria. Sin embargo es competitiva, ya que supone un uso eficaz de los materiales, se adapta al perfil resistente del terreno, dispone de un amplio rango de terrenos adecuados, permite un control de ejecución rápido y fiable, así como un gran respeto medioambiental. Más adelante, y tras exponer sus características y ventajas, subrayó que es muy útil en las vegas de los ríos con estrato resistente a gran profundidad. Además facilita la

posibilidad de inclinar los pilotes ante esfuerzos horizontales significativos, la realización de preferros con maquinaria de pilotes o micropilotes en presencia de obstáculos, deteniéndose en el tema del azuque "Oslo" en rocas con buzamiento. También presentó algunas fórmulas de hinca de pilotes, el analizador electrónico y el análisis *Capwap*: ajuste de los parámetros de un modelo matemático pilote-suelo por comparación con los valores registrados por los sensores.

**"Un pilote ideal"**, de **D. Juan José Muñoz Armagnac**, de *Terra-Bauer*, hizo hincapié en el estado actual del mercado de las cimentaciones especiales en España, al que calificó de hipermaduro, con más oferta que demanda, y subrayando una carencia de profesionalidad de los organismos de control que permiten la presencia en el mercado de empresas de muy baja cualificación técnica, muchas de ellas procedentes del exterior. También destacó que muchas contrataciones se realizan por "precio" y el "exceso" que existe en la defensa del presupuesto de adjudicación por encima de otras necesidades, al tiempo que reclamó una mayor rapidez en el pago por parte de las Administraciones, más aún cuando se ha producido un aumento de los costes fijos de las empresas tanto por la exigencia de la calidad como de la seguridad, aumento que no se ha trasladado a los precios unitarios. En definitiva, y entre otras cosas, reclamó un mayor apoyo económico y moral por parte de las Administraciones públicas para las asociaciones técnicas formadas por especialistas, que son las únicas posibles para encargarse del I+D+i que, cada día, se hace más necesaria.

**"La cimentación mediante pilote prefabricado del viaducto sobre el Arroyo de Espartales, Autovía SE-40 Setor Este, tramo Rinconada-Alcalá de Guadaíra (Sevilla)"** fue presentada por **D. Eduardo Manzano**, de *Terratest Cimentaciones, S.L.* En ella, tras exponer su



En las fotos superiores, D. Francisco Vallés (izquierda) y D. Eduardo Manzano (derecha).

En la foto inferior, D. Juan José Muñoz Armagnac.

ubicación y características, informó que se llegó a la propuesta de cimentación de estas estructuras mediante un total de 256 pilotes Terra T-400: la mitad de ellos en el intradós, inclinados  $10^\circ$  y  $15^\circ$  para absorber las acciones horizontales. Su distribución, la cual expuso, llevó a los pilotes a una carga máxima de compresión en la hipótesis pésima de 190 t (pilotes frontales, con un mínimo de 100 t), resultando en todo caso también comprimidos los pilotes del trasdós, con al menos 30 t, y no más de 110 t, dejando mucho margen hasta su tope estructural de 221 t, sobre todo en los pilotes traseros más expuestos a la carga de rozamiento negativo que podía generar la posterior construcción del terraplén. Para el ponente, esta obra es un buen

ejemplo de la idoneidad técnica y económica de una cimentación de estribos de puentes mediante pilotes prefabricados hincados, lo cual, entre otras cosas, ha favorecido el control individual de cada pilote durante la hinca, la realización de pruebas dinámicas de carga no destructivas, una limpieza de obra y un respeto medioambiental, así como una autonomía y elevados rendimientos de los equipos. Así mismo, la alta calidad del material permite aprovechar la resistencia a compresión del hormigón: tope estructural elevado (135 kg/cm<sup>2</sup> para un hormigón HA-45), etc.

A continuación se presentó la **"Cimentación del viaducto del Cigüela mediante pilotes empotrados en yesos karstificados"**, de **D. Raúl Correás**, de *ADIF*; **D. Fernando**

**Román**, de la U.P. de Madrid; **D. Miguel Cuesta**, ATSG; y **D. Jordi Vinyals**, de Intecsa Inarsa. El Viaducto del Cigüela se encuentra en la Línea de Alta Velocidad de Levante, Madrid–Castilla La Mancha–Comunidad Valenciana–Región de Murcia. Tras explicar sus características técnicas, se describió el terreno de cimentación compuesto de materiales cuaternarios. Espesor máximo de 30 m, con un valor medio de 14 m. SPT entre 2 y 28 con valores medios de 8; yeso masivo con intercalaciones de arcilla margosa y yesos con niveles de caliza asociadas, RCS y RQD variables e intercalaciones de cavidades vacías o rellenas de fango y arcillas, gravas, arcillas margosas y margas limolíticas. Dados los condicionantes del terreno, se adoptaron soluciones como la ampliación del diámetro de los pilotes de 1,25 m a 1,50, se varió el número de pilotes encepados, la resistencia por punta se amplió de 0 a 2,50 MPa y la resistencia por fuste variable en función de la zona y seguimiento de la perforación.

Se hizo un seguimiento a pie de obra de la perforación de cada pilote, con la ejecución de perfiles geológicos para cada encepado, y se realizó un relleno de cavidades con mortero durante la perforación, detectándolas mediante el descenso de lodos, realizándose ensayos de integridad en cada uno de los pilotes y perforaciones en punta de pilotes, a destroza y con recuperación de testigo, y posterior tratamiento mediante diferentes sistemas de inyección.

Los ponentes quisieron subrayar que, en la etapa de proyecto, se estableció un diseño de la cimentación que venía inexorablemente acompañada de una detallada descripción de lo que había que hacer en la fase de obra. En segundo lugar, ya en la fase de obra, se mantuvieron los criterios del proyecto, ajustando el procedimiento de ejecución de la cimentación a la luz de los reconocimientos complementarios y que los resultados de la aplicación de los pro-



D. Fernando Román en su intervención sobre la tipología de cimentación de viaductos en sustrato yesífero kárstico.

cedimientos a las perforaciones en ejecución motivaron una continua puesta a punto de los mismos y exigió un permanente control y presente llevaron a cabo los tratamientos requeridos para garantizar la resistencia por el fuste y la punta en los casos necesarios.

**“Reflexiones sobre la tipología de cimentación de viaductos en sustrato yesífero kárstico”**, de **D. Fernando Román**, de la U.P. de Madrid e Intecsa-Inarsa en la fecha de terminación del proyecto, informó que en la línea de alta velocidad del Nuevo Acceso Ferroviario a Levante, el tramo Campos del Paraíso a Horcajada de la Torre (provincia de Cuenca) transcurre en una parte de su recorrido por materiales miocenos (inferior y medio), constituidos por yesos que presentaban fenómenos de disolución en forma de juntas verticales abiertas o de oquedades subhorizontales.

El trazado atraviesa una serie de valles en los que el sustrato yesífero está recubierto por depósitos cuaternarios aluviales de baja capacidad portante y con potencias de entre 6 y más de 10 m. Concretamente, se produce en cuatro de los cauces atravesados: río de la Vega, río Valparaíso, arroyo de la Moraleja y río Cigüela.

En el proyecto de la cimentación de estos cuatro viaductos, la presencia del yeso y su “karstificación” las cargas de cimentación debían transmitirse a dicho yeso. En esta comunicación se describieron las reflexiones conceptuales que se manejaron en el proyecto de estas cimentaciones.

En la presentación de la **“Influencia de la cimentación en el estudio de la vulnerabilidad de un puente frente a la acción del cauce”**, de **G. Arias Hofman**, de Ines Ingenieros; y **D. F. J. Vallés Morán**, de la Universidad Politécnica de Valencia, se afirmó que, considerando la interacción cauce-puente en situación de avenidas, la U.P. de Valencia ha desarrollado en los últimos años, con la colaboración de Ines Ingenieros, una metodología, que no requiere la realización de simulaciones hidrológico-hidráulicas ni estructurales que permite cuantificar la situación de cada uno de los puentes, de forma que se pueden priorizar las actuaciones en función del riesgo, entre los que puede encontrarse la cimentación de un puente.

Para los ponentes, la aplicación de esta metodología, en una campaña general de inspección de puentes, permite estimar un valor numérico que expresa la vulnerabilidad del

puente frente a la acción global del cauce de una manera realista. También aclararon que el tipo de cimentación tiene una repercusión muy directa e importante en el resultado final que permite comparar unos puentes con otros, y, por tanto, priorizar las actuaciones. También subrayaron que la cimentación superficial de cualquiera de las unidades empeora de forma notable la condición del puente. Sin embargo, una ventaja clara es que, al poder identificar inmediatamente los puntos débiles de cada caso, si uno de ellos fuera bajo por falta de definición del tipo de cimentación, la solución al mismo paso es, en primera instancia, mejorar el estudio del tipo de cimentación, en lugar de abordar otro tipo de actuación más costoso.

## Jornada de tarde

Ya por la tarde, la sesión comenzó con la presentación de la ponencia **“Pilotaje de los puentes de la Expo’08 de Zaragoza”**, de **D. Germán Burbano** y **D. Francisco Juárez**, de la empresa *Dragados*, que informó sobre los pilotajes de dos puentes singulares ejecutados para la Exposición universal: el del Milenio y el Pabellón-Puente. El primero se cimentó simétricamente por medio de estribo pilotado, y se construyó mediante pilas provisionales pilotadas y pilas definitivas, también pilotadas. Todos los pilotes se empotraron en sustrato sano con una longitud máxima ejecutable de 50 m. La cimentación del segundo se resolvió básicamente por medio de pilotes que se ejecutaron con una máquina perforadora rotativa de gran potencia, dotada de un “kelly” especial. Se realizó mediante encamisado de 13 m con vibrado y empleo de lodos bentoníticos. Además, en este puente se realizó, por primera vez en España, una prueba de carga comercializada y controlada por Loadtest inc. mediante la célula de Osterberg y entre cuyas ventajas se destaca que no necesita elementos de reacción ni grandes volúmenes



De izquierda a derecha, D- Germán Burbano, Dña. Belén Monercillo, que moderó la sesión de tarde, y D. Antonio Molina.

para generar cargas, y que distintas pruebas permiten rediseñar la cimentación.

Para finalizar, se presentó la última de las ponencias **“Puente de Andalucía. Córdoba. Problemática en la ejecución de la cimentación”**, de **D. Antonio Molina Ortiz**, de *Ayssa*. El Sr. Molina desarrolló la ejecución del denominado “Puente de Andalucía” de Córdoba, que constituye la estructura de cruce fluvial de la Ronda Oeste de la ciudad (carretera A-3050) sobre el Río Guadalquivir, con una longitud total de 444 m desarrollada en ocho vanos: un vano de aproximación de 39 m en la margen derecha, un vano de 33 m seguido de cuatro vanos de 42 m en la margen izquierda, y dos vanos centrales de 114 y 90 m, respectivamente, que corresponden al cauce principal del río, cuyas grandes luces se alcanzan mediante un atirantado central del tablero con la necesaria contribución al conjunto de una gran torre cimentada en el lecho del río entre ambos vanos principales.

Más adelante, comentó la problemática de la ejecución de la cimentación, y desarrolló la secuencia de construcción del tablero, con una primera fase de ejecución del cajón central, y, una segunda, que se rea-

lizó *in situ*, vano a vano. En los tramos de acceso fuera del cauce del río (llanura de inundación), se ejecutó el tablero con la ayuda de cimbra apoyada en el suelo.

El tramo correspondiente al cauce del río se ejecutó igualmente sobre cimbra, pero de dos formas distintas: el tramo situado junto a la torre de atirantamiento se realizó como el de los accesos; y, en los tramos atirantados, se optó por la construcción del tablero con la ayuda de vigas metálicas apoyadas en cinco pilas provisionales, cimentadas mediante pilotes en el cauce, para crear vanos temporales de 27 m.

Una vez realizado el núcleo central, la sección se completó con los vuelos laterales realizados con la ayuda de un carro especial para la sujeción de los moldes, que permitió desplazar los encofrados apoyándose sobre el núcleo construido. Concluida la ejecución de la sección transversal de los tramos atirantados, se colocaron los tirantes y se pusieron en carga de forma simétrica hasta conseguir las cargas teóricas. Posteriormente, se retiraron los apoyos provisionales y se demolieron las estructuras auxiliares.

Finalmente y con esta presentación, se dio por concluida esta jornada. ■

# D. Alberto Bardesi Orúe - Echevarría, Presidente de Eurobitume

**N**acido en Bilbao, en 1958, Alberto Bardesi es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Su labor profesional la ha desarrollado en Probisa, Composan y Repsol. Miembro de la Junta Directiva de la ATC, fue elegido Presidente de Eurobitume el pasado mes de marzo. Por ello y tras felicitarle, hemos querido saber algo más sobre su experiencia, sus opiniones acerca de la actualidad del sector y sobre sus proyectos, tras su nombramiento como máximo responsable de Eurobitume

**¿**Qué ha supuesto para usted este nombramiento?

A nivel personal, creo que, siempre es gratificante que en cualquier organización, el resto de los asociados cuenten contigo para asumir éstas u otras responsabilidades. Sin embargo, creo que lo más importante es que vayamos ganando presencia y peso en los foros europeos que es donde, al fin y a la postre, se toman muchas de las decisiones que terminan por afectarnos.

***Eurobitume es una asociación internacional creada en 1969 y que tiene su sede en Bruselas ¿Cuáles son los objetivos que persigue, de qué manera y cuáles se han ido consiguiendo hasta a la fecha desde aquel año?***

Efectivamente, Eurobitume es ya una asociación veterana dentro del contexto europeo. Su misión, de acuerdo con los estatutos, es promover el empleo seguro, eficaz y eficiente del betún en toda Europa y en todas sus aplicaciones: carreteras, construcción, industria, etc. Eurobitume tiene como objetivos básicos velar por la transparencia en los temas técnicos relativos a la industria europea del betún, actuar como su portavoz y ser reconocida como la referencia del sector.

En línea con esos objetivos, Eurobitume ha tenido desde sus orígenes una vocación clara por los temas relacionados



con la seguridad en el empleo del betún, la armonización de las especificaciones, la difusión de las tecnologías disponibles y todo lo relacionado con el medio ambiente.

Desde 1.996, cada cuatro años organizamos en colaboración con EAPA, la asociación europea de fabricantes de mezclas asfálticas, el "E&E Congress" que, a mi juicio, es uno de los congresos de mayor prestigio a nivel mundial sobre las tecnologías de pavimentación asfáltica. Este tipo de colaboración se extiende a otras asociaciones nacionales e internacionales.

***¿Quiénes forman esta Asociación? ¿Cuál es la presencia y la aportación española en ella?***

La asociación está abierta a todas las empresas productoras de betún en Europa. Actualmente son trece las compañías petroleras, entre ellas, las más conocidas a nivel mundial, las que conforman Eurobitume, y esperamos que en los próximos años se asocien las compañías de los pa-

íses de Europa del Este que se han incorporado más recientemente a la Comunidad. Además de estas compañías, hay tres asociaciones de ámbito nacional y larga tradición en este sector, las de Alemania, Francia y Gran Bretaña, que forman parte de Eurobitume.

Los productores españoles de betún: Repsol, Cepsa y BP son socios veteranos de Eurobitume. Los tres participamos activamente en los diferentes comités técnicos.

***¿Cuáles son sus objetivos para la etapa que comienza y de qué manera va a impulsar su consecución?***

En Eurobitume no podemos hablar de etapas nuevas sino de unas líneas estratégicas que se revisan de forma periódica, pero que giran casi siempre alrededor de la tecnología del betún y sus aplicaciones, la seguridad en el empleo de personas y equipos y el medio ambiente.

En estos momentos, nuestros esfuerzos están concentrados en temas como

la regulación europea REACH (“*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*”) sobre sustancias químicas, entre las que se incluye al betún y afecta a sus productos derivados: emulsiones, betunes modificados, etc., y sus aplicaciones, la seguridad en el transporte y la descarga del betún en instalaciones de clientes, etc.

**Eurobitume dispone de tres Comités de expertos: Salud, Seguridad y Medio Ambiente (HSE); Técnico, y de Comunicaciones (RPC). ¿Nos puede resumir quiénes lo forman y cuáles son sus actividades y fines principales?**

En línea con su forma de trabajo y sus líneas estratégicas, Eurobitume organiza casi todas sus actividades en forma de comités de expertos. Todos los socios pueden nombrar a sus representantes en estos comités que, a su vez, se organizan en grupos de trabajo para tratar temas concretos. Los informes de estos grupos se elevan al Comité Ejecutivo que finalmente es el encargado de aprobar los documentos definitivos.

El Comité HSE es uno de los más activos. El betún aplicado en carreteras o en construcción civil es un producto seguro, tanto para las personas como para el medio ambiente. El riesgo más importante asociado al betún es que puede producir quemaduras debido a que es un producto que se maneja y aplica casi siempre en caliente. Además, el betún emite humos en la producción y en la puesta en obra de mezclas bituminosas que suelen resultar irritantes para los ojos y el tracto respiratorio. Se han realizado numerosos estudios sobre cómo pueden afectar estos humos a las personas, en particular a los operarios que están directamente implicados en las actividades de pavimentación e impermeabilización, sin que se haya visto ninguna evidencia de riesgo mayor que ese efecto irritante. Evidentemente, un buen control de las temperaturas y, a medio plazo, su reducción con las nuevas tecnologías disponibles, contribuirán a paliar este problema.

Estos trabajos se realizan en colaboración con otras asociaciones del sector, como el *Asphalt Institute* de EE.UU., pero también de la mano de las agencias internacionales implicadas como la IARC (*International Agency for Research on Can-*



D. Alberto Bardesi fue elegido Presidente de Eurobitume en marzo de 2010.

cer) perteneciente a la OMS. De acuerdo a nuestra política de transparencia, Eurobitume publica en su página *web* las informaciones disponibles al respecto.

Por su parte, el Comité técnico tiene asignadas actividades ligadas fundamentalmente a las especificaciones de los betunes y a sus aplicaciones. Superado el periodo de aprobación de la norma EN-12591, el Comité ha preparado una guía sobre marcado CE de betunes y, lo que a mi parecer va a resultar una información científica de mucho interés, ha recopilado una amplísima base de datos de betunes convencionales, duros, modificados y especiales que se producen en Europa con una completa caracterización reológica. Esta información está a disposición de los investigadores y, en el futuro, servirá para poder revisar con una sólida base técnica las especificaciones de estos ligantes.

**¿De qué forma va a afectar al sector en nuestro país la Ley de Economía Sostenible?**

El impacto será significativo por lo que conllevará de cambios tecnológicos y, quizá muy importantes, pero también a más largo plazo, en cambios de enfoque estratégico del negocio. No obstante, el sector no se ha visto sorprendido porque de hecho vienen preparándose para estos cambios desde hace algunos años. No hay más que revisar las comunicaciones a los congresos nacionales e internacionales para ver cómo nuestras Administraciones, los centros de investigación y, sobre to-

do, las empresas del sector, vienen implicándose en estos temas aportando soluciones cada día más eficaces. El reciclado de pavimentos utilizando diferentes tecnologías, la reutilización de subproductos de otras industrias (neumáticos usados, plásticos, residuos de demolición, etc.), y las técnicas de reducción temperatura de fabricación y puesta en obra de mezclas están siendo las cuestiones de interés prioritario. Y, por supuesto, seguimos contando con las técnicas en frío, especialmente con las lechadas bituminosas en las que somos una referencia mundial.

Además, no podemos olvidar las decisivas aportaciones de los firmes asfálticos en la mejora de la seguridad vial y en la reducción del impacto acústico del tráfico. Más aún, a través de proyectos de investigación como el FENIX, promovido desde ASEFMA, el sector empieza a trabajar en otros aspectos innovadores que verán sus frutos a más largo plazo.

**¿Cuáles deben ser los objetivos y las medidas a adoptar para conciliar este sector con las exigencias medioambientales? ¿Y, en particular, en nuestro país?**

Desde este punto de vista la posición del sector, en concreto de las mezclas bituminosas en caliente que son las más empleadas, es bastante buena. Los estudios realizados tanto en modelos de sostenibilidad y emisiones de gases (*Life Cycle Inventory, Carbon Footprint*) colocan las mezclas en muy buena posición respecto a

sus alternativas.

No obstante, como ya he indicado, la reducción de gases en los procesos de producción y puesta en obra es una prioridad y ya disponemos de tecnologías contrastadas que permiten reducir el consumo de combustibles y, por consiguiente, de emisiones entre un 20 y un 40%. Técnicas en fase de experimentación avanzada y prueba a nivel de obra, como las mezclas templadas, abren vías aún más eficientes desde esta perspectiva.

**Una de las alternativas, pensamos, para esa conciliación (en el sector de carreteras) debe ser desarrollo y el incremento en el empleo del reciclado de pavimentos. ¿Piensa usted de la misma forma?**

Evidentemente. Cuando hablamos de sostenibilidad, estamos pensando de forma especial en el reciclado. Una de las grandes ventajas de las mezclas bituminosas es que pueden ser recicladas con un aprovechamiento íntegro, incluido el poder aglomerante del betún, de forma prácticamente indefinida. De tal forma que deberíamos pensar en los firmes bituminosos existentes como una fuente alternativa renovable y prioritaria de materias primas.

Además contamos con un abanico suficientemente amplio de tecnologías de reciclado para, en su caso, optar por la solución más eficiente técnica y económicamente. Nos queda, sin embargo, seguir dando pasos a nivel de concienciación e inversión en equipamiento para poder hacer posible el objetivo, incuestionable para nosotros, de reciclar el 100% de los materiales bituminosos que han llegado al final de su vida útil.

**Y ahora que, parece ser, que la obra nueva va a dejar paso a la conservación, ¿cree que las técnicas de fresado y reposición pueden mitigar ese freno en la construcción de obra nueva?**

Parece claro que el vuelco radical del ciclo económico nos fuerza a planificar el futuro inmediato en esta línea. Aunque también es cierto que, sin esta circunstancia, los planificadores podrían haber llegado a una conclusión similar a corto plazo, porque el esfuerzo inversor realizado en las dos últimas décadas en obra nueva de carreteras nos llevado a disponer de una red que, sin poder calificarse como "ideal" para nuestras necesidades, sí

cabe decir que se encuentra en un nivel de desarrollo más que aceptable.

Cierto es que quedan por completar algunos itinerarios, y no deberíamos dejar de hacerlo, pero también lo es que ha llegado el momento de considerar que la prioridad está en la conservación y rehabilitación de firmes, como ocurre en los países de nuestro entorno económico y geográfico. De esta forma, aseguraremos la conservación del valor patrimonial de la red y nos prepararemos para que en un futuro, que esperemos no sea lejano, estemos en condiciones de dar otro salto cuantitativo y cualitativo.

En este contexto, las operaciones de fresado y reposición se configuran como la alternativa base de trabajo, sin olvidar, por un lado, que estas mezclas fresadas pueden y deben ser recicladas y, por otro, que disponemos de técnicas de reciclado *in situ* que, en determinadas circunstancias, pueden llegar a ser las más eficientes.

**El mercado de las mezclas bituminosas ha sufrido un descenso en casi todos los países europeos en los años 2008 y 2009, aunque también hay que decir que en el año 2007 se obtuvo el récord absoluto de producción en España y en Europa de mezclas bituminosas. ¿Qué perspectivas tiene usted para este 2010 y para años sucesivos?**

Hay que poner las cosas en su contexto. El "boom" del 2007 debe verse como algo excepcional para una economía como la española, lo que no quiere decir que sea irreplicable. Pero, a medio plazo, debemos pensar en cifras más acordes con una planificación de las infraestructuras del transporte basada en la eficiencia y en el retorno de las inversiones, sean públicas o privadas.

Nuestro sector tiene, a veces, la sensación de que la actividad está marcada por los ciclos y procesos electorales de algunas Administraciones; y, crisis aparte, la caída de 2008 y 2009 entraba dentro de lo esperable. El problema se está agudizando a lo largo de este año, y, desgraciadamente, no podemos ser optimistas de cara a 2011 y 2012 porque los mensajes que llegan desde todos los ámbitos son muy negativos. Las empresas contratistas han visto reducir sus carteras de obra de forma drástica y no hay señales de una

reactivación de la licitación de obra a corto plazo. En ese sentido, las perspectivas no son nada buenas y todo apunta a que por delante tenemos una dura travesía. Con todo soy optimista en el sentido de que en el sector contamos con buenos profesionales y empresas sólidas con larga experiencia que sabrán capear el temporal.

En Europa las perspectivas tampoco son muy optimistas, especialmente en los grandes países de la zona centro y occidental, que ya anuncian fuertes recortes en la inversión y medidas duras para reducir el déficit. Quizá las mejores posibilidades en un entorno no muy lejano se encuentren en los países que se incorporaron en la última ampliación de la UE, que cuentan con fondos comunitarios para la modernización de sus redes; y también en los países del norte de África que están mostrándose muy activos en estos dos últimos años.

**Usted también es miembro de la Asociación Técnica de Carreteras. ¿Qué opina de la labor que realiza en el sector de su competencia?**

La ATC, como miembro de la AIPCR, tiene un sistema de funcionamiento y unos objetivos muy definidos. Se trata de cubrir, desde un punto de vista básicamente técnico, los distintos aspectos que implica la administración de carreteras. En lo que se refiere a nuestro sector, al menos en los comités que yo conozco, se viene trabajando de forma constante, paso a paso, con la dificultad que supone que los miembros de los comités actúen de forma altruista, dejando en la puerta intereses personales o empresariales y "robando" horas a la familia. En este sentido resulta encomiable el trabajo de los presidentes de los comités en su permanente tarea de movilizar y motivar. Creo que es reseñable la mejora que se viene produciendo en los últimos años en la difusión, a través de jornadas y publicaciones, de la actividad de la ATC y sus comités. En todo caso se trata de una labor complementaria de la de otros grupos de trabajo y asociaciones que responden a enfoques diferentes.

**Finalmente y tras felicitarle por su nombramiento y desearle lo mejor en su gestión, agradecemos a D. Alberto Bardesi la atención dispensada a nuestra revista. ■**

# Premio Acueducto de Segovia 2010

De izquierda a derecha, los Ingenieros de Caminos, D. Edelmiro Rúa (Presidente del CICCPC), D. Marcos J. Pantaleón, D. Roberto Revilla y Dña. Patricia Olazábal (Autores del Proyecto por parte de la consultora Apia XXI); D. José María de Villar Luengo (de Torroja Ingeniería) y D. José Alba García (de Urbaconsult) que, en UTE, colaboraron con la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria en la Asistencia Técnica al Control y Vigilancia de las Obras.



**E**n el número 136 de la Revista Rutas, página 68, informamos de la concesión al Viaducto de Montabliz, del Premio Acueducto de Segovia 2010.



De izquierda a derecha, los Ingenieros de Caminos: D. Roberto Revilla (Apia XXI), D. Angel Luis Sánchez y D. Luís Acebes (Ferroviál, constructora del tramo), D. José M<sup>a</sup> de Villar (Torroja Ingeniería), Dña. Patricia Olazábal (Apia XXI), D. Roberto Villegas (Director de las obras por la Demarcación de Carreteras en Cantabria del Ministerio de Fomento), D. Marcos J. Pantaleón (Apia XXI), D. José P. Alba y D. Juan A. Alba (Urbaconsult).

Por motivos ajenos a la Redacción de la revista, la información recibida y que apareció fue incompleta, ya que no se hizo eco de dos de las empresas galardonadas: Urbaconsult y Torroja Ingeniería, que estuvieron a cargo de la Asistencia técnica para el control y vigilancia de las obras. Por ese motivo publicamos la presente nota, así como las fotografías que sí recogen a todos los galardonados y una breve descripción del mencionado viaducto del que dimos cumplida información en el número 124 (enero-febrero, 2008). ■

**E**l Viaducto de Montabliz se encuentra en la Autovía A-67 Cantabria-Meseta, en el tramo Molledo - Pesquera. Este viaducto salva el valle formado por el río Bissueña, y es por sus características el más singular de la obra. Tiene una longitud de 721 m, distribuida en 5 vanos (110 + 155 + 175 + 155 + 126), luz máxima de 175 m y radio de curvatura en planta de 700 m. El tablero es continuo y su sección está formada por un cajón monocelular de hormigón pretensado de canto variable entre 4,30 m y 11 m, apoyado sobre pila única. La altura máxima de pila es de 128,6 m, la más alta de España y entre las seis mayores de Europa. El tablero se ha construido por el sistema de dovelas hormigonadas "in situ" mediante avance en voladizo.

La inversión total en el tramo (incluyendo presu-



puesto de ejecución de las obras, expropiaciones, estudio informativo, proyecto y control de las obras) asciende a casi 195 millones de euros. La Unión Europea ha financiado el proyecto con casi 113 millones de euros. ■

# Entrega del VI Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación

**E**l 6 de junio de 2010 y en Madrid, la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX) hizo entrega del VI Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación a dos proyectos innovadores: uno de formación en la carretera, “Ben no piensa, tú sí”, presentado por la empresa Ferroser Infraestructuras S.A.; y a un método de mejora de la gestión basado en los datos estadísticos de accidentalidad laboral, realizado por la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias y ATENEA S.L.

Entre los asistentes al acto cabe destacar la presencia del *Director General de Carreteras*, **Aureliano López Heredia**, quien hizo entrega de la Mención honorífica de la Junta Directiva de ACEX a la Campaña de vialidad invernal 2009-2010, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, “que en los severos temporales de hielo y nieve mantuvo en todo momento las condiciones óptimas de seguridad y movilidad de la Red de Carreteras del Es-



Mesa presidencial del acto de entrega. De izquierda a derecha, D. Juan F. Lazcano, D. Aureliano López, D. Agustín Hospital, D. Federico Fernández y D. Juan Marín.

tado, destacando especialmente su notable labor de coordinación y apoyo con el resto de Administraciones autonómicas y locales”.

El Director General de Carreteras, quien además fue el encargado de la clausura del acto, se mostró satisfecho con el modelo de conservación implantado en España, que a su juicio es extrapolable a otros países, dado el alto grado de eficiencia que ha alcanzado en el nuestro.

Completaron la mesa presidencial destacadas personalidades del sector: el *Subdirector General de Gestión de Tráfico y Movilidad de la DGT*, **Federico Fernández Alonso**, que destacó la importante “vocación de servicio al usuario de la actividad de la conservación”; el *Presidente de la Confederación Nacional de la Construcción y Vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, **Juan Francisco Lazcano Acedo**, que, como anfitrión del acto, señaló la idoneidad del Colegio de Ingenieros de Caminos como foro para celebrar actos relacionados con las infraestructuras, como es el Premio Nacional ACEX; el *Secretario General del Colegio de Ingenieros de Obras Públicas*, **Juan Marín Díez**; y el *Presidente de ACEX*, **Agustín Hospital García**.

En esta edición, y como antesala del acto, se otorgó la Medalla de Honor de ACEX a **D. José Antonio Fernández Sainz**, hasta este año *Jefe de Servicio de Conservación de la Junta de Castilla y León*, por toda una vida dedicada a la conservación de



D. José Antonio Fernández Sainz, ex Jefe del Servicio de Conservación de la Junta de Castilla y León, recoge la Medalla de Honor de ACEX.

las carreteras. José Antonio Fernández estuvo acompañado por el *Director General de Carreteras de la Junta de Castilla y León*, **Luis Alberto Solís Villa**; y el *Director General de Carreteras y Transportes del Gobierno de La Rioja*, **José Antonio García Cuadra**.

Entre las candidaturas que quedaron finalistas en esta edición destacan proyectos cuyo objetivo fundamental es incrementar la seguridad de los conductores, como *Speed Kidney*: un sistema de moderación del tráfico que invita a los conductores de vehículos ligeros, que no quieran sufrir los efectos al pasar sobre él, a modificar su trayectoria siguiendo un zigzag suave sobre el dispositivo y, en consecuencia, a moderar su velocidad.

Otros especialmente creados para reducir los riesgos laborales como la "Pulsera Amiga", que informa al trabajador de las condiciones mínimas de seguridad, o una estructura metálica protectora para situar en las fachadas de edificios en construcción o rehabilitación, así como en los viaductos de las carreteras, que garantiza la seguridad del trabajador ante una posible caída; y un sistema de ocultación de señales verticales rápido y seguro, que disminuye los riesgos del trabajador.

Estudios del ruido, detectores de velocidad e inspecciones de seguridad laboral de un tramo de autopista, antes de su puesta en servicio, completan el elenco de trabajos que compitieron por el galardón en esta edición.

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



Dña. Itziar Velasco Zulueta (Ferroser Infraestructuras, S.A.) recogiendo el premio de la categoría asociados (empresas pertenecientes a ACEX). Hizo entrega de la distinción D. Agustín Hospital García, Presidente de ACEX.



D. Adolfo Garrachón Fernández, Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias, y D. Luis Miguel Lobo Rodríguez (Atenea, S.L.) recogen el premio de la categoría general (empresas no asociadas). Entregó el galardón el Subdirector General de Gestión de Tráfico y Movilidad de la DGT, D. Federico Fernández Alonso.



Dña. Charo Cornejo, Subdirectora General de Conservación del Ministerio de Fomento, recoge la Mención honorífica de la Junta Directiva de ACEX otorgada a la Campaña de Vialidad Invernal 2009-2010 de la Dirección General de Carreteras del citado ministerio. Entregó la distinción el Director General de Carreteras, D. Aureliano López Heredia.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos concedió seis Medallas de Honor y dieciocho al Mérito Profesional

# Entrega de las Medallas 2010

**E**n Madrid, el 19 de mayo de 2010 y en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos tuvo lugar el acto de entrega de Medallas 2010. La ceremonia estuvo presidida por **Juan Francisco Lazcano Acedo**, vicepresidente de la entidad, acompañado de los miembros de la Junta de Gobierno del Colegio. En el solemne acto se entregaron seis Medallas de Honor y dieciocho Medallas al Mérito Profesional.

Este reconocimiento, que brinda el Colegio de Ingenieros de Caminos con carácter anual, distingue a los ingenieros de este gremio más destacados por su trayectoria profesional. Santiago Hernández y María Gabriela Mañueco, condecorados con las Medallas de Honor y al Mérito Profesional, respectivamente, realizaron un breve discurso en representación de sus compañeros galardonados.

Este año, la Junta de Gobierno del Colegio acordó, en su sesión del 12 de abril de 2010, conceder las



Mesa presidencial. En la presidencia, Juan Francisco Lazcano Acedo, vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, acompañado por los miembros de la Junta de Gobierno.

**Medallas de Honor** a Fausto Comenge Ornat, Federico Gutiérrez-Solana Salcedo, Santiago Hernández Fernández, Manuel Lombardero Soto, Enrique Pérez-Galdós Menéndez-Ormaza y Jesús María Usechi Santamaría. Y las **Medallas al Mérito Profesional** a José Enrique Bofill de la Cierva, Vicente Cuéllar Mirasol, Federico Carmelo Fernández Alonso, María Gabriela Mañueco Pfeif-

fer, Juan José Monzonís Martínez, José María Morera Bosch, Ramiro Navarro Villegas, José Antonio Orejón Pajares, Carlos Parra Blanco, Pascual Pery Paredes, José Manuel Pradillo Pombo, Víctor Revuelta García, José Manuel Roca Pijuán, Santiago Serrano Pendán, Eduardo Serrano Sanz, Ángel Simón Grimaldos, Antonio Soriano Peña y Benjamín Suárez Arroyo. ■



Salón Agustín de Betancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. En las primeras filas, los galardonados.

# La Asociación Técnica de Carreteras presente en el Congreso Mundial de la IRF 2010



**L**os pasados 25 a 28 de mayo de 2010 y en la ciudad del Lisboa, la *International Road Federation* celebró su 16º Congreso Mundial al que acudieron más de 1500 participantes y 80 expositores y patrocinadores, y en el que España estuvo representada con uno de los pabellones que recibió una mayor afluencia de visitantes.

De acuerdo al convenio vigente entre la AIPCR y la IRF, y con motivo de la próxima celebración del Congreso Mundial de la Asociación Mundial de la Carretera, que se celebrará en México el año que viene, la asociación organizadora invitó a los Comités Nacionales de la AIPCR de España (Asociación Técnica de Carreteras), cuya delegación fue presidida por Francisco Caffarena, Director de la ATC, y México, en cuyos stands dieron pública información y facilitaron todo tipo de detalles sobre la actualidad relativa al Congreso Mundial de la Carretera de México.

A lo largo del congreso los stands recibieron la visita de la Presidenta de la AIPCR, Anne Marie Leclerc y de María Fortunata Dourado, Directora del Comité Nacional portugués, auditora y miembro de la Comisión de Finanzas de la AIPCR, a la que corresponden las imágenes. ■



Las imágenes superiores corresponden a la visita a los stands de la Presidenta de la AIPCR, Anne Marie Leclerc, acompañada de la representante portuguesa, María Fortunata Dourado, quienes recibieron todo tipo de información por parte de Francisco Caffarena, Director de la ATC, y Rodolfo Félix, Coordinador General del próximo Congreso Mundial de la AIPCR (México, septiembre de 2011). En la foto inferior de la izquierda, D. Rodolfo Félix y D. J. Françoise Corté, Secretario General de la AIPCR.

Fotos: Eva Lázaro

## Carreteras

### Finalización de obras

#### Autovía del Noroeste A-6

El 17 de junio de 2010, el Ministerio de Fomento puso en servicio la Autovía del Noroeste (A-6), a la altura de la localidad leonesa de Trabadelo, una vez finalizadas las obras de reparación y estabilización del talud del p.k. 418.

Con su finalización, Fomento restablece la normalidad y fluidez en el tráfico de viajeros y mercancías entre Galicia y la Meseta a través de su principal arteria de comunicación. La apertura se realiza antes de que comience el período estival, momento en el que se incrementa de forma significativa la movilidad en esta zona.

El Ministerio ha destinado 35 millones de euros a estas actuaciones que se han desarrollado en los últimos meses con tres turnos diarios de trabajo ininterrumpidos y con todos los recursos humanos y materiales necesarios para garantizar la seguridad de los trabajos.

#### Antecedentes

En el verano de 2002 se inauguraba el tramo de la autovía del Noroeste (A-6) que une las localidades de Villafranca del Bierzo y Ambasmestas a través del estrecho valle del río Valcarce y del corredor de la actual N-VI. En el km 418 fue ejecutado un gran talud, cuyas dimensiones fueron ya muy superiores a las previstas inicialmente.

En febrero de 2009 se detectó una inestabilidad en esta ladera, situada en el p.k. 418 de la A-6, en su margen derecha. Para salvaguardar la seguridad de los usuarios de la autovía, el Ministerio de Fomento procedió a su corte inmediato en ambos sentidos. Se habilitó un desvío a través de la carretera N-VI a través de los enlaces de Trabadelo y de La Portela de Valcarce.

Por otra parte, con el objetivo de evitar incidencias de tráfico en el desvío, se organizó la circulación de los transportes especiales, en coordinación con la Dirección General de Tráfico y las Delegaciones del Gobierno de Castilla y Le-

ón y Galicia. El desvío ha funcionado con plena normalidad, con una intensidad media diaria de 9000 vehículos.

#### Desarrollo de los trabajos:

El Ministerio de Fomento comenzó la reparación del talud desde el mismo momento en el que se desencadenó la inestabilidad de ladera. Para ello, se organizaron los trabajos en turnos de manera ininterrumpida y se movilizó un importante volumen de recursos humanos y de maquinaria en las obras.

Los trabajos, ejecutados por las empresas Acciona y Dragados, se han desarrollado en las siguientes fases:

- Afianzamiento de la cabeza del deslizamiento para evitar su progresión hacia cotas superiores de la ladera, donde existen líneas eléctricas de alta tensión.
- Apertura de un total de 12 km de caminos de acceso a distintas zonas de trabajo en el talud.
- Descabezado del talud en bancadas en torno a los 5 m que han sido reforzadas.

Posteriormente, se ha ido descendiendo progresivamente, desde la nueva cota de cabeza del talud, que se sitúa 175 m sobre la rasante de la Autovía A-6, retirando el material movilizado en el deslizamiento de ladera que ha sido estabilizada con distintas medidas de sostenimiento y drenaje. Como datos más relevantes de las principales unidades de obra ejecutadas, debe destacarse la excavación y retirada de 510 000 m<sup>3</sup> de material, los trabajos de sostenimiento en los que se han empleado 6 200 m<sup>3</sup> de hormigón proyectado, los 85 000 m<sup>2</sup> de mallazo para tratar el talud y los 37 000 m de bulones. También se han instalado 21 500 m de drenes horizontales y se han ejecutado 2150 m<sup>2</sup> de muros anclados con 12 300 m de anclajes activos tesados a 120 toneladas.

Entre las actuaciones en cota de calzada se ha procedido a la colocación de una estructura porticada de protección tipo pérgola de 3570 m<sup>2</sup> en prolongación del túnel artificial existente, a efectos de evitar eventuales incidentes de explotación en el futuro. Además, se han re-



puesto y ampliado las instalaciones del falso túnel y de la nueva estructura de protección.

Se han restaurado ambientalmente las áreas en las que se han depositado los excedentes de tierra procedentes de las obras mediante 70 500 m<sup>2</sup> de hidro-siembras con especies autóctonas y plantaciones.

Se ha extendido una amplia red de instrumentación y auscultación en las zonas adyacentes al talud mediante inclinómetros biaxiales, piezómetros y células de carga que permitirán conocer en cualquier momento y por vía telemática los parámetros de seguridad del talud.

#### Personal y medios empleados en los trabajos:

En cuanto a medios humanos empleados, se ha contado con una media diaria de 50 trabajadores durante la ejecución de las obras.

Para la realización de las excavaciones y retirada de materiales a gran altura se ha contado con un equipo de tierras compuesto por 3 grandes retroexcavadoras y 12 camiones articulados de tracción total de 40 toneladas que se han desplazado por caminos con pendientes superiores al 25%. Para la ejecución de los sostenimientos y drenajes se ha contado con 4 carros perforadores, 2 gunitadoras para el hormigón proyectado, 2 grúas telescópicas, 3 perforadoras para la ejecución de los muros anclados y la maquinaria auxiliar necesaria.

Durante la ejecución de los trabajos ha primado el criterio de la seguridad de los propios trabajadores, no habiéndose registrado ninguna incidencia laboral en los muy complejos trabajos realizados con abundante maquinaria pesada en grandes alturas y con poco espacio para efectuar maniobras. ■

## La última iniciativa de ASEFMA

# El Centro Tecnológico Europeo del Asfalto

**R**ecientemente, junto a Asefma, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, la Universidad de Castilla-La Mancha y los Ayuntamientos de Ciudad Real y Valdepeñas han unido sus fuerzas e intereses para que el Centro Tecnológico Europeo del Asfalto, EUCAT, sea una realidad.

Todos estuvieron presentes en la puesta de largo del proyecto en el marco del paraninfo del campus universitario de Ciudad Real. Una infraestructura, la universidad, sin la que “el futuro centro hubiera sido inviable”, según quiso destacar el presidente regional, José María Barreda. Por este motivo, recordó el “importante salto hacia delante que la región ha dado en los últimos años” hasta



nacional, de las que 133 pertenecen a la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), que es la asociación promotora de esta iniciativa. De esta forma, el Centro Tecnológico del Asfalto vendrá a

sumarse a los siete centros tecnológicos con los que cuenta Castilla-La Mancha en la actualidad, los cuales dan servicio a sectores tan importantes para la economía regional como la madera, el textil, el calzado, la cerámica o, ahora, el de las mezclas asfálticas.

Por otro lado, Barreda

transmitió su esperanza por que “dentro de poco las carreteras y autovías de la región cuenten con asfaltos inteligentes que sepan aprovechar la energía y que se hayan fabricado en el Centro Tecnológico del Asfalto”.

La alcaldesa de Ciudad Real, Rosa Romero, se refirió a la importancia de que la capital de la provincia albergue los laboratorios del Eucat, algo “que vuelve a poner de manifiesto el potencial de nuestra ciudad y hace que podamos ser referente nacional y europeo en lo que a i+D+I se refiere”.

Igualmente, Jesús Martín, alcalde de Valdepeñas, ciudad en la que se ubicará la pista de ensayos del Eucat, no dudó en afirmar que con “proyectos como éste La Mancha se hace más universal”. Y es que tal es la importancia de este centro que incluso Alemania, primer país europeo productor de mezclas asfálticas, se ha interesado por él, y el único centro de estas características que existe en el mundo, ubicado en Estados Unidos, “se ha unido a nosotros para darnos su apoyo”, según declaró el presidente de Asefma, Jorge Ortiz Ripoll.

En Valdepeñas se ubicará una pista, situada en la finca La Nava, próxima a la A4, de 3 kilómetros de longitud a escala real que será la mayor de Europa, donde se experimentará con nuevos asfaltos. Se tratan de mezclas bituminosas con ninguna capacidad contaminante y sin alquitrán. Tendrá una capacidad de contratación superior a las 30 personas. Además, contará con un Centro de Experimentación y Simulación para formar a estudiantes en el sector de las mezclas asfálticas. ■



conseguir contar con la generación de jóvenes mejor preparados.

Ciudad Real y Valdepeñas se convertirán en el referente europeo dentro del sector de las mezclas asfálticas gracias a la próxima construcción del Centro Tecnológico Europeo del Asfalto (EUCAT), que será una realidad en el año 2012, y que estará ubicado conjuntamente en estas dos ciudades.

Un proyecto que nace de la apuesta decidida del Gobierno de Castilla-La Mancha por la investigación y el desarrollo y que se reflejará en la puesta en marcha de un instrumento de apoyo para uno de los sectores económicos más importantes de España, ya que este país es el segundo productor europeo de mezclas asfálticas detrás de Alemania. Un total de 180 son las empresas relacionadas con este sector dentro del ámbito



D. Juan José Potti, Gerente de ASEFMA.

## Asamblea General de AERCO

**E**l 29 de abril de 2009, AERCO celebró su Asamblea General que ha contó con la participación de Víctor Morlán, secretario de Estado de Infraestructuras y Planificación del Ministerio de Fomento, en la inauguración, y con la ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Elena Espinosa, para la clausura.

Entre otras cosas, la *Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Elena Espinosa*, anunció que, entre mayo y junio, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino va a licitar obras en infraestructuras hidráulicas por valor de 370 millones de euros. En este sentido, Elena Espinosa afirmó que, a pesar de las dificultades económicas y financieras derivadas de la crisis mundial, el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino no va a renunciar a su labor inversora en materia de infraestructuras hidráulicas, a través de una optimización de los recursos disponibles y de una mayor utilización de los fondos propios, fundamentalmente a través de las Sociedades Estatales del Agua.

La Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino presentó algunos ejemplos de esta movilización presupuestaria y obras emblemáticas y afirmando que el MARM apuesta por garantizar la disponibilidad de agua para todos los usos mediante nuevas infraestructuras hidráulicas y la mejora de las ya existentes. Así mismo, y en cuanto a la modernización de regadíos, explicó que el Ministerio trabaja en la Estrategia Nacional para la Sostenibilidad de los Regadíos Horizonte 2015, como continuación del último Plan de Choque de Modernización, con una inversión prevista de más de 1200 millones de euros.

Además, el Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2013 continúa ejecutándose, y se está trabajando en la potenciación de la recuperación y el mantenimiento medioambiental de las cuencas.



Todas las actuaciones en materia de aguas del MARM van encaminadas a superar las carencias en el control público del agua y en la garantía de los usos, adecuar la misma a la legislación y criterios de la Unión Europea, y garantizar los usos, los recursos no convencionales, la recuperación medioambiental y la gestión de riesgos, bajo el prisma de la racionalidad económica, sostenibilidad ambiental y la participación pública.

Por su lado, el *Presidente de AERCO, Javier Sáenz Cosculluela*, mostró su agradecimiento a los dos y valoró los esfuerzos que se están realizando en ambos ministerios con el fin de mantener la inversión productiva, a pesar de los momentos económicos actuales.

Así mismo, Sáenz Cosculluela señaló: “Creo que hay que valorar la constancia y la determinación para buscar fórmulas creativas que incrementen las inversiones productivas ya que éstas mantienen mucho empleo a la par que crean riqueza en el país”. Igualmente, se mostró satisfecho porque el Plan Extraordinario de Infraestructuras contemple proyectos de diferentes volúmenes de inversión lo que va a posibilitar la participación de empresas de diversos tamaños. De igual modo destacó la importancia que representa el Ministerio de Medio Ambiente para AERCO al ser el motor de desarrollo de las infraestructuras del agua.

El presidente quiso aprovechar esta oportunidad para presentar una nueva institución dentro del marco de la asociación, FUNDAERCO, Fundación para el Fomento de la Internacionalización, que pretende apoyar en la apertura de nuevos mercados a las empresas asociadas y crear una plataforma adecuada al suministrar un marco de actuación global que pueden utilizar las empresas.

FUNDAERCO va a posibilitar la presencia corporativa de las empresas asociadas en los foros internacionales, la localización de oportunidades de negocio, el conocimiento de los procesos administrativos y legales de las licitaciones internacionales, la evaluación de los riesgos de la operación, la preparación de los documentos de licitación, así como su posterior seguimiento.

De igual modo, insistió en la importancia de colaborar con la Administración Pública para el fomento de la internacionalización de las empresas constructoras de obra pública y así llegar a todos los mercados internacionales posibles.

### Sobre AERCO

La Asociación Nacional de Empresas Constructoras de Obra Pública (AERCO) se constituyó hace ya más de una década (1996) y aglutina a 31 empresas constructoras que desarrollan su actividad en la práctica totalidad del territorio nacional en el sector de la obra civil. ■

## II Premio Ingeniero Joven 2009

**E**l 11 de mayo de 2010, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos celebró la entrega de acreditaciones de la segunda edición del Premio Ingeniero Joven. Este año el reconocimiento ha sido para **Alfonso Pérez Estébanez**, que recibió el galardón de manos del presidente del Colegio, Edelmiro Rúa Álvarez; y del vicedecano de la Demarcación de Madrid, Carlos Gasca Allué. Los otros ingenieros de Caminos premiados, con dos accésit, son Valentín Gómez Jáuregui y Fernando Moréu Alonso.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos creó este premio, de carácter nacional, con el objeto de redistinguir e impulsar la trayectoria profesional y social de los ingenieros de Caminos menores de 35 años. El jurado ha valorado la parte técnica e innovadora de estos jóvenes, que son propuestos por profesionales del gremio, así como sus proyectos, iniciativas y actividades destacadas por su integración con el entorno, sostenibilidad y servicio a la sociedad.



Fila alta: Socorro Fernández Larrea, miembro del jurado del Premio y de la Junta de Gobierno del Colegio; Carlos Gasca Allué, vicedecano de la Demarcación de Madrid; Edelmiro Rúa Álvarez, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; y Elisa Bueno Carrasco, miembro del jurado del Premio y de la Junta de Gobierno del Colegio. Fila baja: Valentín Gómez Jáuregui, Alfonso Pérez Estébanez y Fernando Moréu Alonso.

Alfonso Pérez Estébanez destacó durante su carrera cumplimentando dos especialidades en la Escuela Politécnica de Madrid, Estructuras y Urbanismo, y participando muy activamente en la vida universitaria. Posteriormente se trasladó a Inglaterra para ejercer en el campo de la hidráulica. Se hizo

miembro del ICE, que en la actualidad pertenece a ICE-SPAIN. También ha trabajado como voluntario en Guatemala y El Salvador. Ha sido nombrado vocal colaborador del Consejo Nacional Español de Grandes Presas y ha alcanzado un alto compromiso respecto a temas medioambientales. ■

## PTC

**C**umpliendo con los objetivos fijados, la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, que ya cuenta con 31 organizaciones miembros y con 90 expertos del ámbito científico, tecnológico y empresarial trabajando unidos para construir “la carretera del futuro”, cierra un fructífero primer ciclo de reuniones de sus 6 Foros de Trabajo. La puesta en marcha de estos Foros, la herramienta principal de la que dispone la PTC para crear la Agenda de I+D+i del sector carretero español, pone de manifiesto el compromiso del sector de cara a hacer de España el referente internacional en materia de tecnologías asociadas a la carretera.

El primer ciclo de reuniones finalizó con la celebración del Foro de Trabajo de ITS y Movilidad, que ha contado con la participación de notables expertos del sector bajo la presidencia de D. Enrique Belda, Subdirector General Adjunto de Circulación de la DGT.

Con la mirada puesta en el futuro cerca-



no, el Director Gerente de la PTC, José Francisco Papi, apuesta plenamente convencido por lo que él denomina “la carretera del futuro de bandera española”. Recogiendo sus palabras, “España tiene la capacidad techno-



lógica y los recursos materiales y humanos adecuados para liderar la tecnología viaria a nivel internacional”, al tiempo que expresa su sorpresa por la ausencia de una mayor difusión de importantes proyectos de I+D+i nacionales más allá de nuestras fronteras.

En aras a optimizar y divulgar la capacidad tecnológica del sector carretero español, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, la PTC se ha comprometido a presentar un diagnóstico de la tecnología española de carreteras, así como un programa de prioridades de I+D+i para los próximos años, con anterioridad a la finalización del presente año.

Con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, la PTC ha activado Foros de Trabajo en las áreas temáticas de “ITS y Movilidad”, “Seguridad Vial”, “Materiales (NMP)”, “Energía y Sostenibilidad”, “Medio Ambiente” y “Transporte e Intermodalidad”, cuyas primeras reuniones han contado con la participación de personalidades como Dña. María Jesús Rodríguez de Sancho (Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), D. Juan Luis Plá (Jefe del Departamento de Transporte, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE) o el arriba citado D. Enrique Belda (DGT). ■

## Empresas

La empresa **HUESKER** nos informa de un cambio en su Gerencia. Tras doce años exitosos al frente de la dirección, D. Iñaki Amigot ha decidido encaminar su futuro profesional hacia otros objetivos. Por este motivo, presentó su renuncia el pasado mes de marzo.

HUESKER está presente en España desde el año 1998, año en el que se creó esta empresa con domicilio en Pamplona desde donde cubre todo el mercado nacional y portugués de los geosintéticos. Desde un primer momento, se ha caracterizado por el alto nivel técnico de sus ingenieros, así como por la calidad de sus productos y la fiabilidad de sus diseños.

En esta nueva etapa de HUESKER, es D. Javier Santalla, vinculado a la empresa desde sus comienzos, quien ha asumido la responsabilidad de dirigir al equipo manteniendo la filosofía de mejora continua y plena colaboración con Ingenierías, Administraciones y Empresas, para lograr alcanzar la mejor solución geotécnica mediante el diseño con geosintéticos.

Les deseamos suerte y ánimo en este nuevo periplo, que comienza en una época turbulenta y con un futuro incierto debido a la crisis que estamos sufriendo.

Por otro lado, y según nos informa la propia empresa, **Telvent** (NASDAQ: TLVT), implantará su solución Telvent Smart-Mobility™ Tunnel en los Túneles de Despeñaperros, La Cantera y el Corzo, que están siendo construidos por el Ministerio de Fomento a través de FCC en el tramo de la Autovía del Sur (A-4), que une Venta de Cárdenas con Santa Elena.

La construcción de estos nuevos 6 túneles, entre los que destaca el Túnel de Despeñaperros, con una longitud aproximada de 2 km, va a permitir reducir los tiempos de recorrido y reforzar la seguridad vial en esta autovía. Gracias a la solu-

ción, los operadores al cargo de la gestión y mantenimiento de los túneles tendrán conocimiento en todo momento de lo que está ocurriendo dentro del túnel, y podrán controlar el tráfico en tiempo real, así como estar preparados para responder de forma rápida y eficaz ante cualquier situación de emergencia que pudiera ocurrir dentro de las instalaciones. Esto va a permitir lograr mejoras en los tiempos de respuesta, así como en la eficiencia de los planes de mantenimiento de las infraestructuras.

El sistema se basa en su sistema propietario de control y adquisición de datos (SCADA OASyS).

Por su lado, **Proacón**, empresa especializada en construcción de obras subterráneas, nos informa que ha firmado un contrato por más de 200 millones de pesos para la ejecución de 6 nuevos túneles, que vienen a sumarse a los 14 que ya estaba ejecutando en el proyecto de la carretera Durango-Mazatlán. Dicha obra fue licitada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) del Gobierno Federal de México y es considerada la obra pública más relevante de los últimos años en este país, tanto por su complejidad como por su coste e importancia estratégica.

En este nuevo proyecto se van a desarrollar 2053 m en 6 túneles, que tienen una sección común de 110 m<sup>2</sup> útiles y 130 m<sup>2</sup> de excavación. Las longitudes varían entre los 123 m del más corto (Túnel de Salitreras), hasta los 710 m del más extenso (Túnel de Papayito III). El proyecto incluye el singular túnel del Baluarte, un túnel de más de 220 m<sup>2</sup> de sección excavada, que tras su finalización dará cabida a 4 carriles y estará situado frente al puente Baluarte, el mayor de Latinoamérica.

## Ingenieros Sin Fronteras

El miércoles 16 de junio, el presidente de Tanzania Jakaya Mrisho Kikwete inauguró el sistema de agua Mkongoro II, dentro del proyecto hidrosanitario que Ingeniería Sin Fronteras ApD (ISF ApD) desarrolla en Tanzania. Este sistema beneficiará a más de 40 000 personas de seis comunidades de la región de Kigoma.

Los efectos que tendrán este nuevo sistema de agua son numerosos, como la reducción de la mortalidad infantil y las enfermedades asociadas al uso de agua no potable, así como la mejora de actividades ligadas a la economía doméstica de las familias.

Kikwete incidió durante la inauguración en la importancia de mantener el sistema sostenible y en establecer una efectiva protección de la zona de toma de agua. En esta línea, ISF ApD ha trabajado para implicar de forma activa a las autoridades locales del distrito de Kigoma, quienes aportaron técnicos y se implicaron en la supervisión y resolución de conflictos relacionados con el programa hidrosanitario.

Un día antes, el representante de la Unión Europea, Bruno Lopes, asistía a la apertura de la oficina del Comité Comunitario de Gestión de Aprovisionamiento de Agua (COWSO - Community Owns Water Supply Organization), que se encargará del mantenimiento de la infraestructura de ese sistema.

Estos nuevos sistemas de agua suelen tener un efecto inmediato sobre el tiempo que emplean las mujeres de las comunidades en traer agua desde puntos que pueden estar a varias horas del hogar. Además, se ha realizado un esfuerzo especial para incorporar a las mujeres en los órganos de decisión de las asociaciones de usuarios de agua.

El programa hidrosanitario que ISF ApD desarrolla en Kigoma está financiado por la Unión Europea, la Comunidad de Castilla-La Mancha, el Cabildo de Tenerife, Caja Extremadura y los ayuntamientos de Guadalajara, Madrid y Murcia, así como aportaciones de colegios profesionales y entidades privadas.

## Fe de erratas

Por causas ajenas a la Redacción de la revista, en nuestro número anterior (**Rutas nº 137**), en el artículo **“Finalizado el tramo Santa Cruz de la Zarza - Tarancón de la A-40”** y en su ficha técnica (p. 47), aparece como autor del proyecto D. Juan José Pablos, de la empresa Inocsa, la cual figura además como Empresa Consultora, cuando en realidad el autor del proyecto es **D. Daniel Amo Granados**, y la empresa consultora redactora del proyecto fue la **UTE** formada por las empresas **TRN Ingeniería y Planificación de Infraestructuras, S.A.** y **GTT Ingeniería y Tratamientos del Agua, S.A.**

Lamentamos tan inintencionado error.

# Casi siempre creemos que la ingeniería es...



## pero la ingeniería también es...



Conducción de agua para abastecimiento de población rural (Tanzania). Foto: Elena Padial / ISF.

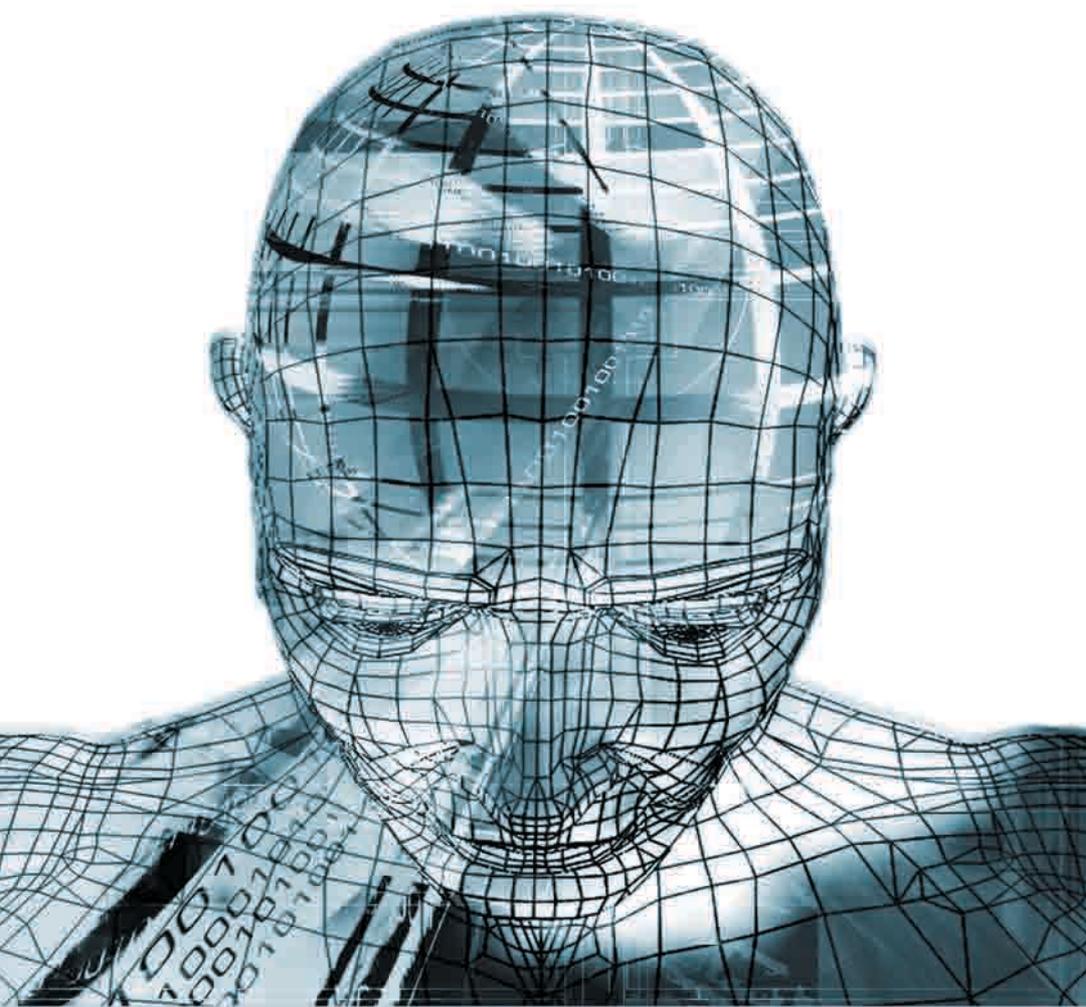
Instalación de una placa solar en un centro de salud (Alto Amazonas, Perú). Foto: EHAS / ISF.

Formación en Informática a agentes de desarrollo (Benín). Foto: Javier Simó / ISF.

## cuando la tecnología se pone al servicio del desarrollo humano

# INGENIERÍA A SU SERVICIO

Refuerzo de bases    DISEÑO    Refuerzo de Asfaltos  
Carreteras    Ferrocarriles    Aeropuertos  
Muros Verdes    GEOMALLAS    Vertederos  
Suelos Blandos    Recuperación de suelos contaminados  
Fenómenos de subsidencia    GEOTEXTILES    Textiles Técnicos  
GEOSINTETICOS



EXPERIENCIA

CONOCIMIENTO Y SEGURIDAD

INNOVACIÓN

EFICIENCIA

FLEXIBILIDAD

# HUESKER

ingeniería y calidad desde 1861

Pol. Industrial Talluntxe II Calle O, Nave 8  
31110 Noáin-Navarra  
Tfno: 948 198 606  
Fax: 948 198 157  
[www.huesker.es](http://www.huesker.es)  
[huesker@huesker.es](mailto:huesker@huesker.es)