



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



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 165  
OCTUBRE - DICIEMBRE  
2015

ISSN 1130-7102  
Revista Trimestral



# SEOUL

## WORLD ROAD CONGRESS

# 2015

### **RUTAS TÉCNICA**

Criterios de diseño de suelos reforzados con geosintéticos.  
Comparativa normativas DIN vs BS

### **RUTAS DIVULGACIÓN**

Medidas de protección del suelo y medio natural sobre  
obras lineales de Andalucía y Ceuta. Planificación integral

### **ACTIVIDADES DEL SECTOR**

XVIII CILA. Congreso Íbero Latinoamericano del Asfalto  
TRAFIC 2015. XIV Edición del Salón Internacional de la  
Movilidad Segura y Sostenible



## CARRETERAS SIEMPRE COMO EL PRIMER DÍA **CON LOS ASFALTOS DE CEPESA.**

En Cepsa contamos con una amplia gama de productos de última tecnología para cuidar y conservar el buen estado de las carreteras. Desde masillas sellantes hasta la **gama ELASTER**, última generación de betunes modificados con polímeros. Sea cual sea tu necesidad, **elige Asfaltos de Cepsa** y estrena **carretera cada día**.

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

**CEPSA**

## Tribuna Abierta

- 3 **La Certificación: ¿meta o medio?**  
Oscar Gutiérrez-Bolívar

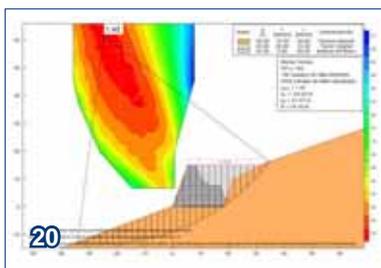


## PIARC / AIPCR

- 5 **Congreso Mundial de la Carretera Seúl 2015**

## Rutas Técnica

- 20 **Criterios de diseño de suelos reforzados con geosintéticos. Comparativa normativas DIN vs BS**  
*Criteria on the design of reinforced soil structures with geosynthetics. Comparison Standards DIN vs BS*  
Patricia Amo Sanz, José Luis Cuenca Lorenzo y José Manuel Martínez Santamaría



## Rutas Divulgación

- 35 **Medidas de protección del suelo y medio natural sobre obras lineales de Andalucía y Ceuta. Planificación integral**

## Cultura y carretera

- 49 **Cine y Carretera**



## Socios ATC

- 53 **Asfaltos en REPSOL**

## Actividades del Sector

- 55 **XVIII CILA. Congreso Íbero Latinoamericano del Asfalto**  
57 **TRAFIC 2015. XIV Edición del Salón Internacional de la Movilidad Segura y Sostenible**



## Noticias ATC

- 61 **La ATC entrega sus distinciones como Socio de Honor y Socios de Mérito**  
64 **Jornada Técnica. Guía para la Redacción del Plan de Mantenimiento en Puentes**  
69 **Jornada Técnica. El Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera**  
72 **Jornada Técnica. Aumento de la Capacidad y la Seguridad en Carreteras de Calzada Única**

## Cursos ATC

- 73 **Curso de formación de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera 2015**

## ATC

- 74 **Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras**  
75 **Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras**  
76 **Socios de la Asociación Técnica de Carreteras**





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



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

DIALNET · ICYT ·  
LATINDEX (Catálogo y Directorio)



**Edita:**

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

**Comité Editorial:**

**Presidente:**

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

**Vicepresidente de estrategia:**

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

**Vicepresidente ejecutivo:**

Julio José Vaquero García Dirección General de Carreteras, M. Fomento (España)

**Vocales:**

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

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

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

**Redacción:**

Asociación Técnica de Carreteras

**Publicidad:**

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

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

Ediciones Técnicas PAUTA  
direccion@edicionespauta.com

**Arte Final e Impresión:**

Gráficas ARIES

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

Todos los derechos reservados.

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

**Precio en España: 18 euros +IVA**

©Asociación Técnica de Carreteras

**REVISTA RUTAS**

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

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

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



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

N° 165 OCTUBRE - DICIEMBRE 2015

# La Certificación: ¿meta o medio?

La exigencia a las empresas de un número cada vez más creciente de certificaciones de distinto tipo debería conducir a una parada en esa carrera para reflexionar sobre lo que verdaderamente deben o deberían aportar esas certificaciones.

Podría entenderse, de forma simplificada, por certificación el testimonio de un externo sobre unos determinados requisitos que cumplen los productos o los sistemas de una organización. Conviene distinguirla de la acreditación que es la que se da a ciertas organizaciones que pueden, a su vez, hacer evaluaciones sobre la conformidad de las acciones de otros.

La certificación se relaciona en muchos casos con las exigencias de las Administraciones, de clientes privados o de ese oscuro sujeto que es un supuesto «mercado». Es decir, en muchos casos se trata de una exigencia externa que no queda más remedio que cumplir para que las empresas no se vean desplazadas por falta del cumplimiento de un requisito que, en ocasiones, solo representa un trámite burocrático que resulta insoslayable.

Ciertamente ese no es el espíritu de las certificaciones; pero el espíritu o la filosofía de las normas o de las leyes es algo que no siempre preocupa a los que se ven afectados por ellas.

Es también cierto que los que adquieren un bien o un servicio se sienten más seguros si existen unas certifi-

nes que puedan garantizar la bondad de su adquisición.

También es cierto que juzgar intenciones es un asunto escabroso. Conocer si verdaderamente un sistema o una filosofía forman parte de lo que se denomina «cultura» de la empresa, o el grado de relevancia que se le da, son objetivos casi imposibles para ser detectados por una auditoría, un organismo certificador o por un cliente. Los indicios o sospechas no suelen ser suficientes.

Abundando en el lado negativo, existe una necesidad muy extendida en nuestra sociedad de reglamentarlo todo con gran profusión de detalles. Por eso cuando las exigencias, como está ocurriendo cada vez más por influencia de la Unión Europea, se refieren a resultados finales y no a cómo se siguen unos pasos pormenorizados hasta conseguirlos, se produce una gran desazón en las personas responsables de las empresas. Es verdad que se traslada la responsabilidad, pero también se abren puertas a la innovación, al librarse del rígido corsé de unas especificaciones muy prolijas. Hay normas sobre asuntos graves, como la de prevención de riesgos laborales, que no solo desconciertan a los especialistas, sino también a los mismos jueces que no se encuentran amparados por unos reglamentos detallados que prevean una panoplia de acciones reglamentadas. Cuando se obliga a estudiar cada caso concreto y a decidir qué medidas hay que tomar, se produce una pérdida de asistimiento que lleva incluso a evitar esos casos que, al no estar



Oscar Gutiérrez-Bolívar

**Coordinador del Tema Estratégico 4  
de la PIARC**

regulados de forma precisa, tampoco conllevan de hecho responsabilidades legales. Tal vez la influencia de la legislación y la jurisprudencia anglosajonas en esas nuevas formas de ordenamiento se haga difícil para ser asimilada por los países con otras tradiciones jurídicas. Aunque el problema ya es antiguo pues, como indicaba Tácito, «*corruptissima re publica plurimae leges*», indicando la falta de capacidad del Estado que, al verse impotente para que las leyes cumplan sus objetivos, reacciona con una desbordada producción legislativa. Es notoria la profusión de leyes “*ad hoc*” para casos específicos, que están de sobra cubiertos por normativas que ya existían.

No se trata de hacer una reflexión jurídica, pero sí de indicar que por encima de los detalles y de las normativas debe existir un compromiso para conseguir unos determinados fines.

La calidad, por ejemplo, debería tener como principal objetivo hacer que las empresas fueran rentables. Cuando Deming revoluciona en Toyota el mundo de la producción invocando a la calidad total, lo hace para conseguir unas ventajas que se materializaron en la realidad. No se trataba de imponer unos métodos para hacer las cosas bien solo por satisfacción o vanidad personal; se pretendía, sobre todo, hacer viable y competitiva a la industria del automóvil. ¡Claro que el gusto por la calidad es un objetivo moral y estético loable; pero es que además parece ser rentable! Sin esa premisa cualquier otro planteamiento sobra.

Por todo, se quiere hacer hincapié en que las certificaciones en calidad, en I+D+i, en materia ambiental, en responsabilidad social corporativa, en seguridad, y otras deben ser asumidas por todo el cuerpo de cada empresa o institución, empezando por la cúpula y abarcando a todas las personas, incluyendo a los colaboradores. Pero ese compromiso no debería tener como único objetivo mostrar unos documentos o certificados a los clientes. El objetivo primordial debería ser un funcionamiento mejor de las organizaciones que dé como resultado la consecución de ciertas ventajas competitivas y un aumento de la rentabilidad. Es un auténtico desperdicio utilizar esos sistemas solo de cara al exterior y no como instrumentos de clara

mejora interna. La certificación debería entenderse como un servicio y un instrumento de mejora para las empresas. En ese sentido más que la normalización, que no cabe duda que tiene ventajas, lo que debe buscarse es la mejora continua. Se necesitan canales de comunicación verticales y horizontales que permitan que las buenas ideas surjan y fluyan independientemente del nivel donde se originen.

En la industria de construcción, conservación y explotación de carreteras hace tiempo que se vienen adoptando sistemas que certifican sus actividades desde los puntos de vista mencionados. Están muy extendidos los sistemas de normalización de los procedimientos para realizar las distintas actividades. Pero tal vez sería necesario incidir más en la mejora de los procesos y en el desarrollo de nuevas técnicas y métodos. Es imprescindible que toda la organización productiva se sienta partícipe y responsable en ese camino de mejora. Las empresas del sector han conseguido notables éxitos en el exterior; pero debería aumentarse la aportación de productos o métodos que supongan mejoras en las distintas actividades. Ya son muchas las empresas, y habría que destacar a las de carácter auxiliar, que hace tiempo que han emprendido ese camino; pero quedan muchas oportunidades y posibilidades que hay que aprovechar.

Por alguna razón los planteamientos estratégicos de grandes principios o de reflexiones de carácter filosófico no están muy extendidos. La acción y la ejecución tienen mayor predicamento. Pero tal vez este sea el momento en el que se empiece a vislumbrar la necesidad de un cambio de paradigma que permita afrontar con buenos pertrechos el futuro. Esa actitud, al igual que la de la búsqueda continua de la mejora, debe empezar a formar parte de la actividad rutinaria de cada día. La burocracia y la normalización son imprescindibles y de gran ayuda, pero no bastan. Las herramientas más rentables de cualquier organización son las personas; y o se aprovecha el potencial mayor que tiene cualquier ser humano, como es la creatividad, o se corre el riesgo de perder unas capacidades notables, adquiridas mediante una excelente y costosa formación, que son las que permitirán reafirmar las posición de liderazgo de las empresas del sector. ❖

# Congreso Mundial de la Carretera Seúl 2015

“Carreteras y movilidad – Creando nuevos valores desde el transporte”



Del 2 al 6 de noviembre de 2015 se celebró en Seúl, República de Corea, el XXV Congreso Mundial de la Carretera, la gran cita mundial del sector, que organiza la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) cada cuatro años desde 1908.

El lema del Congreso “Carreteras y movilidad - Creando nuevos valores desde el transporte” puso en relieve los valores añadidos que el transporte en general, y el transporte por carretera en particular, tiene para la sociedad en un contexto global con exigencias

de rendimiento sobre los recursos y preocupaciones medioambientales.

El Congreso reunió a cerca de 3000 participantes procedentes de 110 países, entre los que se encontraban ministros y viceministros de 35 naciones y directivos de los más importantes organismos internacionales relacionados con el transporte. A través de 50 sesiones técnicas se ofreció un panorama mundial de los avances y desafíos actuales del sector de las carreteras, incluyendo la presentación de los resultados del ciclo de trabajo

de cuatro años de los Comités Técnicos internacionales de la Asociación Mundial de la Carretera.

## SESIÓN DE INAUGURACIÓN Y MENSAJES INSTITUCIONALES

La Sesión de Inauguración contó con las intervenciones del presidente y secretario general de la Asociación Mundial de la Carretera, Oscar de Buen Richkarday y Jean-François Corté, y del ministro de Territorio, Infraestructura y Transporte de Corea, Il-Ho Yoo.

Los discursos resaltaron el papel crucial que puede jugar el sector de la carretera en diversos desafíos a nivel mundial. Se hizo referencia a la Conferencia sobre el Cambio Climático que recientemente se ha reunido en París (30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015) para intentar conseguir un acuerdo mundial que limite el aumento de la temperatura del planeta por debajo de 2°C, al Decenio de Acción para la Seguridad Vial y el informe 2015 de la OMS, que estima la existencia de 1,25 millones de muertos anuales en la carretera y entre 20 y 50 millones de herido, lo que la convierte en la tercera causa de muerte en el mundo y, finalmente, la implicación de la carretera en los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por Naciones Unidas.

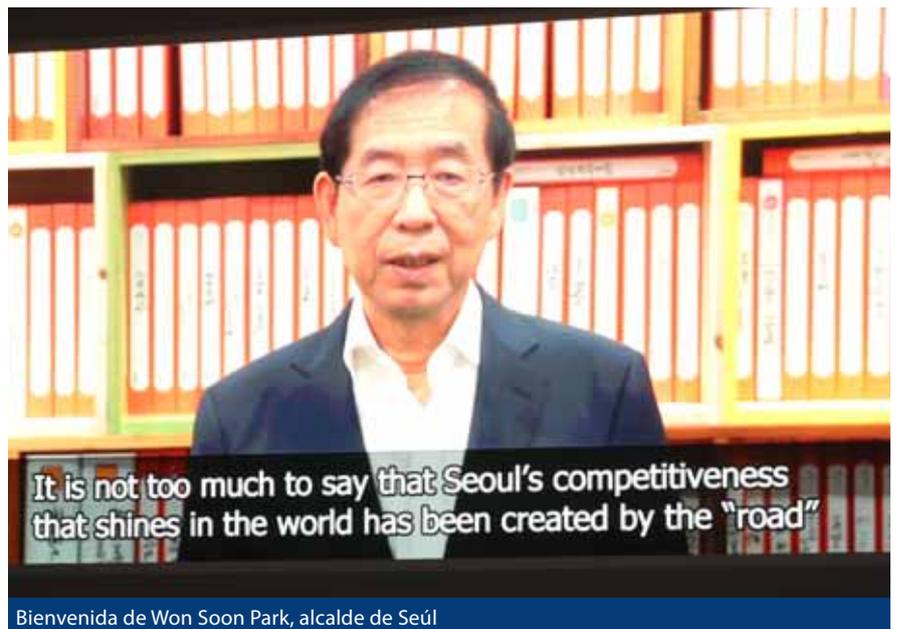
La Sesión contó, además, con la bienvenida de la presidenta de la República de Corea, Geun-Hye Park, y del alcalde de Seúl, Won Soon Park, que no pudieron asistir al acto pero que lo hicieron a través de sendos vídeos, así como con el mensaje enviado por el secretario general de Naciones Unidas, Ban Ki-Moon. Este último señaló que el transporte sostenible desempeñará un papel crucial en el logro de los objetivos de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible lanzada por la ONU, «de ahí que muchos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible incluyan metas relacionadas con el transporte».

El secretario general de la ONU quiso destacar también los esfuerzos realizados por PIARC en el marco del Decenio de Acción para la Seguridad Vial puesto en marcha por la OMS «para proporcionar a la comunidad vial nueva información relacionada con la seguridad».

En su mensaje, Ban Ki-Moon también elogió la labor realizada para adaptarse a las nuevas condiciones relacionadas con el cambio climático destacando que «la investigación que llevan a cabo sobre sistemas de transporte por carretera bajos en carbono puede contribuir al debate». Antes de despedirse deseando una



Oscar de Buen, durante su intervención en la Sesión de Inauguración del Congreso



Bienvenida de Won Soon Park, alcalde de Seúl

semana productiva de intercambios, el secretario general de Naciones Unidas finalizó su intervención con las siguientes palabras: «Para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible es imperativo que los países desarrollados compartan sus conocimientos y tecnología con los países en desarrollo. Su Asociación no ha dejado de demostrar un compromiso admirable en este sentido y les animo a que sigan trabajando juntos».

La Sesión de Inauguración se cerró con la entrega de los Premios PIARC 2015 a los mejores artículos presentados al Congreso. Un Jurado Internacional, compuesto por los miembros

de los países patrocinadores de estos premios, el secretario general de PIARC y presidido por Jane Weldon, Primera Delegada de Canadá y presidenta de la Comisión de Comunicación de la Asociación, otorgaron los premios de las diferentes categorías a los siguientes artículos:

- Premio "Jóvenes profesionales", patrocinado por México, a Catherine Roh (Nueva Zelanda) por "Gestión proactiva de riesgos con taludes – Estudio piloto en la garganta Waioeka".
- Premio "Países en desarrollo", patrocinado por Japón, a Carlos Andrade Neto, Jorge Rufino (Angola)

e Iván Machado (Cuba) por *“Tomar decisiones en la rehabilitación de pavimentos flexibles basadas en medidas no destructivas”*.

- Premio “Seguridad de los usuarios y trabajadores de la carretera”, patrocinado por Australia y Nueva Zelanda, a Paul De Leur y David Hill (Canadá) por *“Justificar inversiones en seguridad vial para puntos sin accidentes a través de la cuantificación del riesgo en seguridad vial”*.
- Premio “Desarrollo sostenible”, patrocinado por Andorra, a Toni-Petteri Paju (Finlandia) y Kenneth Yamu (Papúa Nueva Guinea) por *“Proyecto piloto para cuantificar beneficios socio-económicos de los proyectos de rehabilitación para su priorización”*.
- Premio “Diseño y construcción de carreteras”, patrocinado por Bélgica, a Anne Kjerkreit, y James Odeck (Noruega) por *“La precisión de los análisis coste beneficio ex-ante: resultados del sector de las carreteras en Noruega”*.
- Premio “Mantenimiento y explotación de carreteras”, patrocinado por Arabia Saudita, a David Hinds (Australia) por *“Reconstrucción / recuperación de la red de transportes frente a múltiples catástrofes naturales”*.
- Premio “Carreteras e intermodalidad”, patrocinado por Canadá-Quebec, a Sonja Heikkilä (Finlandia) por *“Revolucionar la movilidad personal ofreciendo la movilidad como un servicio completo”*.

Todos los artículos premiados estarán incluidos en las Actas del Congreso y la revista *Routes/Roads* publicará un resumen de los mismos en su número de febrero 2016.

## SESIÓN DE MINISTROS

Las sesiones plenarias del primer día del Congreso se cerraron, como de costumbre, con la Sesión de Ministros, en la que participaron ministros y vice-ministros de 35 países (22 ministros y 13 viceministros) que representan, en

conjunto, el 35% de las carreteras y el 38% de las autopistas a nivel mundial.

Los países representados fueron: Arabia Saudita, Australia, Bulgaria, Camboya, Colombia, Congo (República Democrática), Corea, Costa de Marfil, El Salvador, Estados Unidos, Etiopía, Filipinas, Hungría, Irán, Japón, Lituania, Madagascar, Malasia, Malta, Marruecos, Mauricio, México, Mongolia, Myanmar, Pakistán, Paraguay, Senegal, Sudáfrica, Suazilandia, Suecia, Túnez, Uruguay, Uzbekistán, Vietnam y Zimbabue.

En esta Sesión se organizaron tres mesas redondas. En la primera, el debate fue introducido por Oscar de Buen y abordó la financiación sostenible de las infraestructuras de carreteras, que ha experimentado cambios

sustanciales desde la crisis financiera de 2008. Se debatió sobre los peajes, los impuestos sobre los combustibles y las emisiones, y las últimas perspectivas de asociaciones público privadas con el objetivo de conseguir movilizar más fondos para las infraestructuras de carreteras; a la vez que se discutieron técnicas de relaciones públicas y métodos para movilizar a la opinión pública con el fin de garantizar los recursos financieros.

El debate de la segunda mesa redonda fue introducido por José Viegas, secretario general del Foro Internacional del Transporte de la OCDE, y abordó cómo mejorar los servicios que se ofrecen a los usuarios de la carretera. Se discutió mucho sobre los medios disponibles para mejorar la



David Hinds premiado en la categoría “Mantenimiento y explotación de carreteras”



Sesión de Ministros

## PABELLÓN ESPAÑOL



El pabellón de España gozó de una posición privilegiada dentro de la zona de exposición, entre los pabellones de Corea y PIARC, ya que fue la primera superficie que se reservó una vez que se abrió el plazo de inscripción. El pabellón de España, coordinado por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), contó con la participación del Ministerio de Fomento, la Dirección General de Tráfico, la Comunidad de Madrid, ACEX, ASEFMA, OFICEMEN, FIDEX, Acciona, Ineco, Sacyr y Talleres Zitrón. En él se expusieron proyectos emblemáticos de carreteras mostrando el conocimiento, tecnología y experiencia con el que cuenta el sector de las carreteras en España.

seguridad vial y el planeamiento eficaz. Los ministros debatieron también sobre los mecanismos para promover la intermodalidad mejorando la accesibilidad, la información sobre el tráfico para viajes más rápidos y seguros, la atenuación de los atascos en las grandes ciudades y el fomento del transporte público.

El debate de la tercera mesa redonda fue introducido por Do-yeop Kwon, antiguo ministro de Territorio, Infraestructura y Transportes de Corea, y abordó el uso de las nuevas tecnologías y cómo pueden enfocarse desde la perspectiva específica de los desafíos del sector de la carretera, subrayando las cuestiones ligadas a su implantación y aplicación, tanto en los vehículos como en la infraestructura.

La Sesión de Ministros concluyó con la adopción de una Declaración Ministerial de Seúl, por la que los ministros y jefes de delegación presentes se comprometieron a incrementar la cooperación en las áreas de financiación sostenible de las infraestructuras de carretera, mejora de los servicios al usuario de la carretera, y apoyo y desarrollo de nuevas tecnologías, tanto durante el transcurso del XXV Congreso Mundial de la Carretera como en el próximo ciclo de trabajo de la Asociación Mundial de la Carretera.

### EXPOSICIÓN DEL CONGRESO

Tras la Sesión de Ministros se inauguró la Exposición del Congreso. El presidente de PIARC, junto con el presidente del Comité Organizador y los 35 ministros y viceministros, cortaron la cinta de inauguración tras lo cual se celebró en el pabellón de Corea la ceremonia tradicional de *jinbalgi*; una ceremonia ancestral entre la danza y el teatro que tiene como objetivo rezar a los dioses por la abundancia y alejar a los malos espíritus.

La totalidad del espacio disponible en la zona de exposición —545 módulos distribuidos sobre una superficie de más de 10 000 m<sup>2</sup>— estaba agotada meses antes de la fecha límite y en ella

se montaron los pabellones nacionales de 17 países, así como los estand de expositor de un total de 114 empresas de 22 países diferentes.

En la Exposición se presentaron las redes de infraestructuras de los distintos países participantes, así como las últimas tecnologías del sector de la carretera, destacando los temas vinculados a la aplicación de proyectos de investigación y desarrollo, así como a sistemas de transporte inteligente (ITS).

La Exposición estuvo abierta a los congresistas desde el lunes. A partir del martes pudieron acceder los estudiantes e invitados de los expositores. Y de miércoles a viernes pudo acceder el público en general con la compra de una entrada por valor de 10 000 won (8 euros), que fueron integralmente donados a Unicef durante la cena de gala. En total cerca de 30 000 visitantes-día accedieron a la Exposición.

La primera jornada finalizó con el Cóctel de Bienvenida en la misma zona de Exposición, momento que sirvió para intercambiar experiencias y expectativas en un ambiente distendido entre los participantes al Congreso.

## SESIONES TÉCNICAS

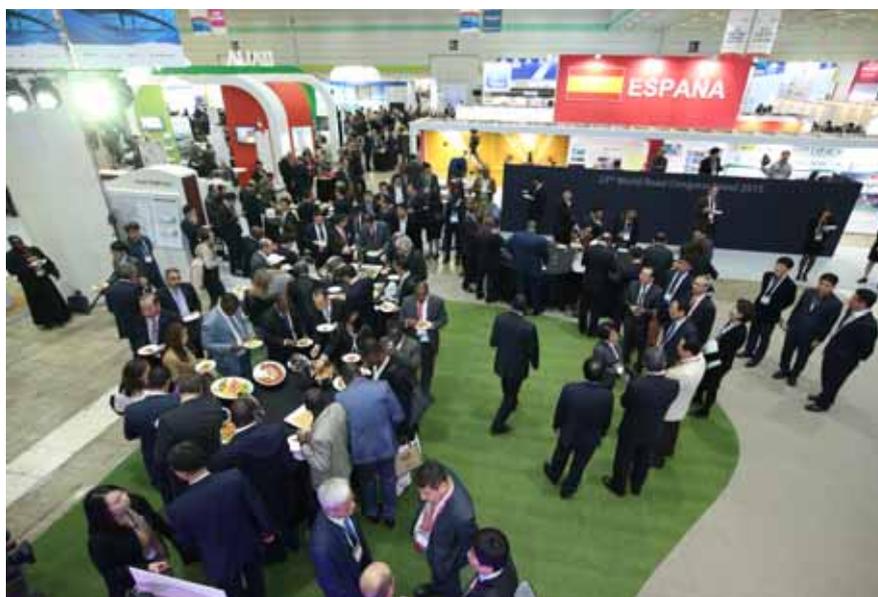
El contenido técnico del Congreso se desarrolló a través de 50 eventos distribuidos de la siguiente forma:

- 3 Conferencias Magistrales
- 4 Sesiones de Orientación Estratégica
- 17 Sesiones de los Comités Técnicos
- 14 Sesiones Especiales
- 6 Talleres
- 6 Sesiones de Pósteres

## Conferencias Magistrales

El objetivo de las Conferencias Magistrales fue ofrecer el punto de vista de una persona de prestigio a nivel mundial del sector de las carreteras sobre un tema específico.

La primera Conferencia Magistral estuvo protagonizada por Do-young Kwon, profesor de la Universidad Nacional de Seúl y antiguo ministro del Territorio, Infraestructura y Trans-



Inauguración de la Exposición del Congreso



Actuación en el pabellón de Malasia en la Exposición del Congreso

portes de la República de Corea, que compartió con los congresistas la estrecha relación entre el desarrollo económico de Corea y la red de carreteras del país. De hecho, más allá de los círculos del sector de la carretera, está ampliamente aceptado que el rápido desarrollo económico que llevó a Corea de ser uno de los países más pobres del mundo en los años 60 a uno de los más ricos y desarrollados en la actualidad, se apoyó en el desarrollo de la autopista Gyeongbu que cruza el país desde el área de Seúl hasta el extremo sudeste de la Península de Corea. Una infraestructura de más de 400 km construida entre febrero de

1968 y julio de 1970, alguno de cuyos tramos se ampliaron en 1996 a 6, 8 y hasta 10 carriles. Kwon destacó tanto el crecimiento económico generado por la construcción de las infraestructuras de carreteras, como su aportación a la economía durante su explotación permitiendo el transporte de personas y mercancías, así como la conexión que establece entre los centros de producción y los consumidores. El desarrollo de las infraestructuras de carreteras en Corea está intrínsecamente ligado al denominado "milagro [económico] del río Han", y fue la construcción de estas infraestructuras la que dotó a las empresas coreanas de construc-

ción con la tecnología y experiencia necesarias para desarrollar proyectos en los mercados internacionales. Por último, el antiguo ministro coreano subrayó que las nuevas funciones que la sociedad otorga a las infraestructuras de carreteras van mucho más allá del transporte, siendo parte intrínseca de muchas actividades de ocio.

La segunda Conferencia Magistral estuvo a cargo del vicepresidente del Banco Asiático de Desarrollo (BASD), Wencai Zhang, quien ofreció una perspectiva desde el punto de vista asiático sobre el futuro de la infraestructura de transporte. El señor Zhang ofreció el punto de vista del BASD de cómo las inversiones en infraestructuras pueden ayudar a Asia a superar con éxito la actual coyuntura económica, al mismo tiempo que favorecerán la expansión de los mercados y la integración regional. *«El ascenso económico de Asia y su transformación en una potencia económica mundial ha sido una de las historias de mayor éxito de desarrollo económico de los últimos tiempos. Durante este siglo, Asia será el hogar de la mayor parte de la clase media del mundo y el mayor productor de bienes y servicios. Por otro lado Asia continúa albergando a 1400 millones de personas —el 64,7% de la población mundial— que viven con menos de 2 dólares al día».* El BASD considera que las inversiones en infraestructura pueden jugar un papel crucial para reducir las desigualdades económicas, aliviar la pobreza y lograr un crecimiento alto, inclusivo y sostenible, aportando estabilidad social y política.

La tercera Conferencia Magistral la realizó François Provost, CEO y director de Renault Samsung Motors, y se consagró al transporte sostenible a través de las tecnologías de los vehículos eléctricos y autónomos en relación a la micro movilidad. Provost subrayó la necesidad apremiante de que los vehículos generen menos emisiones y, en particular, menos emisiones de efecto invernadero. Para Renault Samsung el vehículo eléctrico es una alternativa real que



Oscar Gutiérrez Bolívar durante su intervención en la Sesión de Orientación Estratégica sobre optimización de las inversiones en carreteras

está siendo respaldada por los mercados de consumidores, creciendo hasta 10 veces más rápido que los vehículos de combustión. En Europa el incremento del mercado de vehículos eléctricos es 25 veces mayor que el de otros vehículos ecológicos como los híbridos. El punto de vista de Renault Samsung es que los beneficios de los coches eléctricos no se limitan a la reducción de emisiones, sino que son fuente de toda una economía creativa, por lo que en el transcurso de muy poco tiempo este tipo de vehículos formarán parte de la vida cotidiana de personas de todo el mundo.

## Sesiones de Orientación Estratégica

Los Comités Técnicos de la Asociación Mundial de la Carretera se organizan en torno a cuatro temas estratégicos: Gestión y rendimiento, Acceso y movilidad, Seguridad, e Infraestructura, cada uno de los cuales contó con una Sesión de Orientación Estratégica. Las sesiones se desarrollaron en base a los informes nacionales remitidos por los países miembros sobre estos temas y el desarrollo que efectuaron cada uno de los Coordinadores de Tema Estratégico.

Un año antes de la celebración del Congreso, PIARC invitó a los 122

países miembros de esta Asociación a presentar informes nacionales sobre las experiencias y las reflexiones en curso en cada uno de ellos sobre los asuntos que serían abordados en las Sesiones de Orientación Estratégica; en concreto:

- El papel de las administraciones de carreteras en una sociedad multimodal.
- Movilidad e incremento de la urbanización.
- El camino de las administraciones de carreteras hacia carreteras más seguras.
- Optimizar las inversiones en carreteras y rendición de cuentas.

Se recibieron más de 50 informes nacionales en respuesta a esta invitación, a partir de los cuales los Coordinadores de Tema Estratégico pudieron estructurar las Sesiones. Tuvo particular éxito la Sesión de Orientación Estratégica sobre optimización de las inversiones en carreteras y rendición de cuentas, organizada y presidida por Óscar Gutiérrez-Bolívar, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España, que ofreció la visión sobre el tema de las administraciones de carreteras de Alemania, Canadá, Eslovenia, España y Senegal, así como unas reflexiones sobre la importancia que se otorga a cada activo de la carretera en relación a su vida



María del Carmen Picón durante su intervención en la Sesión de Orientación Estratégica sobre optimización de las inversiones en carreteras



José Manuel Blanco durante su intervención en la Sesión de Orientación Estratégica sobre el papel de las administraciones de carreteras

útil por parte de Paul Garnica, del Instituto Mexicano del Transporte, y una presentación sobre cómo los datos del estado de la carretera pueden traducirse en conocimiento práctico que permite tomar decisiones, por parte de Neil Peterson, director ejecutivo del TRB (*Transportation Research Board*) de Estados Unidos. Aunque la parte que más reacciones provocó por parte de los congresistas fue, sin duda, la mesa redonda final bajo el título de “Punto de encuentro del público, los responsables políticos y los gestores técnicos”, en la que profesionales vinculados desde hace décadas a la gestión de las infraestructuras de carreteras asumieron los roles del usuario de la carretera, el político y el gestor técnico, presentado sus puntos de vista, sus diferentes expectativas y los plazos en los que centran sus reflexiones.

Las Sesiones de Orientación Estratégica del Congreso contaron con la participación de otros dos ponentes españoles de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento: José Manuel Blanco Segarra y María del Carmen Picón Cabrera. El primero presentó los Informes Nacionales sobre “El papel de las administraciones de carreteras en una sociedad multimodal” y “El camino de las administraciones de carreteras hacia carreteras más seguras”, mientras que la segunda presentó el Informe Nacional sobre “Optimizar las inversiones en carreteras y rendición de cuentas”.

### Sesiones de los Comités Técnicos

Los Comités Técnicos internacionales representan el corazón de la actividad de la Asociación Mundial de la Carretera, funcionando en ciclos de trabajo de cuatro años que concluyen con un Congreso Mundial de la Carretera en el que se exponen los trabajos, los resultados y las conclusiones a las que han llegado.

Estas Sesiones son, por tanto, una parte esencial de los Congresos Mundiales y en muchas ocasiones suponen el lanzamiento oficial de los Informes Técnicos o las herramientas web que los Comités Técnicos han desarrollado durante cuatro años.

El contenido fundamental de la Sesiones de los Comités Técnicos es desarrollado por los propios miembros de los Comités, si bien también hay cabida para algunas presentaciones que provienen de la invitación a ponencias del Congreso, en particular todas aquellas que han sido galardonadas con un Premio PIARC, o que el Comité Técnico considera que son directamente complementarias al trabajo que va a presentar el Comité. Entre las ponencias seleccionadas hubo tres españolas, cuyos títulos se indican a continuación:

- Reflexiones sobre el enfoque necesario de los carteles (pliegos) de licitación para la obtención de una concurrencia de ofertan-

tes que garantice el éxito de un proyecto, presentada por Enrique Soler Salcedo (Getinsa) en la Sesión del Comité Técnico de Financiación.

- Últimas contribuciones de la ATC (Comité Nacional de PIARC): Intervenciones en arcos de fábrica, barreras de seguridad y apoyos en puentes existentes, presentada por Gonzalo Arias Hofman (Ines Ingenieros Consultores) en la Sesión del Comité Técnico de Puentes.
- Gestión del agua de escorrentía en terrenos kársticos y estabilidad de taludes y cimientos en el norte de España, presentada por Felipe Collazos-Arias (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento), en la Sesión del Comité Técnico Movimientos de tierra y carreteras sin pavimentar. Las Sesiones de los 17 Comités Técnicos de PIARC abordaron los siguientes temas:
  - Eficacia de las administraciones del transporte.
  - Financiación.
  - Cambio climático y sostenibilidad.
  - Aspectos económicos de las redes del transporte y el desarrollo social.
  - Gestión de riesgos.
  - Explotación de las redes de carretera.
  - Mejora de la movilidad en zonas urbanas.
  - Transporte de mercancías.



Felipe Collazos en su exposición de la Sesión del Comité Técnico Movimientos de tierra y carreteras sin pavimentar



Gerardo Gavilanes dirigiendo la Sesión del Comité Técnico de Financiación

- Vialidad invernal.
- Redes de carreteras rurales y accesibilidad de las zonas rurales.
- Políticas y programas nacionales de seguridad vial.
- Diseño y explotación de infraestructuras de carreteras más seguras.
- Explotación de túneles de carretera.
- Gestión del patrimonio vial.
- Firmes de carretera.
- Puentes de carretera.
- Movimiento de tierras y carreteras sin pavimentar.

La Sesión del Comité Técnico de Financiación estuvo dirigida por Gerardo Gavilanes Ginerés, de la Dirección General de Programación Económica del Ministerio de Fomento, presidente de este Comité durante el ciclo de trabajo 2012-2015. La sesión se centró en presentar los resultados del trabajo del Comité sobre las estrategias de financiación para un sistema de carreteras sostenible, la financiación por parte del sector privado y el impacto de la crisis financiera en la financiación privada. También se presentaron casos prácticos de financiación innovadora en Costa de Marfil, un balance de las inversiones y el coste del transporte en Hungría entre los años 2004 y 2014, reflexiones sobre el enfoque necesario para que los pliegos de licitación induzcan a una correcta presentación de ofertas en Costa Rica, y la gestión y financiación de las infraestructuras de carreteras en Marruecos.

La Sesión del Comité Técnico Explotación de túneles de carreteras, estuvo presidida por Ignacio del Rey Llorente, de la Universidad Politécnica de Madrid, quien ha presidido este Comité durante el ciclo de trabajo 2012-2015. La Sesión se dedicó exclusivamente a presentar los resultados del trabajo realizado por el Comité Técnico, que en este ciclo ha sido de nuevo el que más Informes Técnicos ha producido dentro de la Asociación. Se presentaron los resultados sobre explotación sostenible de los túneles de carretera, retroalimentación de la experiencia, factores humanos, sistemas fijos de lucha contra incendios, redes subterráneas complejas y gestión de conocimientos. La Sesión concluyó con un debate sobre las orientacio-

nes futuras y nuevos temas de investigación.

Los Informes Técnicos que recopilan los resultados de los trabajos desarrollados por los Comités Técnicos en este ciclo 2012-2015, estarán disponibles en los próximos meses de forma gratuita en la biblioteca virtual de la página web de PIARC, la mayoría de ellos también en español, gracias a la contribución de los miembros hispanohablantes de los Comités Técnicos, y al apoyo complementario del Consejo de DIRCAI-BEA (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica).

### Sesiones Especiales

Las Sesiones Especiales, organizadas en cooperación con otros or-



Ignacio del Rey presidiendo la Sesión del Comité Técnico Explotación de túneles de carreteras



Jorge Urrecho presidiendo la Sesión Especial sobre soluciones y desafíos de las grandes estructuras

ganismos internacionales y países miembros de PIARC, trataron aspectos técnicos complementarios a las cuestiones abordadas por los Comités Técnicos:

- Interconexión de las redes de transporte por carretera interurbanas y urbanas y espacio del transporte por carretera.
- Soluciones y desafíos de las grandes estructuras.
- La Década de Acción de Naciones Unidas sobre seguridad vial: situación actual, progreso y presentación del Manual de Seguridad Vial.
- El futuro de los vehículos de carretera.
- La importancia de la conservación de carreteras.
- La descarbonización del sistema de transporte por carretera.
- El papel del transporte para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas.
- Seguridad vial para los vehículos de dos ruedas.
- Buen gobierno y reducción de la corrupción.
- Financiación.
- Movilidad en las megápolis.
- Adaptación del sistema de transporte por carretera al cambio climático y a los fenómenos extremos.

- Desarrollo sostenible de las carreteras rurales.
- ITS y datos masivos.

La Asociación solicitó a Jorge Urrecho Corrales, director general de Carreteras del Ministerio de Fomento, que presidiese la Sesión Especial sobre soluciones y desafíos de las grandes estructuras: túneles y puentes. Urrecho inauguró la Sesión presentando los desafíos y logros de la construcción del Puente de la Constitución de 1812 sobre la bahía de Cádiz, un puente atirantado con un gálibo (paso libre bajo tablero) de 68 metros de altura (uno de los más altos del mundo), que permitirá el paso de barcos al interior de la bahía y que, al mismo tiempo, cuenta con un tramo desmontable por si fuera necesario el paso de embarcaciones de mayor altura. La Sesión incluyó la presentación del proyecto de la carretera E39 en Noruega, que pretende crear enlaces permanentes a través de los fiordos, para solucionar los tramos que actualmente deben utilizar los servicios de ferris. Las soluciones estudiadas para la E39 incluyen un puente de aproximadamente 3000 m de luz (más de un 50% mayor que el actual record mundial) y túneles marinos flotantes cercanos a la superficie del mar. Se presentaron también complejas obras subterráneas, como el intercambiador

de Tokio, con una longitud acumulada de más de 18 km y un tráfico medio de 950 000 vehículos diarios.

En la Sesión Especial Interconexión de las redes de transporte por carreteras interurbanas y urbanas y espacio del transporte por carretera, Soledad Pérez-Galdós (Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid) realizó una presentación sobre los intercambiadores multimodales en Madrid.

## Talleres y Manuales Electrónicos

En paralelo a las Sesiones Técnicas, se realizaron seis talleres con un enfoque práctico sobre cuestiones muy precisas. Tres de ellos tuvieron como objetivo presentar los nuevos Manuales Electrónicos de PIARC, que constituyen una nueva forma de presentar los conocimientos técnicos, recomendaciones y casos prácticos reunidos y analizados por los Comités Técnicos. Los Manuales tiene la forma de una página web interactiva, con diferentes recursos complementarios que incluyen imágenes y vídeos.

Uno de los talleres estuvo dedicado a la presentación práctica del **Manual de Seguridad Vial** de PIARC, un documento que sin duda constituye la principal aportación de la Asociación al Decenio de Acción de Naciones Unidas por la Seguridad Vial. El Manual, disponible gratuitamente en [www.piarc.org](http://www.piarc.org), permite a los países y sus administraciones avanzar hacia un sistema de carreteras más seguro, tanto con indicaciones técnicas sobre la infraestructura, como con indicaciones sobre políticas y programas nacionales de seguridad vial. El Manual está actualmente disponible en inglés y en los próximos meses también en español.

El **Manual de Explotación de Redes de Carreteras e ITS**, disponible también en la página web de la Asociación (sólo en lengua inglesa), analiza la explotación de las redes de carreteras y los Sistemas de Transpor-

te Inteligente (ITS) desmitificándolos y analizando usos, aplicaciones y experiencias tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo o transición.

De forma análoga se presentó el **Manual de Túneles de Carretera** (disponible gratuitamente en [www.piarc.org](http://www.piarc.org) en español y en otros nueve idiomas) que aborda cuestiones de explotación y conservación de túneles de carretera, con especial hincapié en cuestiones de seguridad, incluyendo los factores humanos, así como aspectos medioambientales y exigencias de geometría, equipos y sistemas, así como un análisis del comportamiento del túnel frente al fuego.

El Taller sobre Firmes aeroportuarios, volvió a ser la gran cita de estas estructuras de alto valor económico e importancia estratégica, que son el punto de encuentro entre la ingeniería de pavimentos y la industria aeronáutica. Airbus, FAA (*Federal Aviation Administration*), universidades, servicios técnicos de aviación civil, empresas constructoras especializadas, institutos de investigación y responsables de aeropuertos volvieron a juntarse y debatir sobre estas cuestiones en el Congreso Mundial de la Carretera.

El taller sobre el programa informático HDM-4, desarrollado por PIARC en cooperación con el Banco Mundial, analizó sus aplicaciones prácticas para evaluar las diferentes opciones de inversión en infraestructuras de carreteras. El taller presentó el uso del programa para la toma de decisiones técnicas y como soporte para las decisiones políticas, apoyándose en casos prácticos, como la planificación estratégica de la conservación de las autopistas de Reino Unido. El taller presentó también las aplicaciones de este programa para redes regionales o secundarias.

Por último, el taller sobre reciclado de firmes, coorganizado por PIARC y la Asociación de Ingeniería de la Carretera de Asia y Australasia



Visita Técnica al centro de control de tráfico de *Korean Expressway Corporation*

(REAAA), abordó el reciclado de pavimentos flexibles y rígidos en todo el mundo, con especial hincapié en Asia. El taller presentó entre otras experiencias, los últimos modelos de evaluación del envejecimiento de los firmes en Japón, y las últimas técnicas de reciclado en Corea.

## Sesiones de Pósteres

Coincidiendo con cada Congreso, PIARC lanza una invitación a ponencias en relación a unos temas específicos propuestos por los Comités Técnicos. La Asociación recibió cerca de 800 artículos de 78 países diferentes, aceptándose 377 tras la evaluación realizada por los Comités Técnicos.

Dado que el objeto principal de los Congresos Mundiales de la Carretera es la presentación de los trabajos de los Comités Técnicos, los artículos individuales se exponen habitualmente en las Sesiones de Pósteres y sólo una pequeña minoría se presenta también en las Sesiones de los Comités Técnicos, bien porque han sido galardonados con un Premio PIARC, o bien porque se consideran complementarios al trabajo del Comité.

Las Sesiones de Pósteres agrupan, por tanto, los 377 artículos seleccionados en sesiones de media jornada de duración, distribuidas en

función de los 36 temas de la invitación a ponencias, que por lo general tenían lugar tras la Sesión del Comité Técnico correspondiente, permitiendo un intercambio directo entre el autor y el público interesado. Los artículos españoles seleccionados para estas sesiones fueron los siguientes:

- Inversiones para la seguridad vial y la planificación:
  - Influencia del trabajo de reclamación por responsabilidad patrimonial en la seguridad vial y prevención de los accidentes, Raquel Álvarez Morgado (CITOP).
  - Análisis de los indicadores de calidad y servicio de un contrato de concesión de obras públicas, Enrique Soler Salcedo (Getinsa).
- Explotación sostenible de túneles de carreteras
  - Inspección estructural automatizada de alto rendimiento en túneles, Fernando Sánchez-Domínguez (Euroconsult).
- Gestión del patrimonio vial
  - Una aproximación al proceso metodológico y la tecnología que se utiliza en el desarrollo del marco de gestión de la conservación de los firmes en la red estatal de carreteras en España, Luis Fernández Seoane (Getinsa).

- Firmes de Carreteras
  - Estados del arte del reciclado en frío de firmes in situ en España, Jesús Díaz-Minguela (IECA).
  - Instalaciones fijas de fabricación de mezclas bituminosas recicladas, Francisco José Lucas Ochoa (Repsol).

Se cuidó especialmente la localización del espacio de Pósteres, que ocupaba un lugar central dentro de la zona de Exposición, junto al Pabellón de PIARC.

### Visitas técnicas

El Congreso Mundial de la Carretera nunca se había celebrado en Corea, por lo que fue una ocasión única para muchos congresistas de descubrir las infraestructuras de carreteras de este país que tanto han contribuido a su gran desarrollo económico de las últimas décadas. Durante el Congreso se realizaron 44 visitas técnicas a 10 lugares diferentes en inglés, español y francés.

Se visitó el **Centro de Operación e Información del Transporte en Seúl**, que recoge información de las carreteras, los autobuses, metro, abonos transporte, agencia de tráfico, policía y la concesionaria de autopistas, para mejorar el tráfico y proponer

soluciones inmediatas a accidentes inesperados. La misma visita también accedió a la **Corporación de Facilidad de Gestión de Seúl Metropolitano**, que gestiona 12 autopistas de acceso (longitud total de 173 km), estacionamientos públicos y otras infraestructuras de transporte por carretera para aportar servicios a los usuarios con el fin de tener un viaje más seguro, conveniente y ecológico.

También se visitaron el puente y el túnel de Incheon, que atraviesan el mar para conectar Seúl con la isla de Yeongjong, donde se ha desarrollado el centro de negocios y el aeropuerto internacional de Incheon, sobre terrenos en parte ganados al mar. El **puente de Incheon** se compone de un viaducto de 6 carriles sobre el mar de 18,4 km de longitud, con un vano atirantado de 800 metros de luz. El **túnel de Incheon**, de 5,5 km de longitud con sus seis carriles, es el primer túnel de autopista que ha adoptado el nuevo método de excavación austriaco y tiene monitorizado el terreno próximo al túnel para detectar movimientos y presiones, al objeto de poder responder adecuadamente a los mismos.

Otra visita técnica se desarrolló en el **túnel de Sapaesan** formado por dos tubos paralelos con cuatro carriles por sentido que, además de sus

importantes dimensiones (4 km de longitud, 18,8 m de anchura y 10,6 m de altura), es un ejemplo de éxito de proyecto público usando financiación privada.

Una de las vistas técnicas con más demanda fue la del centro de control de tráfico de la concesionaria de autopistas, **Korean Expressway Corporation (KEC)**, y la autopista inteligente. El centro de tráfico, que opera desde 1992, gestiona el tráfico de las autopistas y sus incidentes, a la vez que ofrece a los usuarios información en tiempo real a través de paneles de señalización variable, emisoras de radio y aplicaciones en los teléfonos inteligentes. La **autopista inteligente** es uno de los 10 grandes proyectos de investigación y desarrollo que el Ministerio del Territorio, Infraestructura y Transportes ha desarrollado con el objetivo de ofrecer tecnologías de primer orden mundial. El objetivo último es combinar las últimas tecnologías de la comunicación con las del automóvil y la infraestructura, para desarrollar las bases de las autopistas inteligentes para las próximas generaciones. Por el momento se ha desarrollado un proyecto piloto de 11 km, que ofrecen servicios relacionados con la seguridad del vehículo a través de sistemas de detección automática en tiempo real y tecnologías de comunicación inalámbrica.

También se visitaron el **Instituto de Investigación y el Centro de Tecnologías de la Comunicación e Información de KEC**. El Instituto de Investigación, fundado en 1969, está a cargo de la investigación y el desarrollo en tecnologías de construcción y conservación de carreteras, gestión de la propiedad intelectual en la tecnología de las carreteras, promoción del uso de nuevas tecnologías en los proyectos de carreteras, así como en la gestión de un centro de ensayos con certificaciones gubernamentales. Por su parte, el Centro de Tecnología se creó en abril de 2014 y está a cargo de las tecnologías de comunicaciones internas y externas de KEC, para ofrecer información en tiempo real y segura a



Visita Técnica a la circunvalación de Gangnam



Planta Asan de Hyundai Motor Company



Visita Técnica al Centro de Educación de Seguridad Vial

los usuario, y hacer frente a ciberataques con posibles repercusiones en la infraestructura.

Otro de los lugares visitados fue el **Museo de la Innovación de Samsung**, que muestra las innovaciones de esta marca insignia de Corea desde sus orígenes hasta sus últimos éxitos con semiconductores, pantallas y tecnología móvil. La misma visita accedió a un área de servicio emblemática para Corea, el de la estación de servicio ecológica de Deokpyeong.

En complemento de la temática de las carreteras se visitó el centro *The Green* y la Autoridad de la Red Ferro-

viaria de Corea. *The Green* ofrece la oportunidad de analizar las últimas tecnologías ecológicas desarrolladas para la vivienda. La **Autoridad de la Red Ferroviaria**, que depende del Ministerio del Territorio, Infraestructura y Transportes, tiene a su cargo la construcción y conservación de los activos de infraestructuras férreas.

La otra visita técnica con mayor participación se desarrolló en la **circunvalación de Gangnam**, de 38,4 km de longitud, de la que un tercio ha sido financiada por el sector privado, así como en el **Gran Puente de Seohae**, de 7310 metros de longitud sobre el

mar, con un vano central atirantado de 990 m y dos pilonos de 182 m de altura cuya forma se inspira de los templos tradicionales coreanos. La visita finalizó con el recorrido por la **planta Asan de Hyundai Motor Company**, el quinto fabricante mundial de automóviles en 2014. La planta, altamente robotizada, con una producción anual de 300 000 vehículos y capacidad para finalizar un vehículo cada 54 segundos, dispone de un techo recubierto de placas fotovoltaicas que evitan la generación de 5600 toneladas de CO<sub>2</sub> cada año.

Dos visitas técnicas se dedicaron a la seguridad vial. La primera visitó el área de servicio de Majang, que con sus 27 490 m<sup>2</sup>, ofrece un confortable descanso a los usuarios de la carretera, con un gran parque infantil y las últimas tecnologías ecológicas. Tras ello se visitó el Centro de Educación de Seguridad Vial, que ofrece un programa interactivo de conducción en 12 tipos diferentes de estado de la carretera. Los visitantes del Congreso pudieron participar en los ensayos de aquaplaning y de frenado brusco en recta y en curva. Tan sólo cinco países en el mundo cuentan con centros de este tipo, pero el de Corea es el único que ofrece un examen de los resultados acompañados de consejos de mejora y nuevos ensayos prácticos.

La última visita técnica, también dedicada a la seguridad vial, tuvo como destino el Gran Puente de Seohae, anteriormente mencionado, y el Centro de Ensayos para la Seguridad Vial de KEC. Fundado en 2003, realiza una media de 100 ensayos de choque por año. En 2012 firmó un acuerdo tecnológico con el Centro de ensayos oficial de la Unión Europea, el TZUS de Praga, por lo que cumple con las exigencias del mercado de la CE.

## Programa social del Congreso

Los Congresos Mundiales de la carretera son sin duda una ocasión extraordinaria para intercambiar conocimientos técnicos de vanguardia

y experiencias mundiales, pero son también un momento sin igual para ampliar la red de contactos internacionales e intercambiar experiencias con profesionales de todo el mundo. El Congreso de Seúl no fue una excepción, y contó con un meritorio programa social que propició los intercambios entre los propios congresistas.

Junto con el cóctel de bienvenida, la cena de gala fue la otra celebración social que reunió a la totalidad los congresistas y personas acompañantes. Tras los discursos de las personalidades destacadas del Congreso, entre los que se incluyó el discurso del alcalde de Seúl, se desarrollaron varias actuaciones musicales, para concluir con una tradición asiática: las repre-

sentaciones de las distintas delegaciones. En efecto, en Asia forma parte de la tradición de los congresos técnicos que en la cena de gala las delegaciones de los distintos países suban al escenario para realizar una pequeña actuación representativa de su país. El XXV Congreso Mundial de la Carretera continuó con esa tradición y destacaron la actuación de la delegación mexicana, que subió al escenario a cerca de 60 participantes mexicanos bajo el ritmo de la tradicional canción de Veracruz "Para bailar la bamba"; y por supuesto la actuación de los anfitriones con la canción "Gangnam style", probablemente la canción coreana con más fama mundial y que hace referencia al barrio de Gangnam

donde se encuentra precisamente el palacio de congresos sede el Congreso Mundial de la Carretera. La cena de gala incluyó también una donación a Unicef por parte de KEC de 1 millón de won (unos 8000 euros) más la recaudación de las entradas vendidas para la zona de exposición.

El programa social se completaba con 5 visitas nocturnas tras las sesiones del Congreso, que ofrecieron a los congresistas la posibilidad de conocer las artes escénicas y culinarias de Corea, así como sus mercados, sus templos por la noche, un crucero sobre el río Han o el ambiente nocturno de los barrios más animados de la ciudad.

Las personas acompañantes tuvieron su propio programa de visitas en Seúl y los alrededores. Y los programas post congreso, ofrecieron la posibilidad de visitar la Zona Desmilitarizada de la frontera con Corea del Norte, el Patrimonio de la UNESCO en Corea, y la isla coreana de Jeju.

### Exposición "Carreteras hermosas del mundo"

Durante el Congreso se presentó una exposición de fotografías bajo el tema "Carreteras hermosas del mundo", que mostró fotografías de carreteras de diferentes países de la Asociación, entre ellos España, sobre todo tipo de carretas, desde el camino rural a la autopista urbana, así como sus diferentes elementos: carreteras, puentes y otras estructuras, etc.

La exposición mostró más de 130 fotografías de 30 países diferentes, que se recopilieron en un libro editado para la ocasión.

### Actas del Congreso

Las actas del Congreso recogerán todo el programa del Congreso, incluyendo los Informes Nacionales presentados por los países miembros sobre los temas de la Sesiones de Orientación Estratégica, todos los Informes de Introducción a las sesiones de los Comités Técnicos, el Informe de



Espectáculo de inauguración de la cena de gala



El programa de acompañantes incluía la visita a la Isla de Jeju



Exposición "Carreteras hermosas del mundo": carretera N-621 a su paso por el Desfiladero de la Hermida [Fuente: Felipe Collazos, Ministerio de Fomento, 2014]

Actividades de la Asociación junto con todos los Informes de Actividades de los Comités Técnicos, el Informe General del Congreso, actualmente en preparación, y todas las Conclusiones de las Sesiones del Congreso. También se incluirán todos los artículos escritos por los autores invitados y los que fueron seleccionados de la respuesta a la invitación a ponencias, todas las presentaciones proyectadas durante las sesiones, vídeos de las intervenciones de los ministros y de las sesiones plenarios, así como las fotografías tomadas durante todo el Congreso.

Las actas del Congreso serán enviadas por correo postal en forma de disco DVD a todos los participantes, una vez estén completadas en los próximos meses. También estarán disponibles para su venta a través del Secretariado General de PIARC en París.

## Reuniones asociadas

Los Congresos Mundiales de la Carretera, al congregarse a tantas personas del sector, son también la ocasión de celebrar algunas reuniones asociadas al evento.

Como de costumbre, los días previos al Congreso, se reunieron el Comité Ejecutivo, la conferencia de los Comités Nacionales y el Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera.

El Comité Ejecutivo en el que están representados 26 de los 122 países de la Asociación, entre ellos España, es el órgano ejecutivo de gobierno que tiene competencia sobre las cuestiones más operativas de la Asociación y que prepara las cuestiones que debe examinar el Consejo. En su reunión de Seúl, el Comité Ejecutivo aprobó la creación de dos nuevos Comités Nacionales de la Asociación, uno en Mongolia y otro en la República Dominicana: la Asociación Dominicana de Carreteras y Transportes (ASODOCAT).

La reunión de los Comités Nacionales, donde está representada la Asociación Técnica de Carreteras, debatió los temas de interés para los 40 Comités Nacionales de PIARC, y por primera vez utilizó el idioma español de forma oficial en su reunión, si bien ya había sido utilizado a iniciativa de los países sedes, en las reuniones anteriores de Santiago de Chile, Ciudad de México y Madrid.

El Consejo de la Asociación, su máximo órgano de gobierno, en el que están representados todos los países miembros debatió, entre otros asuntos, tres temas claves para el futuro de la Asociación: la aprobación del Plan Estratégico 2016-2019, la designación de un nuevo Secretario General y el uso ampliado del idioma español en las actividades de PIARC.

La aprobación de **Plan Estratégico 2016-2019** recoge la misión y visión de la Asociación, su organización y estructura, sus objetivos y, sobre todo, los Términos de Referencia sobre los que trabajarán los 18 Comités Técnicos establecidos para el ciclo de trabajo de enero 2016 a diciembre 2019. La estructura de estos Comités Técnicos repite los cuatro Temas Estratégicos establecidos para el ciclo 2012-2015 e incorpora un nuevo Tema Estratégico sobre las cuestiones medioambientales y de cambio climático. Así pues los cinco Temas Estratégicos aprobados son:

- Gestión y finanzas
- Acceso y movilidad
- Seguridad
- Infraestructura
- Cambio climático, medioambiente y catástrofes.

Tras más de catorce años como **Secretario General** de la Asociación Mundial de la Carretera, Jean-François Corté dejará el cargo el próximo 31 de marzo de 2016, habiendo organizado con éxito, entre otras actividades, cuatro Congresos Mundiales en África, Europa, América y Asia. El Consejo eligió a su sucesor en el cargo, Patrick Mallejacq, también funcionario del Ministerio de la Ecología, del Desarrollo Sostenible, de los Transportes y de la Vivienda de Francia, quien comenzará a trabajar en el Secretariado General a partir del 1 de enero de 2016, asumiendo oficialmente el cargo de Secretario General el 1 de abril de 2016.

Al asumir el cargo de presidente en 2012, Oscar de Buen Richkarday afirmó que uno de los objetivos que se fijaba era demostrar los beneficios que tendría para la Asociación el hacer un uso más amplio del **idioma español**, y aprobar oficialmente tales medidas. Tras dos años y medio de debates en el Comité Ejecutivo, la cuestión fue presentada finalmente al Consejo, quien ratificó un uso más amplio del idioma español, con un calendario de puesta en marcha que se extiende de 2015 a 2020. El Consejo decidió que si bien el francés debía ser el idioma de referencia de los documentos legales,



Patrick Mallejacq, nuevo Secretario General de PIARC

debido a que la Asociación funciona en base a la legislación francesa, el español, el inglés y el francés son a partir de ahora los idiomas de trabajo habituales de la Asociación. Los órganos de dirección de la Asociación, es decir el Consejo, el Comité Ejecutivo, la conferencia de Comités Nacionales y el Secretariado General deben trabajar y ofrecer servicios en los tres idiomas. Las publicaciones de cara al exterior también deben ser trilingües, y ello engloba la página web, los documentos de referencia y de promoción, los Informes Técnicos, la revista *Routes / Roads* (a partir de 2017) y los Congresos Mundiales. Únicamente los Congresos Internacionales de Vialidad Invernal no tendrán el idioma español como idioma oficial por definición, sino que serán el inglés y el francés, más el idioma elegido por el país sede. En cuanto a los Comités Técnicos y Comisiones de trabajo de la Asociación, su idioma de trabajo será el inglés, dejando abierta la posibilidad de usar también el francés y/o el español si la composición de su membresía así lo justificase.

Además de estas reuniones estatutarias de la Asociación. El Congreso también fue la ocasión para que se celebrase la XXXI Reunión del Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA), organiza-

ción con la que PIARC tiene un activo y completo programa de trabajo en común, que incluye la celebración de Seminarios Internacionales en América Latina, los Grupos Iberoamericanos de Trabajo dentro de los Comités Técnicos, y las versiones en español de los Informes Técnicos entre otras cosas.

En paralelo al Congreso también se realizó un seminario conjunto y una reunión de trabajo de UNESCAP sobre la autopista asiática, la Conferencia de Cooperación sobre la Infraestructura Global (GICC), la reunión de la Junta Directiva de REAAA (*Road Engineering Association of Asia and Australasia*), con la que PIARC también colabora activamente, la Reunión de Jóvenes Ingenieros y Profesionales de REAAA, la reunión de HORA (*Heads of Roads Authorities* de Asia), y el Seminario conjunto sobre las carreteras en Corea, organizado por cinco organizaciones de investigación de Corea.

Tras cinco días repletos de sesiones y eventos, el XXV Congreso Mundial de la Carretera cumplió con las expectativas de convertirse en un foro mundial de vanguardia en intercambios de conocimientos, técnicas y experiencias de la carretera y el transporte. Al mismo tiempo que estos eventos cumplen cada vez más la función de ser un catalizador para fo-

mentar el intercambio de información permanente a través de los órganos de PIARC, los Informes Técnicos y los Manuales Electrónicos disponibles en su página web.

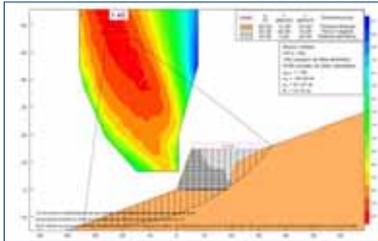
El sector español de la carretera, a pesar de la distancia geográfica, volvió a mostrar su interés en los Congresos Mundiales de la Carretera con la participación de 32 congresistas, la presentación de uno de los Pabellones Nacionales más representativos —probablemente el más significativo tras el del país anfitrión y el de PIARC—, la presidencia de cuatro Sesiones del Congreso, la intervención de otros seis ponentes y la selección para la Sesión de Pósteres de otros seis artículos adicionales.

Entre los países Latinoamericanos destacó la participación en la Sesión de Ministros de la ministra de Transportes de Colombia, Natalia Abello Vices, el ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano de El Salvador, Gerson Martínez, el subsecretario de Infraestructura de México, Raúl Murrieta Cummings, el viceministro de Obras de Paraguay, Juan Manuel Cano Fleitas, y el viceministro de Transportes de Uruguay, Jorge Setelich.

Hubo delegaciones de Argentina, Bolivia, Chile, Honduras, Nicaragua, Perú, República Dominicana y México. Esta última, con más de 70 congresistas, fue la cuarta delegación más numerosa por detrás del país anfitrión, Corea, el vecino Japón y Francia.

Fiel a su misión, la Asociación Mundial de la Carretera, establecida hace más de un siglo tras el I Congreso Mundial de la Carretera de 1908, iniciará en enero 2016 un nuevo ciclo de trabajo de cuatro años, que le llevarán a organizar en primer lugar, en febrero de 2018, el XV Congreso Internacional de Vialidad Invernal en Gdansk, Polonia, y que culminará con el XXVI Congreso Mundial de la Carretera en 2019 en Abu Dabi, llevando por primera vez el Congreso Mundial a los Emiratos Árabes Unidos y a la Península Arábiga. ❖

# Criterios de diseño de suelos reforzados con geosintéticos. Comparativa normativas DIN vs BS<sup>1</sup>



Criteria on the design of reinforced soil structures with geosynthetics. Comparison Standards DIN vs BS<sup>1</sup>

**Patricia Amo Sanz**

*Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos  
Departamento Técnico de HUESKER GEOSINTETICOS S.A.*

**José Luis Cuenca Lorenzo**

*Geólogo  
Director de TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.*

**José Manuel Martínez Santamaría**

*Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Laboratorio de Geotecnia – CEDEX*

## Resumen

En el presente artículo se recoge un resumen de los procedimientos de cálculo contemplados para el diseño de estructuras de suelo reforzado con geosintéticos en la Norma alemana DIN 4084 y en la norma inglesa BS 8006:1995, con especial mención a la metodología seguida en cada una de ellas (ambas basadas en los métodos de equilibrio límite) y a los valores de referencia contemplados en las mismas.

Utilizando un ejemplo de diseño resuelto por cada una de las normativas mencionadas, se describen las propiedades de estos geosintéticos de refuerzo desde un punto de vista de diseño de estructuras y se analizan los coeficientes de seguridad para minorar la resistencia de estos materiales.

**PALABRAS CLAVES:** geosintéticos, métodos de equilibrio límite, imbricación, superficies de deslizamiento, ángulo de rozamiento interno, cohesión, factor de seguridad.

## Abstract

This article presents a summary made about the methods of calculation referred to the design of reinforced soil structures with geosynthetics in the German standard DIN 4084 and the British Standard BS 8006:1995, with special reference to the methodology followed in each of them (both based on the limit equilibrium methods) and the reference values covered thereo.

Using a design example solved by each of the rules mentioned, geosynthetic reinforcement properties are described from a structural design point of view and safety factors are analyzed to calculate the design resistance of these materials.

**KEY WORDS:** geosynthetics, limit equilibrium methods, interaction, sliding surfaces, friction angle, cohesion, safety factor.

<sup>1</sup> Revisado por el Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC).

En general, al suelo reforzado se le pueden aplicar los distintos procedimientos de cálculo que existen en la Mecánica de Suelos, con adaptaciones o retoques según los casos en estudio.

Los métodos de equilibrio límite (últimos y de servicio) se basan en establecer el equilibrio de fuerzas y momentos actuantes en un sistema, sin considerar las deformaciones producidas, aplicando únicamente las ecuaciones de la estática. Para su aplicación en refuerzo de suelos con geosintéticos se debe analizar:

- Por un lado la estabilidad interna, como estructura multielemental, comprobando la resistencia de cada refuerzo (fallo de tracción) y la resistencia entre el refuerzo y el suelo (fallo de imbricación), estableciendo la distribución, número, área, resistencia, longitud, etc., del refuerzo necesario.

Para el cálculo de la estabilidad interna, de forma general, se aplica la teoría de empujes de tierra, en muros, considerando una zona activa o cuña deslizante y una zona pasiva o resistente, de modo que las tracciones máximas en el refuerzo se producen en la línea que separa ambas zonas, la cual puede ser curva, plana, con forma de trapecio, etc. Como alternativa se puede aplicar el método de la "doble cuña", en el que se considera una superficie de rotura bilineal que define dos cuñas. La estabilidad, en este caso, se evalúa considerando el equilibrio de fuerzas entre las dos cuñas, el terreno y las fuerzas proporcionadas por los geosintéticos.

- El estudio de la estabilidad externa trata la sección de cálculo como una masa homogénea de terreno y lo evalúa de acuerdo con los modelos de fallo tradicionales para un muro de gravedad (vuelco, deslizamiento, hundimiento). Para ello considera la masa reforzada como un conjunto estable y comprueba las superficies de deslizamiento potenciales fuera de ésta.

La estabilidad externa considera superficies de rotura que no cortan la zona armada, sino que transcurren completamente por fuera de las inclusiones de refuerzo, y por lo tanto, por fuera del macizo reforzado.

- En alguna ocasión, pueden aparecer líneas de deslizamiento que queden parcialmente dentro de la masa reforzada y parcialmente fuera de ella y se hace necesario

un análisis combinado de la estabilidad externa-interna que se conoce como estabilidad compuesta.

A menudo, estos mecanismos de rotura, que se denominan mecanismos de estabilidad compuesta, definen la superficie de rotura más desfavorable; la estabilidad compuesta controla el diseño, y por lo tanto indica cual es la superficie de deslizamiento que tiene el menor coeficiente de seguridad. Si se ignora la estabilidad compuesta, el diseño de estabilidad del muro o talud no será correcto y el riesgo de que se produzcan daños será mayor.

En consecuencia, se debe llamar poderosamente la atención en el hecho de que un diseño correcto tiene que tener en cuenta todas las posibles superficies de deslizamiento para averiguar cual de todas ellas es la más desfavorable. Por esta razón, considerar exclusivamente la tradicional estabilidad interna y externa, sin considerar las formas de rotura mixtas o "compuestas" es absolutamente insuficiente.

Como alternativa a los métodos de equilibrio límite se pueden utilizar métodos que compatibilicen las deformaciones que experimentan los geosintéticos y el suelo, para lo cual, para poderlos formular, o bien hay que hacer simplificaciones y admitir una serie de hipótesis o bien hay que recurrir a la aplicación de métodos numéricos como el de los elementos finitos. La ventaja de este tipo de cálculos es que permiten determinar las deformaciones que van a experimentar los geosintéticos en las condiciones para las que han sido calculados, lo que permite un mejor control del comportamiento de la estructura de suelo reforzada, eliminando posibles incertidumbres.

En este artículo se recoge un resumen de los procedimientos de cálculo contemplados para el diseño de estructuras de suelo reforzado con geosintéticos en la norma alemana DIN 4084 [1] y en la norma inglesa BS 8006:1995 [2], con especial mención a la metodología seguida en cada una de ellas (ambas basadas en los métodos de equilibrio límite) y a los valores de referencia contemplados en las mismas.

## 1. Norma DIN 4084

Esta es la norma en la que se basan los diseños de muros reforzados con geosintéticos, que siguen la metodología de Alemania y Austria.

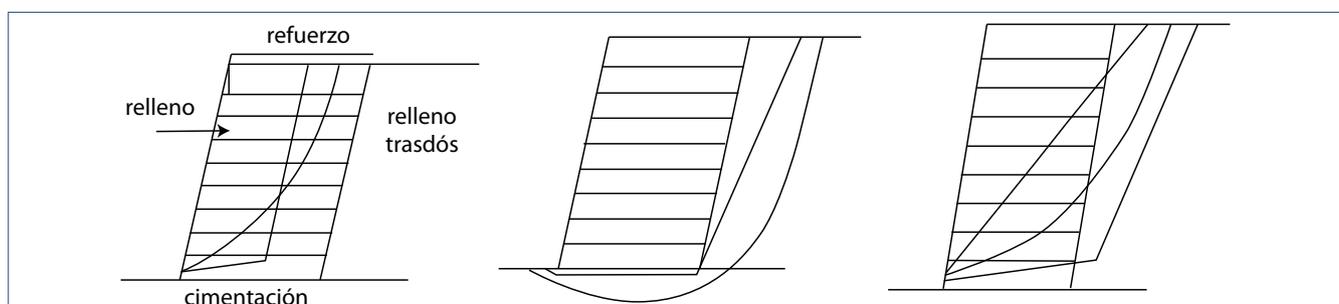


Figura 1. Esquema de las diferentes superficies de rotura

Esta Norma está relacionada con los fundamentos y con el procedimiento de cálculo que se utiliza para determinar la seguridad de la estructura, mediante el estudio de la estabilidad a lo largo de superficies de deslizamiento cilíndrico-circulares y orienta sobre el grado de seguridad que se tiene que requerir al diseño.

### 1.1 Criterios generales

Para la realización de un correcto diseño de un muro de cualquier tipología es necesario que los parámetros de partida estén correctamente definidos. Hay que tener en cuenta que el coste de una estructura de este tipo y su estabilidad posterior son el resultado de una correcta definición de estos parámetros.

Se debe tener una correcta definición geométrica del muro. Es necesario definir las cotas de cimentación y las de coronación, así como la existencia o no de un talud en coronación del mismo. La longitud de refuerzo a colocar será mínimo el 70% de la altura del muro.

Se debe realizar un reconocimiento para explorar el cimiento hasta una profundidad igual o superior a la altura prevista en el muro, salvo que a menor profundidad se compruebe la existencia de roca sana y definir así los parámetros geotécnicos que definen la zona donde apoya el muro.

Es vital realizar la caracterización geotécnica del material de relleno. Se debe definir el ángulo de rozamiento interno, la cohesión y su densidad. El relleno utilizado es crítico para determinar la estabilidad estructural del muro reforzado y, debido a su mayor variabilidad, exige un estudio detallado. Se debe determinar *a priori* la calidad del relleno que se utilizará y se debe validar su uso. Es importante remarcar la total dependencia sobre el diseño que el ángulo de rozamiento interno y las condiciones hidrostáticas tienen. En la Tabla 1 se indican los materiales recomendados.

Hay que definir también la disposición del nivel freático; un reconocimiento hidrogeológico local resulta de importancia capital en este tipo de estructuras, habida cuenta de la importancia del agua en las acciones de empuje.

Tabla 1: Tipos de materiales recomendados para el relleno de los muros

	Terreno	Tipo de suelo	D <sub>pr</sub> en % compactación	n <sub>o</sub> % huecos
1	Coronación hasta 1 m de profundidad en terraplenes y hasta 0,5 m de profundidad en desmonte	GW, GI, GE SW, SI, SE GU,GT,SU,ST	100	-
2	Hasta 1 m en fondo de terraplén (cimiento)	GW, GI, GE SW, SI, SEGU, GT, SU, ST	98	-
3	Núcleo de terraplenes y espaldones	GU, GT, SU, ST U, T, OU, OT	97	12

G: grava      U: limo      W: bien graduada      E: mal graduada  
S: arena      T: arcilla      I: graduación intermedia

Tabla 2. Factores parciales para acciones y efectos de acciones

Acciones o efectos de acciones	Símbolo	Caso de carga		
		1	2	3
Estado límite de pérdida de equilibrio estático:				
• Acción permanente favorable	Y <sub>G,stab</sub>	0,95	0,95	0,95
• Acción permanente desfavorable	Y <sub>G,dst</sub>	1,05	1,05	1,00
• Fuerza de filtración favorable	Y <sub>H</sub>	1,35	1,30	1,20
• Fuerza de filtración desfavorable	Y <sub>H</sub>	1,80	1,60	1,35
• Acción desfavorable variable	Y <sub>Q,dst</sub>	1,50	1,30	1,00
Estado límite de fallo de la estructura o de fallo de elementos de la estructura:				
• Efecto de acción debida a carga permanente	Y <sub>G</sub>	1,35	1,20	1,10
• Efecto de acción debida a carga permanente de presión del terreno	Y <sub>E0g</sub>	1,20	1,10	1,00
• Efecto de acción debido a acciones desfavorables variables	Y <sub>Q</sub>	1,50	1,30	1,10
Estado límite de pérdida de estabilidad:				
• Acciones permanentes	Y <sub>G</sub>	1,00	1,00	1,00
• Acciones desfavorables variables	Y <sub>E0g</sub>	1,30	1,20	1,00
Estado límite de servicio:				
• Y <sub>G</sub> = 1,00 para acciones permanentes y efectos de acciones permanentes				
• Y <sub>Q</sub> = 1,00 para acciones variables y efectos de acciones variables				

\* Incluye permanente y variable acción del agua.

La carga que va a soportar el muro y la forma en la que ésta se dispone son importantes para un correcto planteamiento en la sección de cálculo. Por ejemplo, no es lo mismo calcular el factor de seguridad de un muro con talud en su coronación, que el factor de seguridad de un muro con una sobrecarga lineal equivalente a la carga que el talud le transmitiría al muro. En este segundo cálculo no se tendría en cuenta la componente horizontal de la carga del talud que se transmite al muro. En la Tabla 2 se presentan los valores adoptados para la mayoración de cargas en cada caso.

El diseño se suele realizar en ausencia de agua, pero en caso de tenerlo que hacer en condiciones de saturación hay que tener en cuenta esta situación.

### 1.2 Metodología de cálculo: Estabilidad interna y externa

Los análisis de estabilidad permiten definir la longitud y la resistencia de los elementos de refuerzo, de acuerdo con la geometría y las cargas a las que está sometido el macizo reforzado, para conseguir el coeficiente de seguridad deseado.

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en el estudio físico de las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el muro. A efectos prácticos, los métodos que se utilizan en el cálculo de muros son

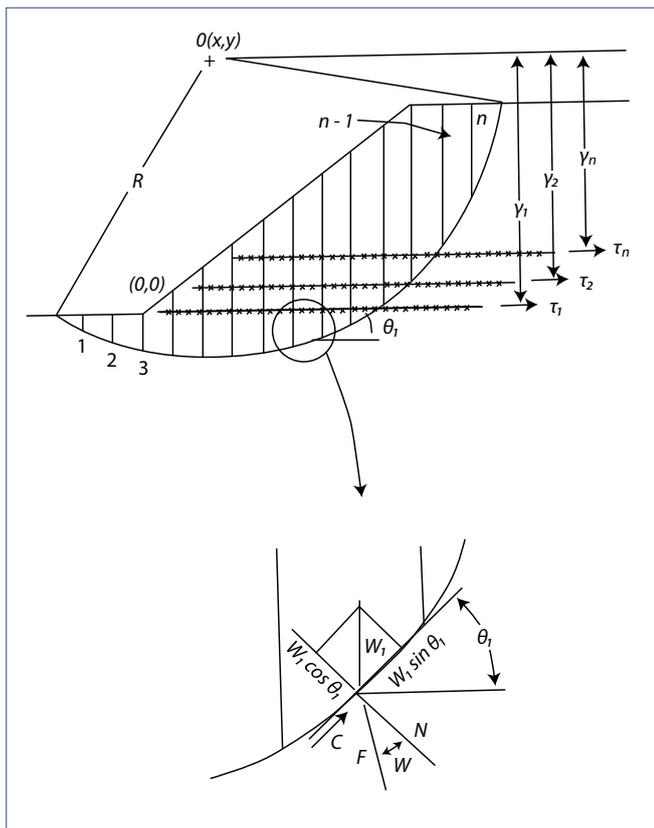


Figura 2. Detalle del análisis de estabilidad circular en función de la resistencia a corte del suelo

métodos de equilibrio límite (Figura 2). Se seleccionan los parámetros que controlan el comportamiento del material de relleno, las cargas que actúan, las fuerzas resistentes aplicadas, las condiciones hidrostáticas, las condiciones sísmicas, etc. y se analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable.

El empuje de tierras sobre el trasdós de los muros de contención debe calcularse, de cara al análisis de los estados límite últimos del cimiento, utilizando la teoría de Coulomb para el empuje activo, y suponiendo que los rellenos artificiales que se utilizan para su trasdosado no tienen cohesión.

La técnica del suelo reforzado se basa en un principio que se demuestra con este simple modelo.

Consideremos un elemento rectangular como una parte de una infinita masa de suelo. Sobre dicho elemento se aplica una fuerza vertical  $\sigma_v$ . El elemento se deforma y sobre él, se generan las consecuentes fuerzas horizontales  $\sigma_h$  debido a la compresión lateral sufrida por el suelo adyacente (empuje activo). En la dirección horizontal el elemento sufre una deformación  $\epsilon_h$ .

Cuando un geosintético de refuerzo se coloca embebido en el suelo, la aplicación de la fuerza vertical, provoca una deformación del suelo y una extensión del geosintético. Esto es debido a:

- El rozamiento entre el suelo y el área "sólida" del geosintético.
- La trabazón entre el suelo y los huecos del geosintético: el suelo "moviliza" un empuje pasivo sobre las zonas transversales del geosintético.

El geosintético debe tener la suficiente imbricación con el suelo para que las fuerzas desestabilizantes de la estructura se transmitan a él por cortante. Además, debe tener la suficiente trabazón con la zona estable del terreno como para poder transmitir esa fuerza de tracción.

La interacción entre el suelo y el geosintético se estudia a través de:

- Pruebas de extracción (arrancamiento) (Figura 3).
- Ensayos de corte o deslizamiento directos.

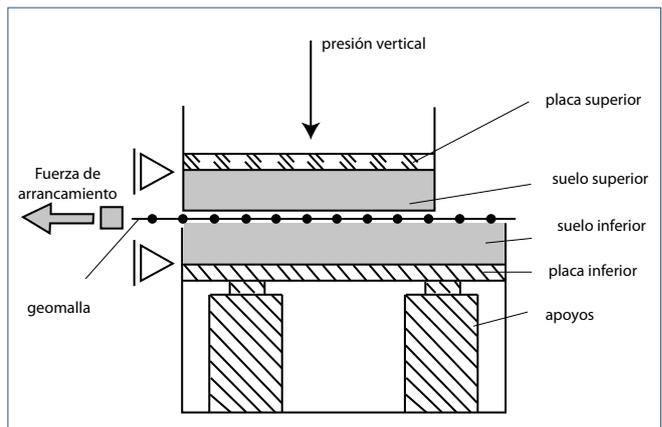


Figura 3. Esquema del ensayo de arrancamiento

El coeficiente de interacción,  $f$ , se define como el índice entre la  $\tan \delta$  (rozamiento con el geosintético) y la  $\tan \varphi$  (rozamiento interno del suelo).

Se define el coeficiente de rozamiento suelo - geotextil como la relación entre la resistencia al corte horizontal y la tensión vertical aplicada:

$$\tan \delta = \tau_h / \sigma_v \quad (1)$$

El valor  $\tan \delta$  se obtiene en ensayos de laboratorio para cada material de refuerzo. Cuanto mayor sea este valor, la imbricación será mayor y la longitud de los geosintéticos necesaria será menor. Este valor es superior en el refuerzo con geomallas que con geotextiles.

Los valores que se utilizan para el coeficiente de interacción ( $\tan \delta / \tan \varphi$ ) oscilan entre 0,6-0,8 de los geotextiles tejidos y entre 0,8-1,0 de las geomallas protegidas (dependiendo de la abertura de la malla). Estos valores deben ser certificados por organismos externos cualificados.

La resistencia al esfuerzo cortante para "arrancar" el geosintético del suelo ( $\tau$ ) viene dada por:

$$\tau = \sigma \cdot f \cdot \tan \varphi \quad (2)$$

donde:

$f$ : coeficiente de interacción.

$\varphi$ : ángulo de rozamiento interno del suelo.

La resistencia máxima vendrá dada por la expresión:

$$T = 2 L B \tau$$

donde  $L$ ,  $B$  son la longitud y anchura del refuerzo.

Esta nueva fuerza contribuye a resistir las fuerzas horizontales y a reducir las deformaciones horizontales. Dicho de otra manera, un suelo reforzado soportará mayores fuerzas verticales que un suelo sin refuerzo para las mismas deformaciones.

A la hora de estudiar la estabilidad del muro, éste se considerará dividido en rebanadas, todas del mismo espesor, estudiando la estabilidad de cada una de ellas.

En general, se suele adoptar el círculo como superficie de deslizamiento, como en el caso de uno de los métodos de cálculo, el método de Bishop. Pero también se estudian líneas rectas (poligonales) como superficie de deslizamiento. Es el caso del método de "deslizamiento de bloques". En ambos métodos de equilibrio límite tras sucesivas iteraciones se busca la superficie de deslizamiento correspondiente al menor factor de seguridad. Este factor de seguridad ha de cumplir las especificaciones mínimas de la norma.

Las fórmulas empleadas dependiendo de cada método son:

- Bishop:

$$\eta = \frac{\sum T_i + \sum H_s}{\sum G_i \cdot \tan g_i + \sum H} \quad (3)$$

con:

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos \varphi_i + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \sin \varphi_i} \quad (4)$$

- Deslizamiento de bloques:

$$\eta = \frac{r \cdot \sum T_i + \sum M_s}{r \cdot \sum G_i \cdot \tan g_i + \sum M} \quad (5)$$

con:

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos^2 \varphi_i \cdot (1 + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \tan \varphi_i)} \quad (6)$$

Los parámetros utilizados son los siguientes:

$\eta$ : factor de seguridad.

$G_i$ : peso propio de una rebanada en kN/m considerando el peso específico del suelo, incluyendo las sobrecargas.

$M$ : momentos de las cargas y fuerzas no incluidas en  $G_i$  desde el centro del círculo en kNm/m, positivo en sentido de las agujas del reloj ( $H$  para deslizamiento de bloques).

$M_s$ : momentos desde el centro del círculo en kNm/m de las fuerzas (Sección 6e DIN 4084), que no están consideradas en  $T_i$  ( $H_s$  para deslizamiento de bloques).

$T_i$ : fuerza resistente tangencial del suelo en la superficie de deslizamiento para cada rebanada en kN/m (para deslizamiento de bloques se corresponde con la componente horizontal).

$\tan \varphi$ : tangente que forma la rebanada con la horizontal en grados sexagesimales, para el caso de círculos se corresponde con las coordenadas polares.

$r$ : radio de la superficie circular, en m.

$b_i$ : ancho de la rebanada, en m.

$\varphi_i$ : ángulo de rozamiento interno, en grados, para cada rebanada según la sección 8 de DIN 4084.

$c_i$ : cohesión, en kN/m<sup>2</sup>, para cada rebanada según la sección 8 de DIN 4084.

$u_i$ : presión intersticial, en kN/m<sup>2</sup>, para cada rebanada.

$\Delta u_i$ : incremento en la presión intersticial para cada rebanada, en kN/m<sup>2</sup>, como consecuencia de la consolidación del suelo.

### 1.3 Coeficientes de seguridad

La base sobre la que descansa esta norma, en cuanto a determinar el factor de seguridad, es que numerosas superficies de deslizamiento son estudiadas en el terreno o macizo reforzado, individualmente, obteniéndose el peor de los casos posibles y teniendo como factor de seguridad el correspondiente a ese caso. Siempre será el factor de seguridad el menor de todos los valores obtenidos.

Los factores de seguridad a conseguir cuando se hace un diseño de un muro reforzado con geosintéticos, deben seguir lo marcado por la norma DIN 1054 "Verificación de la seguridad en trabajos de movimientos de tierra y cimentaciones" [3].

El factor de seguridad de dicho círculo ha de cumplir las especificaciones mínimas de la normativa. Las directrices de la norma DIN 4084 indican que el factor de seguridad global más desfavorable no debe ser inferior a 1,40. Un diseño con un círculo de rotura que tenga un coeficiente de seguridad inferior a 1,40 no debe ser aceptado.

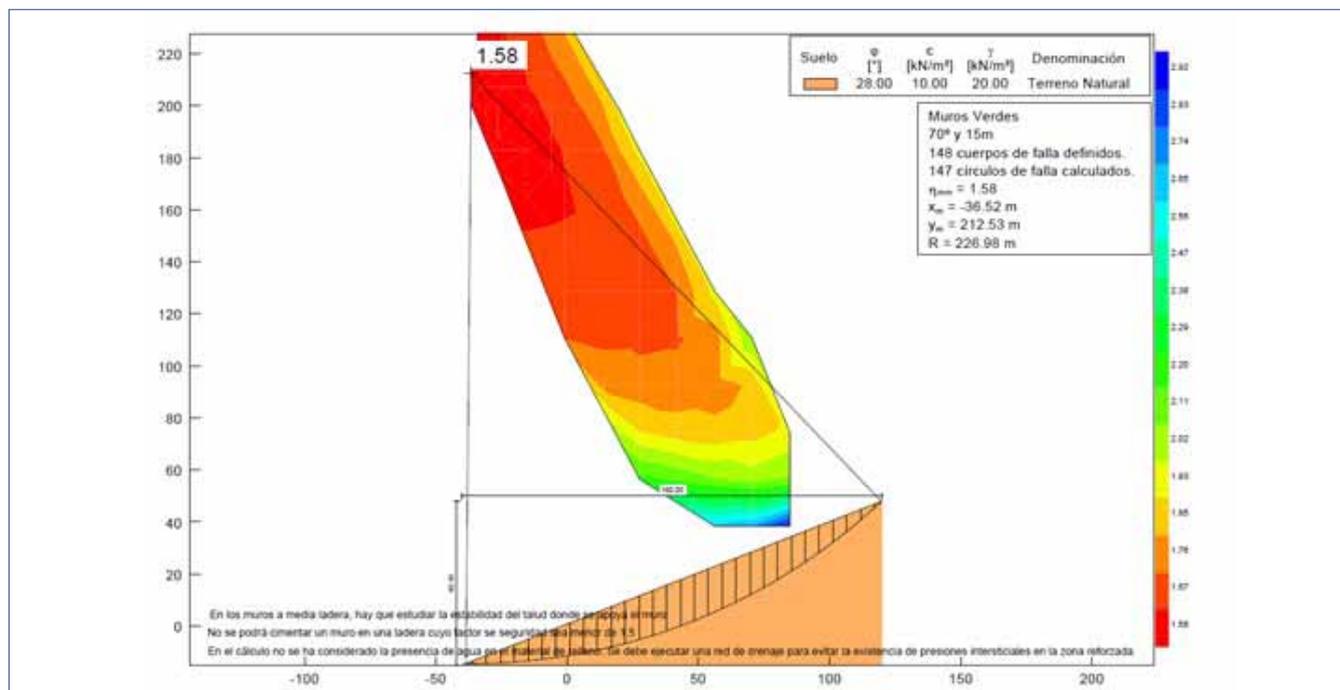


Figura 4. Cálculo de una ladera por el método de Bishop

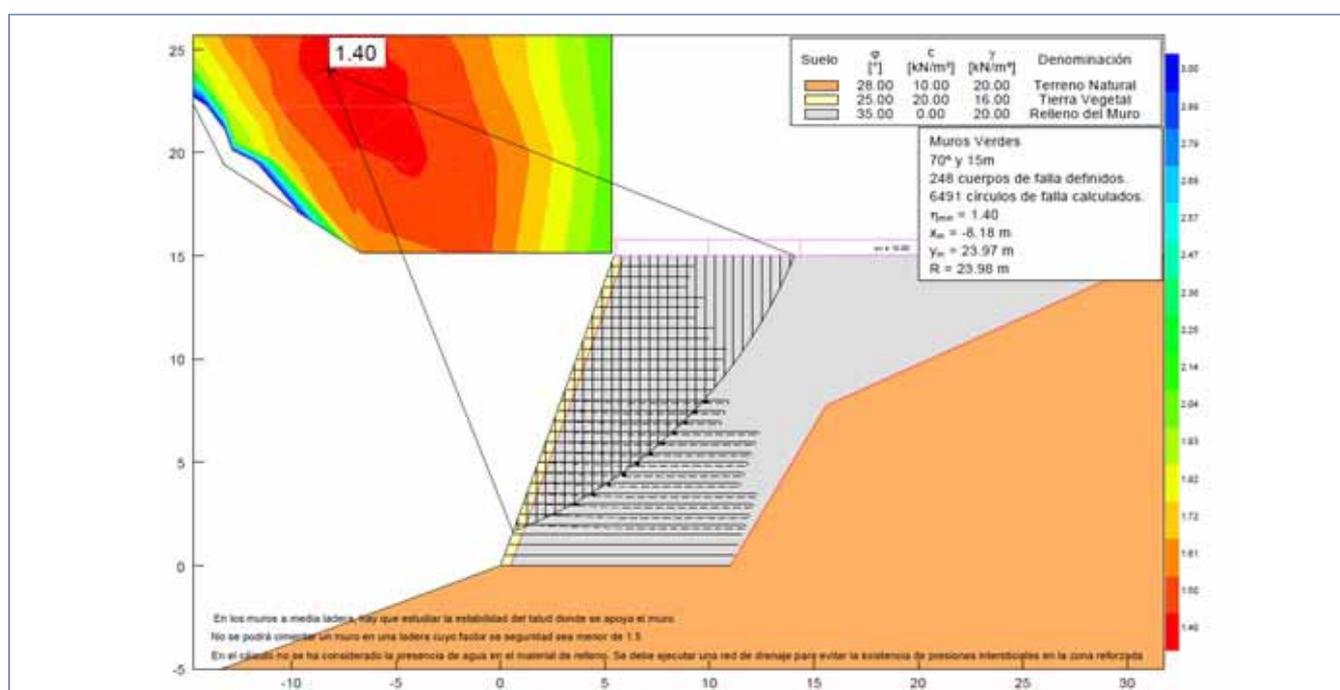


Figura 5. Cálculo de la estabilidad interna de un muro reforzado. Método de Bishop

# Rutas Técnica

## 1.4 Ejemplo de aplicación

En este apartado intentaremos explicar qué es lo que puede ocurrir cuando solo se tiene en cuenta la estabilidad interna de un determinado muro "a media ladera". Un cálculo correcto teniendo en cuenta los tres métodos de rotura anteriores conllevará un aumento de coste del muro.

El método de cálculo utilizado para determinar los factores de seguridad de las diferentes estructuras será el método de Bishop.

Supongamos una ladera de pendiente uniforme de 20°, con un ángulo de rozamiento interno de 30° y una cohesión de 10 kN/m<sup>2</sup>, se obtiene un círculo con un factor de seguridad de 1,58 (Figura 4).

Supongamos que sobre la ladera anterior, queremos construir un muro de 15 m de altura y 70° de pendiente de la cara vista.

Veamos que ocurre al calcular incorrectamente. Con los mismos datos de partida se estudia solamente la estabilidad interna del macizo reforzado. Se busca un factor de seguridad de 1,40. El círculo más desfavorable se muestra en la Figura 5.

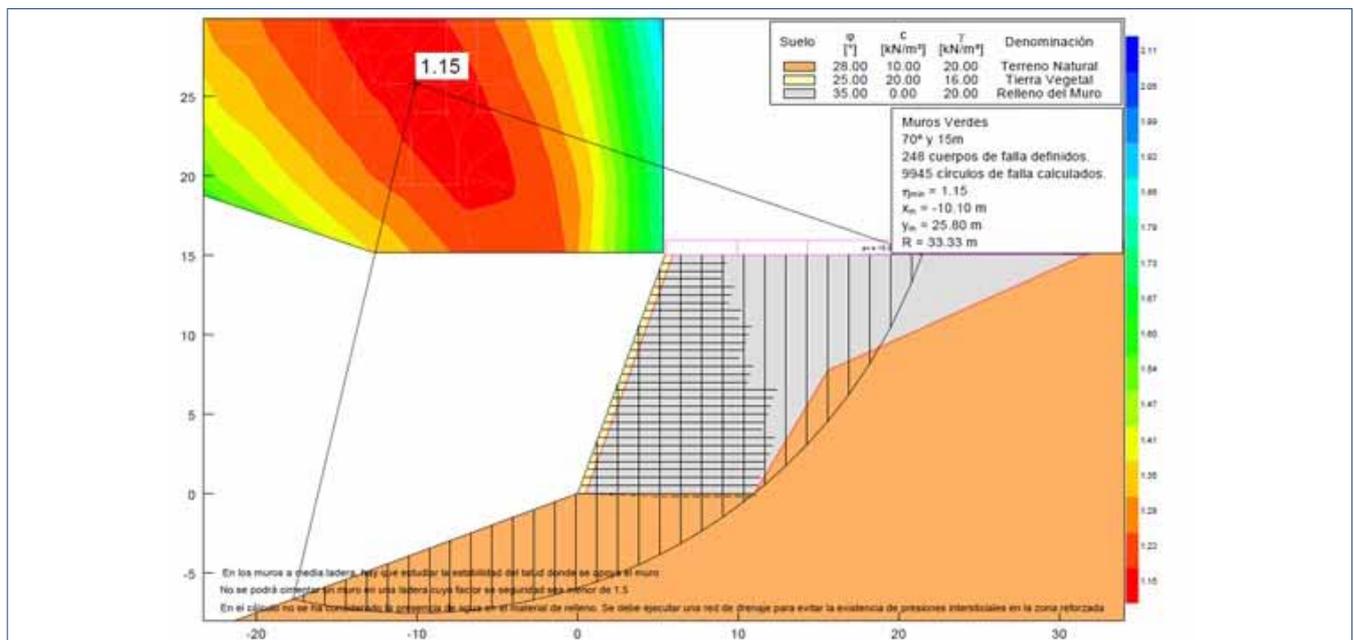


Figura 6. Cálculo de la estabilidad global de un muro reforzado. Método de Bishop

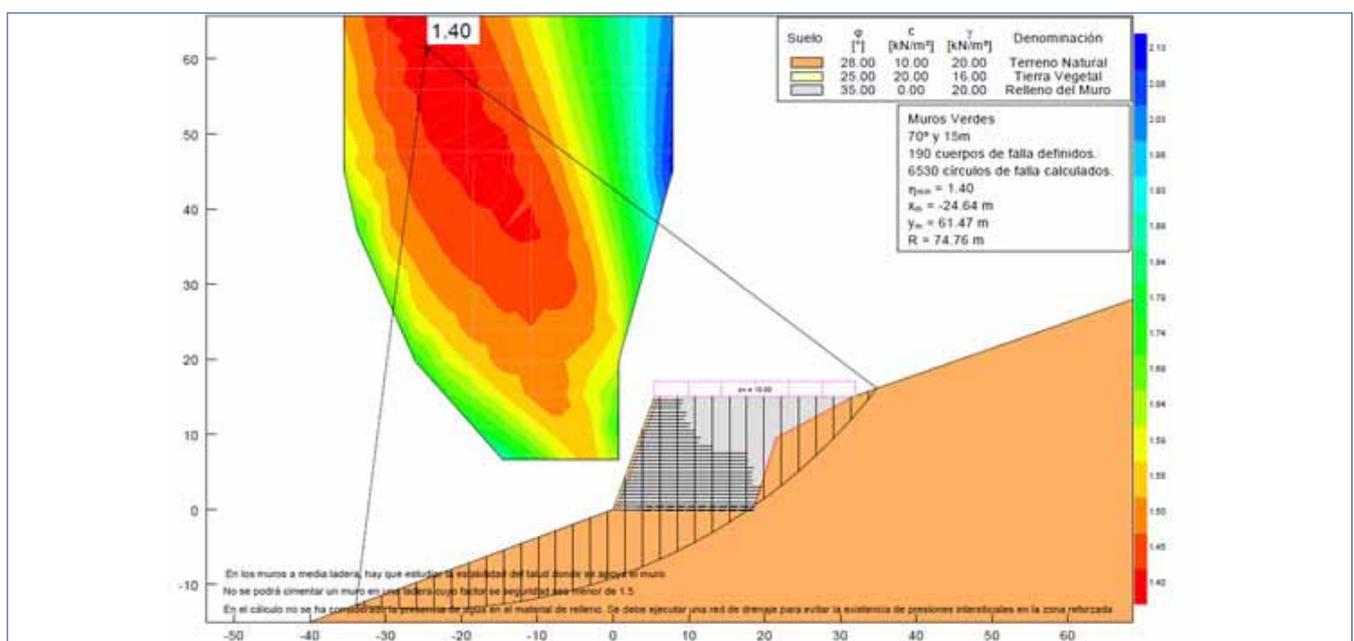


Figura 7. Cálculo de la estabilidad global de un muro reforzado. Método de Bishop

El resultado nos lleva a la colocación de geomallas de una determinada tensión de diseño y de una determinada longitud, según las características recogidas en la Tabla 3.

Pero si para esa misma cantidad de geomalla de refuerzo, calculáramos correctamente los tres modos de rotura conocidos, obtendríamos un coeficiente de seguridad de 1,15, que no sería aceptable por los ingenieros responsables. El cálculo correcto se muestra en la Figura 6.

**Tabla 3. Características de los elementos de refuerzo tras el cálculo de la estabilidad interna del muro**

Tongadas	Longitud (m)	Tensión de diseño (kN/m)
1 - 8	11	54,4
9 - 14	10	37,4
15 - 17	8	37,4
18 - 22	7	37,4
23 - 24	6	37,4
25 - 27	5	15,8
28 - 30	4	15,8

**Tabla 4. Características de los elementos de refuerzo tras el cálculo de la estabilidad compuesta**

Tongadas	Longitud (m)	Tensión de diseño (kN/m)
1-7	18,5	98,8
8	17	98,8
9-12	16,5	74,1
13 - 14	15,5	54,4
15 - 16	15	54,4
17 - 18	10	37,4
19 - 20	8	37,4
21 - 22	7	37,4
23 - 24	6	37,4
25 - 27	5	15,8
28 - 30	4	15,8

**Tabla 5. Valores orientativos de los coeficientes de minoración**

Parámetro		Geomalla homologada	Recomendaciones alemanas para geomallas sin certificar	
A1	Fluencia	1,52	2,5 Poliéster	5,0 Polietileno
A2	Daño mecánico	1,1 (relleno redondeado fino) 1,2 (relleno redondeado grueso)	1,5 (relleno redondeado fino) 2,0 (relleno redondeado grueso)	
A3	Uniones y solapes	1,0 (sin uniones ni solapes)	1,0 (sin uniones ni solapes)	
A4	Efectos medioambientales	1,0 (4,0 < pH < 9,0)	1,0 (4,0 < pH < 9,0)	
A5	Impacto dinámico	1,0	1,0 (ningún impacto esperado)	
γ	General	1,3	1,4	
F <sub>d</sub>	Tensión de diseño en % de la tensión nominal	42% - 46 %	Poliéster 14% - 19% Polietileno 7% - 9,5%	

Si se realizara un diseño correcto y finalmente se dispusieran las geomallas necesarias para obtener un factor de seguridad mínimo de 1,4, considerando la estabilidad del conjunto muro-ladera, se obtendría el resultado de la Figura 7.

En este caso, el coste del material de refuerzo, frente al diseño obtenido para la estabilidad interna del muro, generaría un incremento en el coste de geomallas de un 50%, pero con un coeficiente de seguridad válido si se quisiera estar bajo las especificaciones de la normativa de cálculo de este tipo de muros.

Como se ha podido comprobar, es de vital importancia el estudio conjunto del muro-ladera, ya que si solo se estudia la estabilidad interna, el factor de seguridad puede ser inferior al que la normativa y el estado del arte actual establecen. Esta conclusión es válida también para cualquier otra tipología de muros.

Se puede determinar la tensión de diseño de un geosintético (F<sub>d</sub>) a partir de la tensión nominal (F<sub>k</sub>) de la siguiente forma:

$$F_d = \frac{F_k}{A1 \cdot A2 \cdot A3 \cdot A4 \cdot A5 \cdot \gamma} \tag{7}$$

donde:

- F<sub>k</sub>: tensión nominal o resistencia a tracción a corto plazo, en kN/m.
- A1: factor de seguridad de fluencia.
- A2: factor de seguridad para daño mecánico.
- A3: factor de seguridad debido a uniones y solapes.  
Si no hay solapes en la dirección del refuerzo: A3=1.
- A4: factor de seguridad para efectos medioambientales.
- A5: factor de seguridad por impacto dinámico: A5 = 1.
- γ: factor de seguridad en el proyecto, fabricación y extrapolación de datos.

La normativa internacional ISO 10319 define el ensayo para determinar el diagrama tracción – deformación de un geosintético de refuerzo y por lo tanto su tensión nominal. Esta tensión nominal se debe minorar con los 4 coeficientes anteriores para obtener la tensión de diseño.

Tabla 6. Factores parciales para Estados Límites Último y de Servicio			
Factores parciales		Estado Límite Último	Estado Límite de Servicio
Factores de carga	Densidad del suelo de relleno	$f_s = 1,5$	$f_s = 1,0$
	Cargas muertas externas (cargas puntuales o lineales)	$f_f = 1,2$	$f_f = 1,0$
	Cargas vivas externas (tráfico)	$f_q = 1,3$	$f_q = 1,0$
Factores del material suelo	Aplicar a $\tan \varphi'_p$	$f_{ms} = 1,0$	$f_{ms} = 1,0$
	Aplicar a $c'$	$f_{ms} = 1,6$	$f_{ms} = 1,0$
Factores del material refuerzo	Aplicar a la resistencia del refuerzo	El valor de $F_m$ debería ser consistente con el tipo de refuerzo a usar y la vida de diseño requerida al refuerzo (ver 5.3.3. y anexo A de BS 8006:1995)	
Factores de interacción suelo/refuerzo	Deslizamiento a través de la superficie de refuerzo	$f_s = 1,3$	$f_s = 1,0$
	Resistencia al arrancamiento del refuerzo	$f_p = 1,3$	$f_p = 1,0$
Factores parciales de seguridad	Deslizamiento a lo largo de la base de la estructura en el contacto suelo-suelo	$f_s = 1,2$	No necesario

## 2. Norma BS 8006:1995

La norma británica BS 8006:1995 "Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills" es el documento técnico que refleja la buena práctica en el diseño y cálculo de las diferentes aplicaciones de los geosintéticos en el refuerzo de suelos, entre ellas los muros y los taludes. De hecho se tratan en dos secciones o capítulos diferentes, de forma que el capítulo 6 detalla el diseño de muros y estribos y el capítulo 7 habla sobre el diseño de taludes reforzados. Hay que tener en cuenta que las estructuras con ángulo de inclinación de hasta 20° sobre la vertical pueden ser calculadas, si se desea, como estructuras verticales o bien como taludes reforzados.

### 2.1 Criterios generales: Estados límite último y de servicio

El ángulo del talud tendrá influencia sobre el método de análisis a usar pero sobre todo, determinará la tipología del paramento frontal y el método de construcción.

Normalmente, es necesario algún tipo de paramento permanente y flexible para taludes reforzados de pendiente mayor de 45°, con el fin de facilitar el anclaje del refuerzo en la zona activa así como proporcionar protección frente a la erosión superficial.

El diseño, siguiendo los métodos de equilibrio límite, considera la mayoración de las cargas externas y de las propias del suelo por medio de los apropiados factores parciales de carga y considera también la minoración de las propiedades del suelo y la resistencia del refuerzo mediante los factores parciales de los materiales.

La Tabla 6 resume los factores parciales a aplicar en el diseño de taludes reforzados.

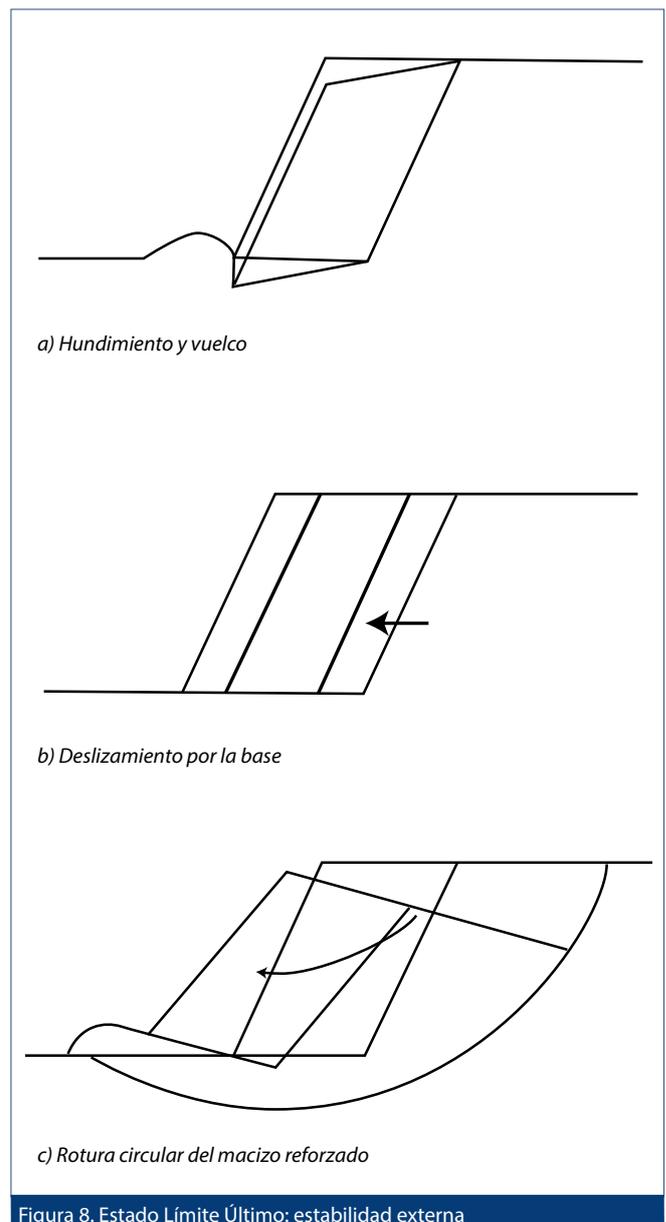


Figura 8. Estado Límite Último: estabilidad externa

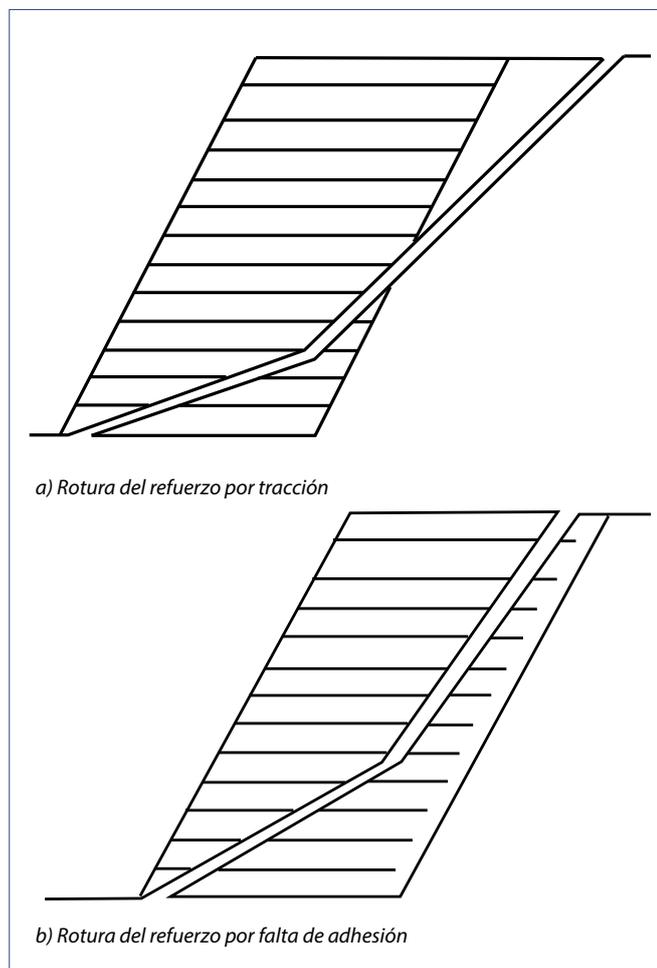


Figura 10. Estado Límite Último: estabilidad compuesta

También hay que aplicar un factor parcial  $F_n$  a la resistencia de diseño del refuerzo en función de las consecuencias económicas que pudiera tener un fallo de la estructura. Para ello, esta norma establece que  $F_n$  será igual a 1,1 en estribos, estructuras que soporten autopistas, carreteras, ferrocarriles, edificios no habitados o presas, entre otras infraestructuras, y será igual a 1 en caso de riesgo bajo o nulo.

Los análisis de estabilidad de taludes reforzados tienen mucho en común con los empleados en los muros reforzados, sin embargo, en los primeros los aspectos más críticos del diseño tienden a modos de rotura interna. No obstante es imprescindible realizar los cálculos correspondientes tanto al análisis de estabilidad interna como al de estabilidad externa y también los correspondientes a la estabilidad compuesta, como ya se indicaba al comienzo de este artículo.

Los Estados Límite Último a considerar (Figuras 8, 9 y 10) son:

- a) Estabilidad interna:
  - Rotura por tracción del geosintético de refuerzo.
  - Rotura por falta de adhesión del geosintético de refuerzo.
- b) Estabilidad externa:
  - Rotura por hundimiento y vuelco.
  - Rotura por deslizamiento por la base.

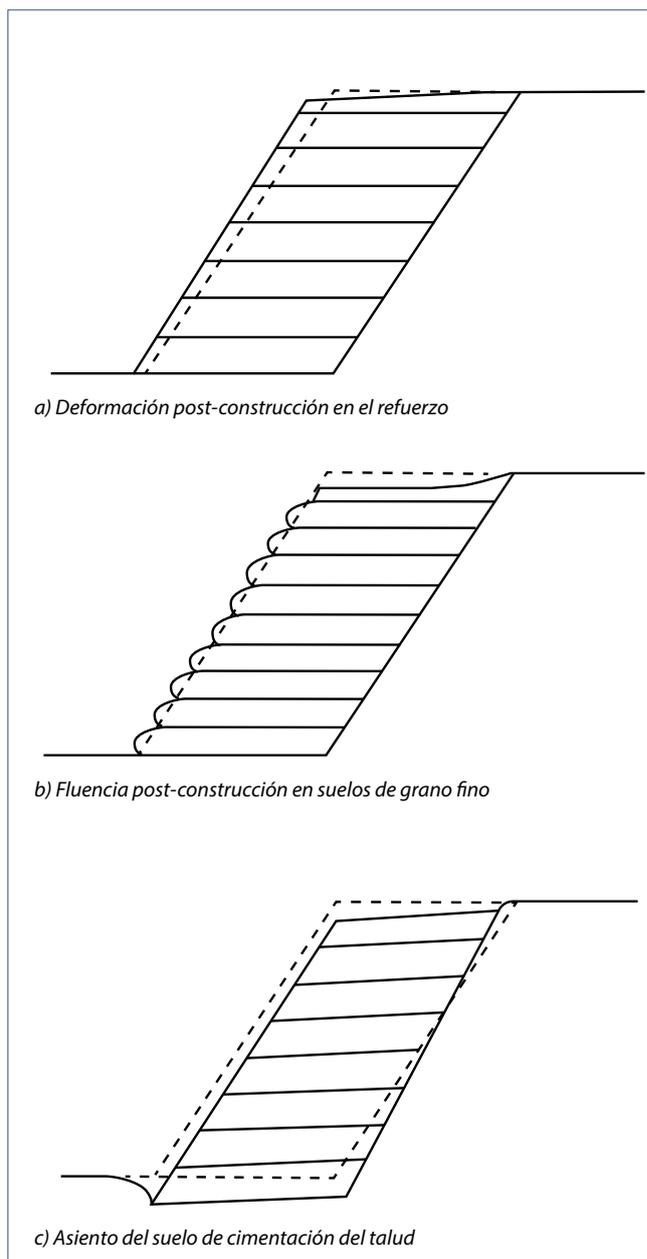


Figura 11. Estados Límite de Servicio

- Rotura circular alrededor del macizo de suelo reforzado.
- c) Estabilidad compuesta:
  - Rotura por tracción del geosintético de refuerzo.
  - Rotura por falta de imbricación del geosintético de refuerzo.

Los Estados Límite de Servicio a considerar (Figura 11) son:

- a) Estabilidad interna:
  - Deformación post-construcción en el refuerzo (del orden del 5% sería aceptable).
  - Fluencia post-construcción de los suelos de grano fino saturados empleados en el relleno reforzado, si fuera el caso.
- b) Estabilidad externa:
  - Asiento del suelo de cimentación del talud.

Es posible que el análisis de estabilidad externa para el ELU pueda alertar de un problema de servicio de la estructura antes que de colapso. Por ejemplo, problemas de capacidad portante pueden resultar en deformaciones antes que en el fallo total de la estructura reforzada.

La compactación de cada capa del relleno reforzado debe ser llevada a cabo de igual forma que en un relleno no reforzado. Normalmente se diseña y ejecuta una capa de drenaje en el trasdós del suelo reforzado y en su base de forma que se pueda considerar que el macizo reforzado no está afectado por entradas de agua.

Si el suelo de relleno es cohesivo se pueden incluir capas granulares de drenaje a intervalos con el fin de prevenir la formación de presiones de poros en el macizo reforzado.

## 2.2 Metodología de cálculo: Estabilidad interna y externa

La estabilidad interna del talud reforzado depende de la capacidad del geosintético de refuerzo para resistir las cargas a soportar por el macizo reforzado. Se lleva a cabo normalmente en base a los métodos de equilibrio límite ajustados por el uso de factores parciales antes mostrados en concordancia con el estado límite considerado. Existen muchos métodos como por ejemplo, el análisis

de deslizamiento de bloques, el análisis de rotura circular, el de rotura no circular, el análisis según espiral logarítmica, etc. siendo los dos primeros los más habituales en la práctica.

El análisis de deslizamiento de bloques asume una superficie de rotura bilineal pues se ha comprobado que es una representación muy razonable de la superficie de rotura de taludes (Figura 12).

Para estructuras reforzadas donde el relleno termina en una superficie horizontal, las fuerzas desestabilizadoras pueden considerarse como la resultante del empuje lateral de tierras el cual se incrementa aproximadamente de forma lineal con la profundidad desde la coronación del talud.

El espaciado vertical entre las capas de geosintéticos de refuerzo puede ser calculado también aunque normalmente es un múltiplo del espesor de tongada compactada siendo el máximo espaciado recomendable igual a un metro para evitar inestabilidades en la cara del talud entre capas de refuerzo.

Por supuesto, la longitud mínima de anclaje del geosintético de refuerzo (ver Figura 9) tiene que ser calculada. Esta longitud depende de algunos factores parciales de la Tabla 6, de la sobrecarga externa debido solo a las cargas muertas, de la cohesión y ángulo de rozamiento interno de pico del suelo de relleno y de

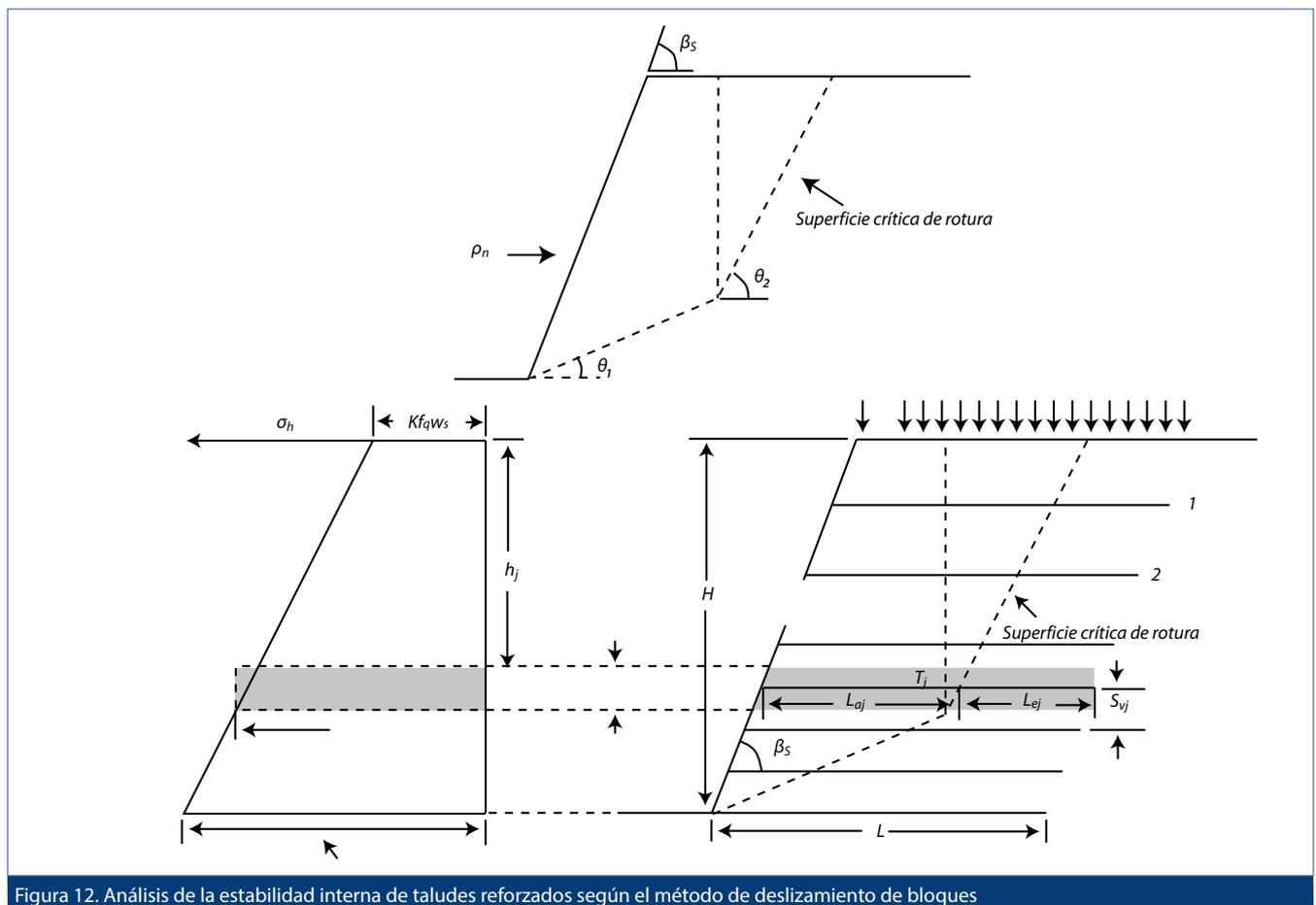


Figura 12. Análisis de la estabilidad interna de taludes reforzados según el método de deslizamiento de bloques

los coeficientes de interacción entre suelo y geosintético de refuerzo.

Se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$L_{ej} \geq \frac{f_p f_n T_j}{2[(y h_j + w_s) \frac{\alpha' \tan \phi'_p}{f_{ms}} + \frac{\alpha_{bc} c'}{f_{ms}}]} \quad (8)$$

Donde:

- $L_{ej}$ : longitud mínima de anclaje calculada al nivel j en el talud.
- $f_p$ : factor parcial de arrancamiento del geosintético de refuerzo (ver tabla 6).
- $f_n$ : factor parcial función de las consecuencias económicas que pudiera tener un fallo de la estructura.
- $f_{ms}$ : factor parcial del material suelo aplicado a su tan  $\phi'_p$  y a  $c'$  (ver Tabla 6).
- $w_s$ : sobrecarga externa debido únicamente a cargas muertas.
- $\alpha'$ : coeficiente de adhesión relativo al contacto suelo/refuerzo para  $\phi'_p$ .
- $\phi'_p$ : ángulo de resistencia al corte de pico del suelo del relleno.
- $\alpha_{bc}$ : coeficiente de adhesión relativo al contacto suelo/refuerzo para  $c'$ .
- $c'$ : cohesión efectiva del relleno.
- $T_j$ : máxima resistencia de refuerzo por metro lineal al nivel j del talud.
- $\gamma$  peso unitario del suelo.
- $h_j$ : altura del relleno sobre el nivel j en el talud (ver Figura 12).

El análisis de rotura circular se ha establecido como el más habitual para taludes, reforzados o no, de geometría variada y múltiples capas de suelos diferentes. Cuando la estructura está reforzada, se desprecian las fuerzas entre las rebanadas debido a que la presencia del refuerzo afecta a estas fuerzas y además reduce al máximo la distorsión en el macizo reforzado.

El momento estabilizador de los efectos combinados del suelo ( $M_{rs}$ ) y del refuerzo ( $M_{rr}$ ) no debe ser menor al momento desestabilizador ( $M_d$ ) debido al peso del suelo más la sobrecarga.

La longitud mínima de anclaje del geosintético de refuerzo se calcula empleando la misma ecuación que en el análisis de deslizamiento de bloques.

En la superficie de rotura potencial que afecta parcialmente tanto a la parte reforzada como a la no reforzada del suelo de relleno hay que aplicar también los métodos de análisis de estabilidad interna con el fin de realizar correctamente el diseño de la estructura reforzada. No olvidar nunca el análisis de estabilidad compuesta pues frecuentemente es determinante en la seguridad de la estructura.

### 2.3 Coeficientes de seguridad

Los factores parciales (Tabla 6) empleados en mayor las cargas externas y el peso propio del suelo así como en minorar las propiedades del terreno y del geosintético determinan que el factor de seguridad global a satisfacer es 1.

Si se considera una estructura de categoría baja o media, es decir, su rotura supondría un daño nulo o moderado y pérdida del servicio el factor de seguridad debido a las consecuencia del fallo de la estructura sería  $f_n = 1$ . En estructuras de alto riesgo como son los estribos, las estructuras que soporten autopistas, carreteras, ferrocarriles, edificios no habitados o presas, entre otras infraestructuras, este factor será igual a 1,1.

Tabla 7. Características de los elementos de refuerzo tras el cálculo de la estabilidad del muro con carga equivalente

Tongadas	Longitud (m)	Tensión de diseño (kN/m)
1 - 5	8	68,2
6 - 9	7	36,4
10 - 11	6	25,0

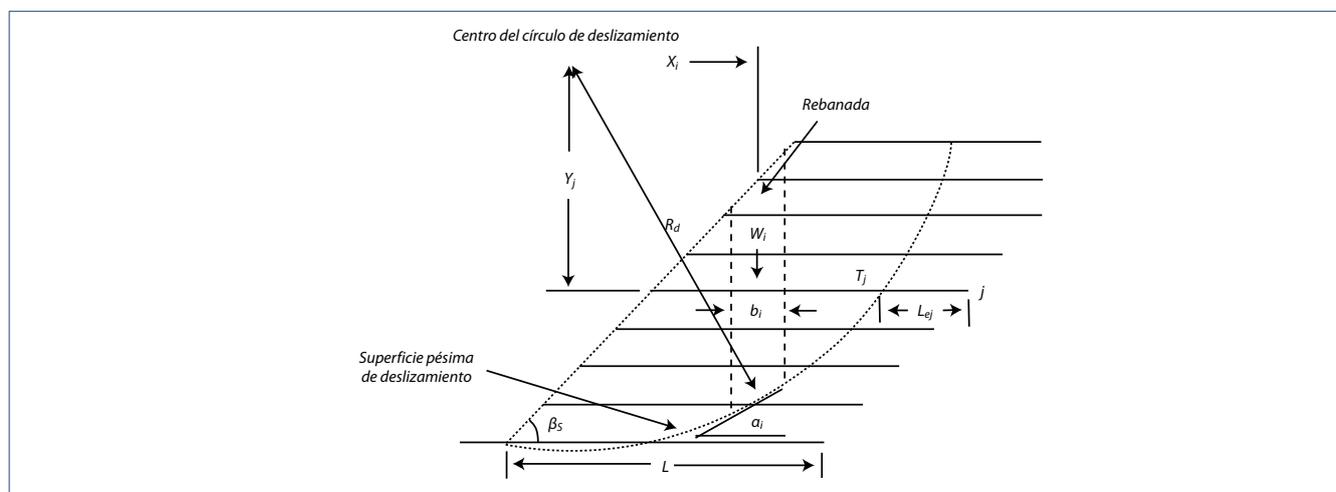


Figura 13. Análisis de la estabilidad interna según el método de las rebanadas para deslizamiento circular

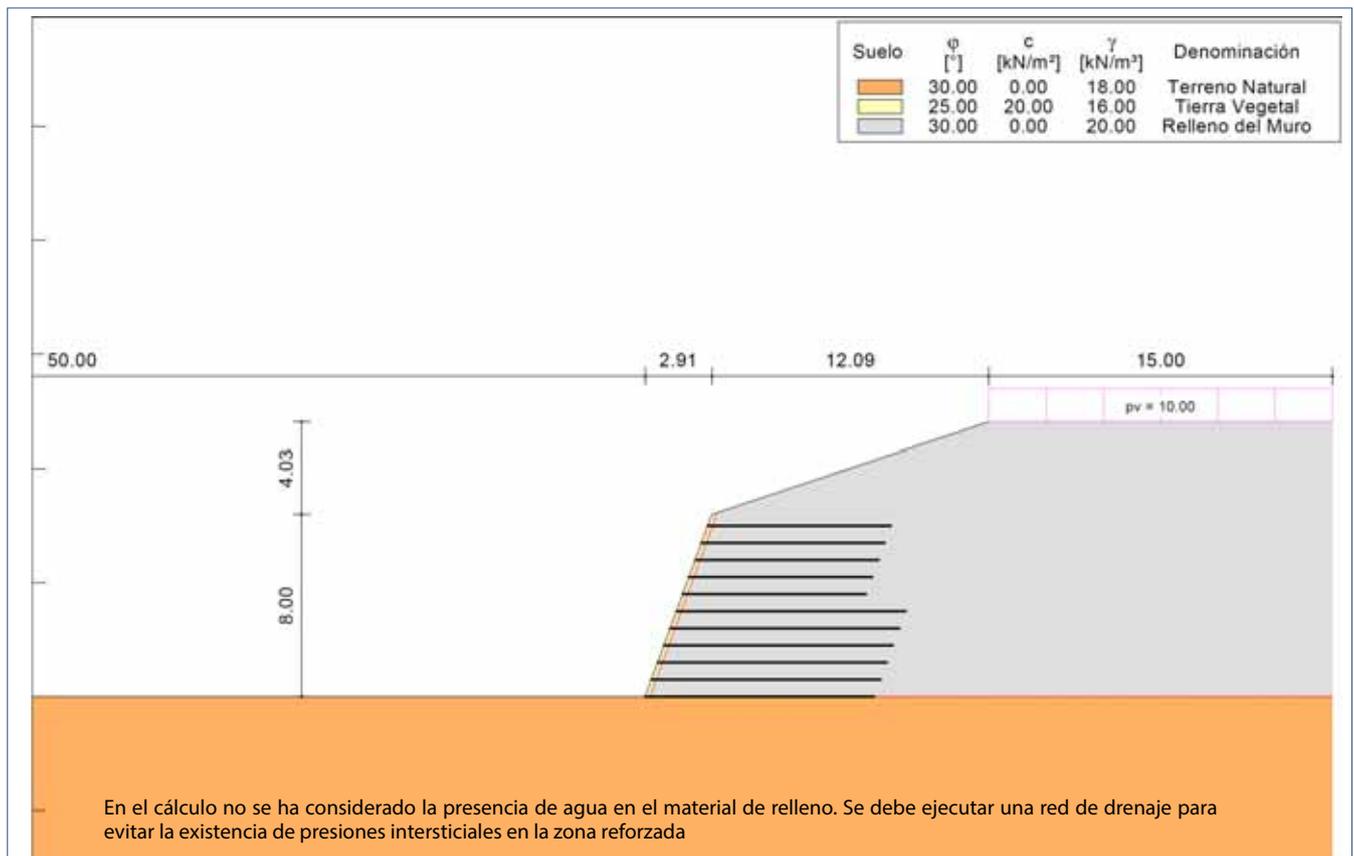


Figura 14. Esquema de la sección de cálculo. Talud de 4 m con pendiente 3H:1V

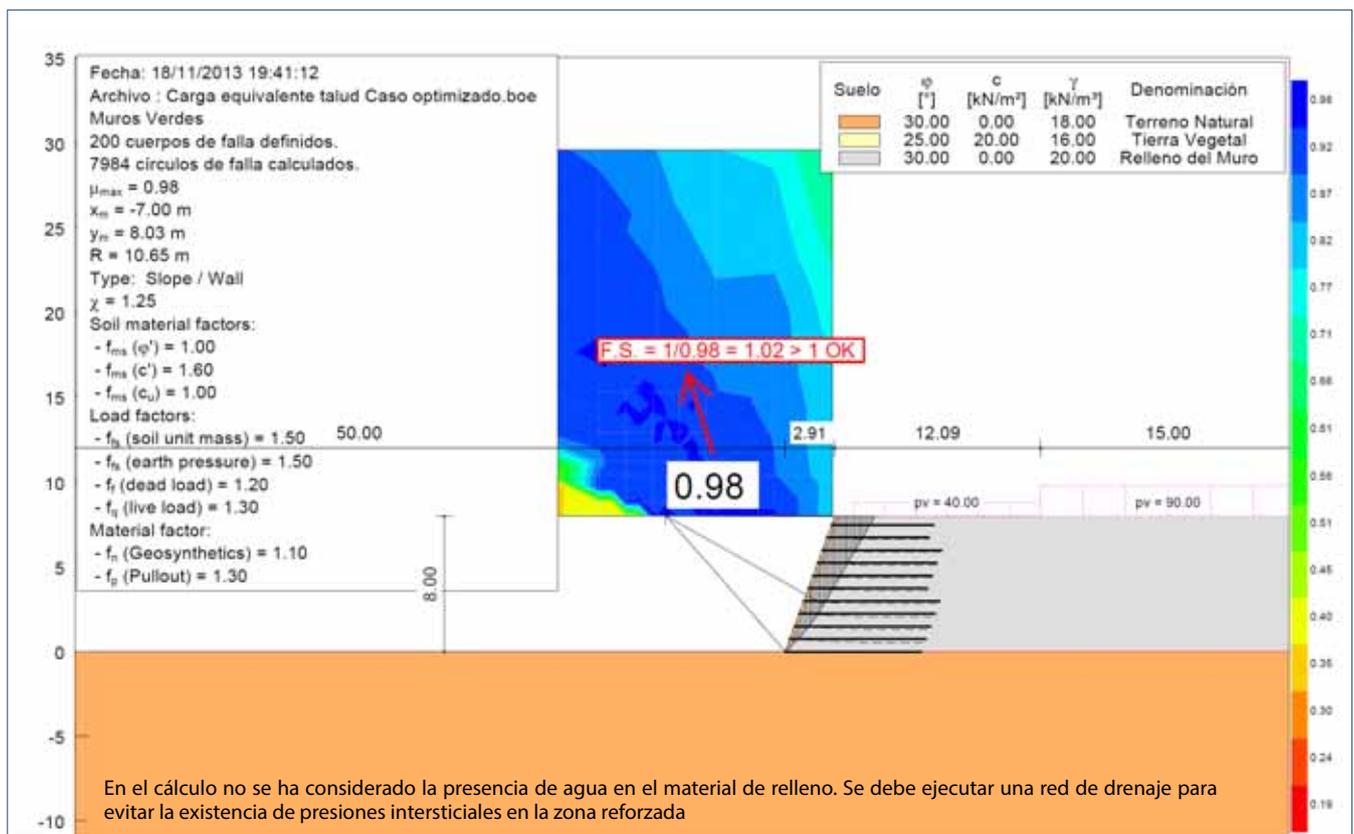


Figura 15. Cálculo de la estabilidad global de un muro reforzado. Método de Bishop

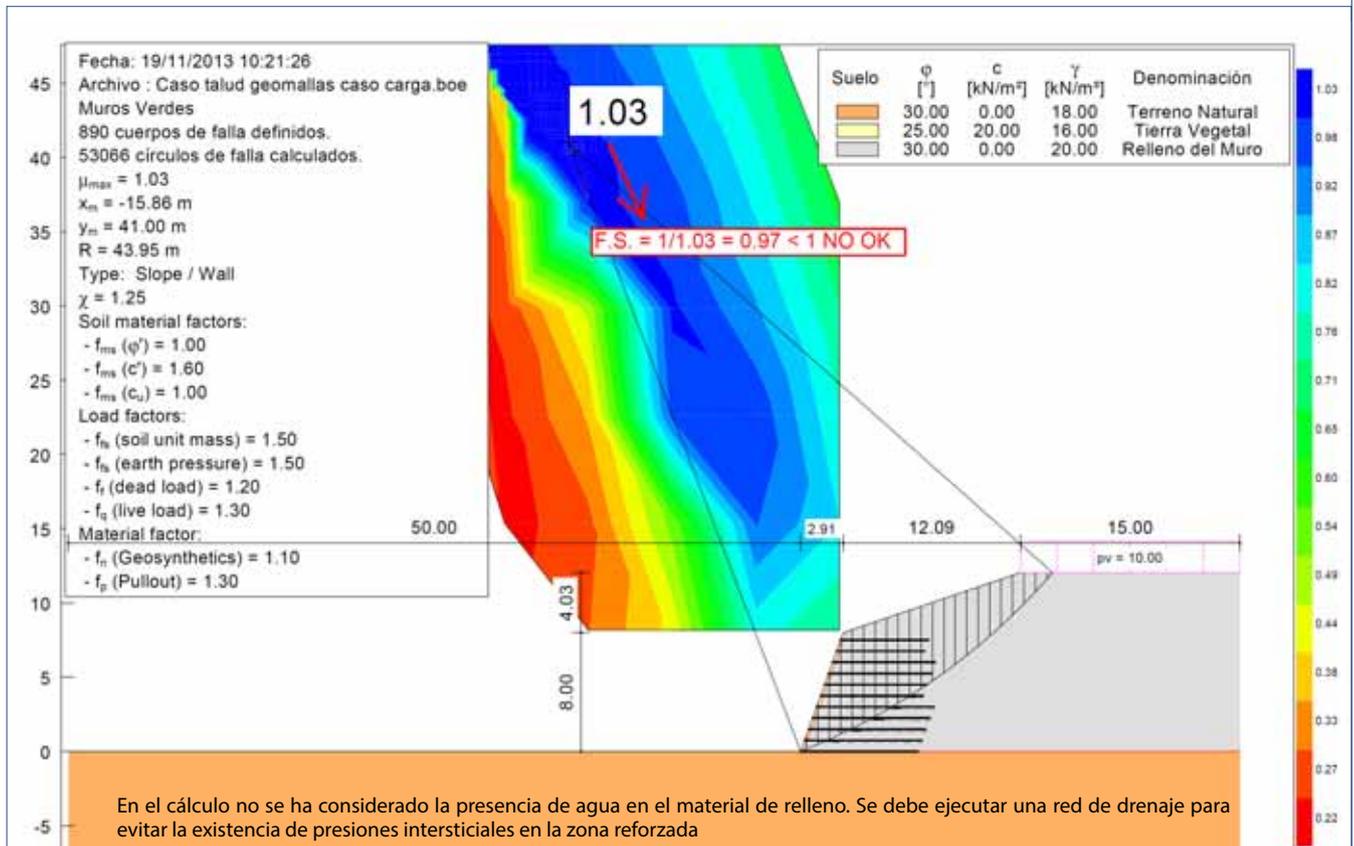


Figura 16. Cálculo del muro con el talud y esquema de geomallas de la solución anterior

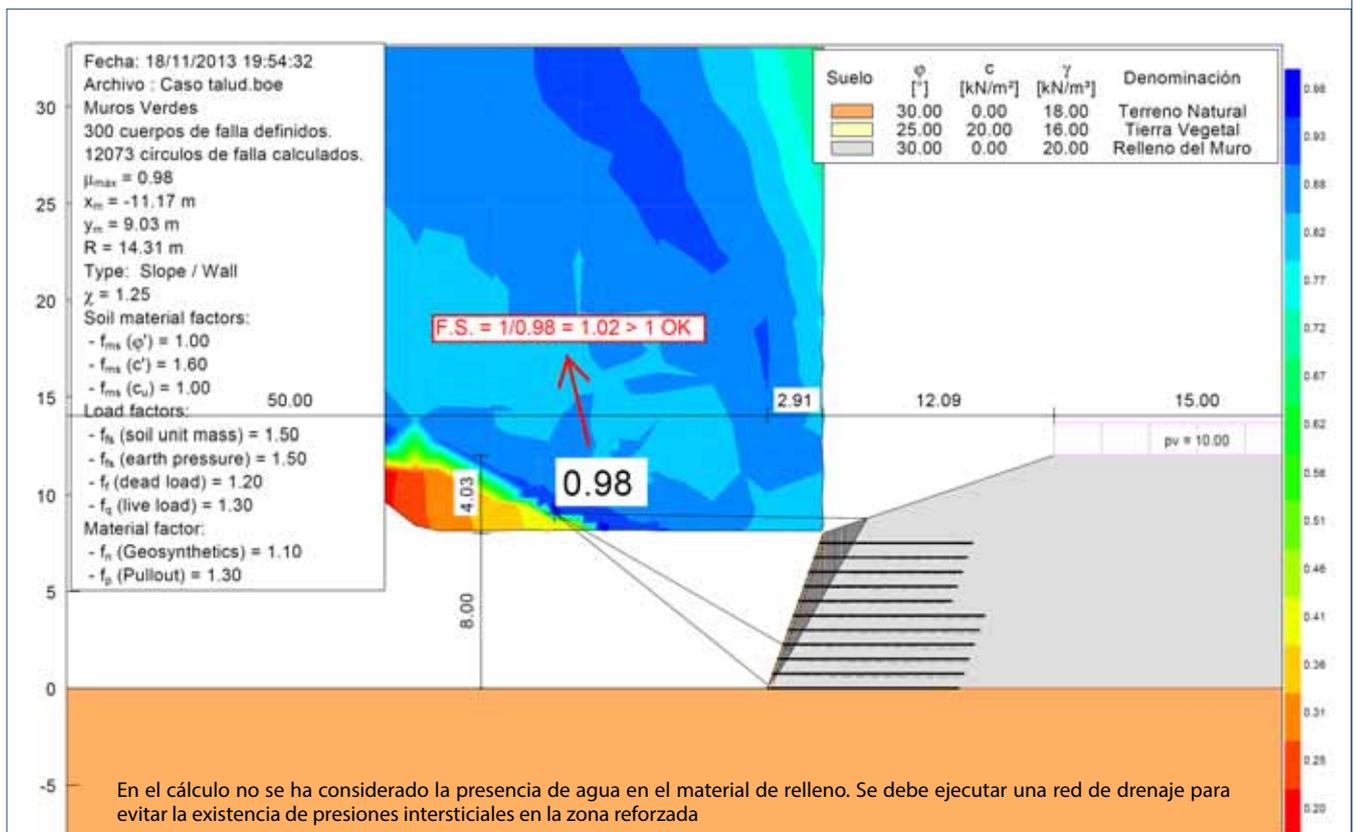


Figura 17. Cálculo de la estabilidad global del muro reforzado con el talud en coronación

Tabla 8. Características de los elementos de refuerzo tras el cálculo de la sección con talud en coronación

Tongadas	Longitud (m)	Tensión de diseño (kN/m)
1-6	10	68,2
7-9	8	36,4
10-11	8	25,0

El factor de seguridad a alcanzar para el círculo crítico de rotura en profundidad, basado en el método de Bishop, será establecido para el diseño final de la estructura de suelo reforzado con geosintéticos y será mayor cuanto mayor sea el factor parcial de deslizamiento ( $f_g$ ) a través de la superficie del refuerzo.

## 2.4 Ejemplo de aplicación

Aprovechando el ejemplo de la normativa BS, intentaremos explicar otro error muy común en el diseño de los muros verdes: asemejar un talud en la coronación del muro verde a una carga vertical equivalente.

El método de cálculo utilizado para determinar los factores de seguridad de las diferentes estructuras será el método de Bishop.

Veamos que ocurre al calcular con una carga vertical equivalente al talud en coronación de muro definido en la Figura 14.

El resultado nos lleva a la colocación de geomallas de una determinada tensión de diseño y de una determinada longitud, como se puede ver en la Tabla 7.

Pero si para esa misma cantidad de geomalla de refuerzo, calculáramos correctamente con el talud en coronación, obtendríamos un coeficiente de seguridad de 1,15, que no sería aceptable por los ingenieros responsables. El cálculo correcto se muestra en la Figura 16.

Si se realizara un diseño correcto y finalmente se dispusieran las geomallas necesarias para obtener un factor de seguridad mayor que 1, considerando el talud en coronación y por lo tanto los empujes horizontales que genera sobre el muro, se obtendría el resultado de la Figura 17.

En este caso, el coste del material de refuerzo, frente al diseño obtenido para la sección con la carga vertical equivalente al talud, generaría un incremento en el coste de geomallas de un 25%, pero con un coeficiente de seguridad válido si se quisiera estar bajo las especificaciones de la normativa de cálculo de este tipo de muros.

Como se ha podido comprobar, es muy importante el estudio correcto de la sección real, ya que si se estudian secciones equivalentes se puede estar falseando la solución y obtener refuerzos del lado de la inseguridad. Esta conclusión es válida también para cualquier otra tipología de muros.

## 3. Conclusiones

Las principales ideas que aquellos técnicos que en el ejercicio de su trabajo tengan que proponer y adoptar soluciones técnicas como las que aquí se describen son:

- Si se ignora alguna de las posibles superficies de deslizamiento (estudio de estabilidad interna, externa y compuesta) el diseño de estabilidad del muro o talud no será correcto y el riesgo de que se produzcan daños será mayor.
- Como complemento a los métodos de equilibrio límite se deben utilizar métodos que compatibilicen las deformaciones que experimentan los geosintéticos y el suelo; para poderlos formular, o bien hay que hacer simplificaciones y admitir una serie de hipótesis o bien hay que recurrir a la aplicación de métodos numéricos como el de los elementos finitos. La ventaja de este tipo de cálculos es que permiten determinar las deformaciones que van a experimentar los geosintéticos en las condiciones para las que han sido calculados, lo que permite un mejor control del comportamiento de la estructura de suelo reforzada eliminando posibles incertidumbres.
- Para la realización de un correcto diseño de un muro de cualquier tipología es necesario que los parámetros de partida estén correctamente definidos (geometría, cargas, materiales, etc.). Hay que tener en cuenta que el coste de una estructura de este tipo y su estabilidad posterior son el resultado de una correcta definición de estos parámetros.
- En el diseño de cualquier aplicación que se requiera el uso de geosintéticos es de vital importancia el conocimiento de todos los coeficientes de minoración, para poder así determinar la tensión de diseño a utilizar por el calculista.

Como conclusión, ante la escasa información específica publicada al respecto y tras haberse realizado bastantes actuaciones de este tipo en nuestra geografía, este artículo pretende realizar una labor didáctica y sistemática del diseño de este tipo de estructuras reforzadas.

## 5. Bibliografía

- [1] British Standard Institution (BSI). BS 8006 Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills. London, 1995.
- [2] Deutsches Institut für Normung (DIN). DIN 4084 Subsoil – Calculation of embankment failure and overall stability of retaining structures. Berlin, 1981
- [3] Deutsches Institut für Normung (DIN). DIN 1054 Ground – Verification of the safety of earthworks and foundations.
- [4] GGU – Stability V. 6. 16. GGU, Braunschweig resp. Civil Serve GmbH, Vechta. Germany (HYPERLINK“http://www.ggu-software.com” www.ggu-software.com) 2001.
- [5] Ministerio de Fomento. Dirección de carreteras. Manual para el proyecto y ejecución de estructuras de suelo reforzado. Serie normativas, 1998.
- [6] Ministerio de Fomento. Guía de cimentaciones en obras de carretera. Madrid, 2003. ❖

# Medidas de protección del suelo y medio natural sobre obras lineales de Andalucía y Ceuta. Planificación integral

**José Francisco López Corzo,  
Álvaro Herrán Pérez,  
Rafael Merino de Cos,  
Francisco Manuel Baena Ureña,  
Camelia Ruiz Viola**  
*Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
VS Ingeniería y Urbanismo, S.L.*

Este artículo describe la problemática y las experiencias obtenidas, últimamente, en la ejecución de obras y proyectos en materia de protección ambiental del entorno y de la propia obra. Las prácticas empleadas son un repaso de las técnicas de protección de suelos y del medio natural recomendadas para las obras lineales, carreteras y ferrocarriles, incidiendo en el hecho de que la calidad de estas actuaciones tiene además de la ventaja ambiental y paisajística una clara repercusión en el periodo de vida útil de la construcción así como en las operaciones de conservación, mantenimiento y en la seguridad vial del itinerario.

## 1. Equilibrio de las obras lineales en el entorno

La construcción de infraestructuras viarias lineales, carreteras y líneas ferroviarias, implica inevitablemente la realización de movimientos de tierras importantes con la consiguiente alteración de los factores condicionantes de la erosividad y sedimentación del medio rompiéndose el equilibrio natural existente. Por ello, estas obras deben prever la restitución del equilibrio del sistema garantizando su integración ambiental y ecológica en el entorno, redundando todo esto en la seguridad, durabilidad, calidad y economía de las obras.

Los taludes desnudos, en desmonte, terraplén, vertederos, etc, pueden erosionarse y alterarse a velocidades

realmente importantes, con la consiguiente producción de sedimentos y fallo de las obras, afectando al equilibrio del medio y a la durabilidad y servicio de las infraestructuras. Es también transcendental no alterar la red de drenaje superficial o profunda del entorno, evitándose la ocupación de los cauces de la zona y sus márgenes (ríos, rambla, barrancos, etc.).

La tendencia debe ser la reducción del volumen de movimiento de tierras, la eliminación de vertederos y préstamos exteriores a la traza y la reutilización del material excavado mediante encapsulamiento de materiales finos, erosionables y de calidad marginal.

A continuación se analizan 4 obras lineales singulares: 3 tramos de carretera y 1 línea de ferrocarril de alta velocidad, en las que se ha seguido un claro criterio de control de la erosión y sedimentación del medio natural.

Las actuaciones analizadas y las principales medidas adoptadas en ellas son las que se indican a continuación:

- Autovía A-334 del Almanzora. Tramo Purchena-Fines (Almería), en la que se reduce el volumen de movimiento de tierras y se adopta medidas (activas y pasivas) de control de la meteorización y la erosión.
- Obra LAV Jerez (Cádiz). LAV Sevilla-Cádiz. Tramo Utrera – Aeropuerto de Jerez de la Frontera. Subtramo el Cuervo (Cádiz) – Aeropuerto de Jerez (Cádiz) en la que el balasto recuperado (procedente de las vías abandonadas al entrar en servicio los nuevos trazados ferroviarios en

variante) se emplea como medida de protección frente a la erosión de taludes y rellenos construidos en zona inundable.

- Estabilización de talud en La Rambla (Córdoba). Carretera A-3133, donde se mejora el sistema de drenaje y estabilización de taludes.
- Estabilización de taludes en Ceuta. Carretera N-362, con uso de tratamientos sobre fenómenos de movimientos de ladera y arrastre de materiales en épocas lluviosas.

## 2. Autovía A-334 del Almanzora. Tramo Purchena-Fines (Almería)

### 2.1 Marco administrativo

Promotor: AOP Junta de Andalucía. UTE Purchena-A-7.  
Redacción del proyecto: VS Ingeniería y Urbanismo S.L.

### 2.2 Geología

La longitud total del trazado afectado por los materiales aquí descritos es de 11,25 kilómetros. El entorno objeto de estudio se encuentra entre los términos municipales de Purchena y Cantoria (provincia de Almería). El trazado transcurre paralelo a la actual A-334, a unos 1 000 metros al norte de la misma y a unos 2000 metros del río Almanzora.

Desde el punto de vista litológico, el entorno atravesado por las obras consta principalmente de margas y margocalizas blanco-amarillentas del Mioceno, las cuales quedan recubiertas ocasionalmente por glacis y suelos de naturaleza aluvial y terrazas en los cauces interceptados.



Figura 1. Detalle de la formación: paisaje "Tierras Blancas"



Figura 2. Talud de desmonte 1H:1V. PK 56 de la A-334 actual. Detalle de materiales erosionados "Tierras Blancas". Montera de glacis

Las margas y margocalizas blanco-amarillentas del Mioceno, presentan una topografía alomada, mostrándose muy erosionadas en laderas y taludes artificiales, con recubrimientos importantes de material granular tipo glacis, como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2.

Los depósitos de glacis constituyen superficies topográficas suaves-planas, depositados de manera discordante sobre los materiales del Terciario. Litológicamente se componen de conglomerados y arcillas rojizas, más o menos cementados en función de la antigüedad del depósito; presentan erosionabilidad baja dada su granulometría gruesa y su elevada compacidad.

### 2.3 Reducción del volumen de movimiento de tierras

#### 2.3.1 Desestimación de la solución inicial propuesta

Un paso fundamental a la hora de definir la solución del movimiento de tierras de la obra ha sido descartar una primera solución en la que se proponía la retirada a vertedero de todo el material excavado dentro de la formación terciaria, lo que conllevaba que:

- a) Se excaven 4,8 millones de metros cúbicos de tierras de la traza, de las cuales un 74% (3 570 000 m<sup>3</sup>) se llevan a vertederos definidos en la obra que requieren Autorización Ambiental, vertiendo otro 6% (229 000 m<sup>3</sup>) en pequeñas vaguadas.
- b) Para ejecutar los núcleos y asientos de firme de la obra se necesitan 2,62 millones de metros cúbicos de los cuales un 40% proceden de préstamos cuya explotación requiere también Autorización Ambiental.

La insuficiente, a nuestro juicio, interpretación que se efectuaba de los resultados de los ensayos realizados en la formación denominada TIERRAS BLANCAS, junto con la existencia de una notable y positiva experiencia en la utilización de este tipo de materiales (e incluso marginales) en grandes obras de infraestructuras lineales, nos ha aconsejado estudiar y proponer soluciones al respecto.

#### 2.3.2 Solución proyectada

La solución proyectada se enmarca dentro de los siguientes criterios:

- Compensación del diagrama de masas de la obra. Ajuste del trazado. Reducción y compensación del movimiento de tierras.
- Reutilización de materiales. Eliminación de vertederos y préstamos exteriores a la traza.
- Taludes más tendidos para desmonte (3H:2V) y para terraplén (2H:1V). Los espaldones de glacis contribuyen a reducir la erosión de los taludes de relleno.
- Revegetación de taludes.

La opción elegida apuesta por la reutilización del material terciario excavado en los desmontes para lograr una mayor compensación de tierras, previo encapsulamiento del mismo, en núcleo de terraplenes mayores de 5 m, evitando de ésta manera el coste ambiental que supone la necesidad de préstamos y vertederos.

La solución planteada comprende la realización de un estudio completo de la estratigrafía y aprovechamiento de los materiales del corredor, para lo cual se efectúan sondeos y catas en todos los desmontes de donde pensamos extraer material para conocer en detalle la variabilidad transversal y en profundidad de materiales y calidades, y en consecuencia su aprovechamiento, con el fin de establecer con mayor precisión el material de cimientado en los fondos de desmonte.

Se lleva a cabo, también, un estudio especial de reutilización de las Tierras Blancas que incluye los siguientes aspectos:

- Estudio de la clasificación IDFRCA (clasificación de la Instrucción para el diseño de Firme de la Red de Carreteras de Andalucía) sobre muestras remoldeadas procedentes de distintas profundidades de las columnas de los sondeos perforados en estos materiales y de muestras alteradas de calicatas.
- Realización de ensayos CBR proctor modificado (PM) en glaciares y Tierras Blancas (muestras en catas y columnas de sondeos) con condiciones de sobrecarga reales. (4,5 kg – 100 kg – 200 kg).
- Contenido en sulfatos.
- Estudio de la deformabilidad de rellenos construidos con las margas blancas, mediante ensayos edométricos con inundación bajo carga constante.
- Resistencia al corte de muestras remoldeadas compactadas al 95% del PM, en ensayos triaxiales tipo consolidados-no drenados (CU) con medida de la presión intersticial.
- Estudio de la permeabilidad del glacis en laboratorio. Se han realizado ensayos específicos de permeabilidad, en célula triaxial con presión de cola, sobre muestras remoldeadas y compactadas al 95% del PM.

En paralelo con el estudio especial de reutilización de las Tierras Blancas se ha ejecutado un terraplén experimental con el fin de comprobar, analizar y justificar sobre el terreno la solución de los rellenos encapsulados.

A continuación se expone un resumen de las propiedades geotécnicas de las TIERRAS BLANCAS, obtenidas durante el estudio especial realizado:

- En cuanto a la consistencia de estos suelos in situ, en función de los valores de SPT se pueden clasificar como suelos de consistencia dura (golpeos por encima de 30, en el 98% de los casos ensayados) y puntualmente firme a muy firme (golpeos entre 8 y 30). Normalmente los ensayos SPT realizados en los sondeos muestran valores mínimos superficiales por encima de 30 que pasan a rechazo a escasa profundidad y que se mantienen en rechazo a lo largo de todo el perfil.

- Los ensayos de penetración dinámica muestran valores de N20, en general, superiores a 15-20, alcanzando el rechazo muy superficialmente (en torno a los 3 m).
- Las muestras analizadas en laboratorio presentan los siguientes valores medios de humedad-densidad.
  - Densidad seca media: 18,07 kN/m<sup>3</sup>
  - Humedad natural media: 13,89 %
  - Densidad saturada media: 21,32 kN/m<sup>3</sup>
  - Densidad sumergida media: 11,32 kN/m<sup>3</sup>
- El índice de poros calculado es 0,48 y el grado de saturación medio de las muestras analizadas es el 77%.
- Se trata de materiales muy homogéneos predominantemente finos, con pasante medio por el tamiz #200 prácticamente del 90%. Presenta indicios de arena con valor medio del orden del 8%. El contenido medio en gravas, del orden del 2-3%, se debe a la contaminación de las muestras por material Cuaternario.
- Se trata de arcillas y limos de baja plasticidad en un 69% (55 % + 14% respectivamente) del muestreo realizado (CL y ML), y arcillas y limos de alta plasticidad en un 28% de los casos (27% CH y 1% MH). El resto del suelo (3%) corresponde a arenas limo-arcillosas.
- Aptitud para la formación de rellenos (reutilización).
  - Respecto a la clasificación IDFRCA de las Tierras Blancas, se aprecia el predominio de suelos tolerables (73%), aunque con una representación importante de suelos marginales (27%), por hinchamiento libre (HL entre el 3-5%) y contenido en yesos y sales solubles.
  - Respecto a la capacidad portante de los materiales, observamos que para su clasificación como TNS (Terreno Natural Subyacente) el 84% de las muestras ensayadas presentan un CBR por debajo de 3 (compactación al 95% del proctor normal [PN]), es decir tienen baja capacidad portante. No obstante y para su colocación en núcleo de terraplén se ha comprobado que para una sobrecarga de 100 kg en el ensayo (correspondiente a una sobrecarga mínima de 3 m de tierras en el terraplén) se obtienen en todos los casos CBR's por encima de 3, con valores medios de 6,60 para una compactación del 95% del PN y de 11,60 para el 95% del PM.
  - Ensayo de inundación bajo carga en edómetro. El resultado de estos ensayos da valores normales acordes con el resto de ensayos convencionales volumétricos realizados. Se obtiene un hinchamiento medio del 2,82% frente al 1,79 obtenido en los ensayos convencionales de HL, no obstante queda dentro del rango de clasificación del suelo como suelo tolerable. Respecto al índice de colapso medido en algún caso se obtienen valores bajos no superiores al 0,3%; muy por debajo del límite del 1% fijado por el PG-3 para suelos tolerables.
  - Respecto a la expansividad de estos materiales observamos que el 76% de las muestras presenta HL

por debajo de 3%, lo que permite clasificarlo con suelo tolerable. Un 25% de las muestras presenta una expansividad media con HL entre 3% y 5%, que las clasifica como suelo marginal.

- Contenido en sulfatos. Un porcentaje muy importante de las muestras ensayadas, en concreto el 39%, presenta contenidos en sulfatos superiores al 0,5% (en un 19% superiores al 1%); contenido prohibitivo para el estabilización de estos materiales con cal (reacción de los sulfatos con la cal y formación etringtonita, material muy expansivo).
- Contenido en yesos y otras sales solubles. Se han detectado 9 muestras con un contenido en yesos entre el 5% y el 20% (contenido máximo del 12,83%), cantidad que requiere, según el PG-3, la realización de un estudio especial para su utilización en núcleo de terraplén. Por otro lado estos contenidos en yesos impiden la posibilidad de estabilizar el material con cal. Existen además 8 muestras con un contenido en sales solubles por encima del 1% (contenido máximo del 2,92%), cantidad que requiere según el PG-3 la realización de un estudio especial para su utilización en núcleo de terraplén

Se resumen a continuación las medidas especiales que finalmente se propusieron para la construcción de rellenos con estos materiales terciarios, consecuencia de las experiencias obtenidas en el estudio realizado:

- Se proyecta un encapsulamiento del material protegiéndolo de la intemperie con terreno poco permeable y de calidad tanto en espaldones como en coronación. Para ello se emplearán los materiales más arcillosos correspondientes de la formación cuaternaria glacia.
- Se fija la altura mínima de terraplenes encapsulados en 5 m medidos desde la rasante de la carretera. Los terraplenes de cota roja inferior se construirán íntegramente con los materiales granulares del Cuaternario de la formación glacia. Esto supone un espesor mínimo del núcleo encapsulado de 2 metros.
- Se exige una sobrecarga mínima de 3 m de tierras (incluidos explanadas y firme) sobre el núcleo de Tierras

Blancas, ya que los ensayos CBR realizados con esta sobrecarga proporcionan un aumento sustancial de la capacidad de soporte, se obtienen en todos los casos CBR's por encima de 3, con valores medios de 6,60 para una compactación del 95% del PN y de 11,60 para el 95% del PM.

- Se propone una energía de compactación durante la puesta en obra de estos materiales correspondiente al 95% del PM y humedad +1%/+2% de la humedad óptima. Igualmente se ha comprobado durante la realización de ensayos de laboratorio y construcción del terraplén de prueba que la capacidad de soporte cumple con las exigencias del PG-3, mediante control de densidad y humedad con: método de la arena y nuclear, realización de placas de carga y método de la huella.
  - Para la puesta en obra de estos materiales utiliza: bulldozer para su extendido, rodillo de pata de cabra para la primera fase de compactación, y rodillo liso para el sellado de la compactación. El extendido debe garantizar la disgregación de los materiales margosos litificados, rechazándose aquellos bloques de tamaño superior a 15 cm.
  - El espesor máximo de capa será de 40 cm.
- La sección finalmente adoptada, para la construcción de los rellenos de altura superior a 5m es la siguiente:
- El terraplén se corona con un espesor mínimo de 2,4 m de suelo glacia: 160 cm de calidad S0 (CBR mínimo de 3) más 80 cm S2 (CBR $\geq$ 10) que se corresponden con las capas de asiento del firme. La sobrecarga mínima del núcleo de Tierras Blancas deberá ser de 3 m de tierras (por tanto las capas de firme deberán tener un espesor mínimo de 60 cm).
  - Los espaldones se construyen con material de la formación glacia tipo S0 (CBR $\geq$ 3), con una anchura de 3 m medidos en horizontal.
  - El núcleo se construye con las Tierras blancas S0 y S00 (con aprovechamiento mínimo de los tramos marginales que se destinan en su mayor parte a vertedero) y excedentes de glacia S0, compactados ambos al 95% PM.

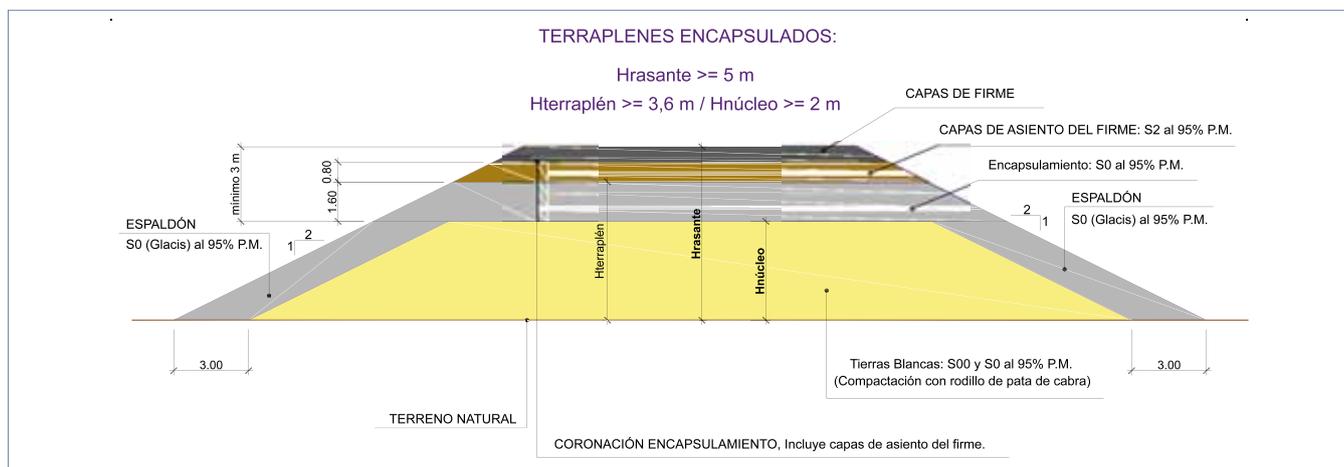


Figura 3. Terraplenes encapsulados. Altura sobre rasante superior a 5 metros

## 2.3.3 Terraplén de prueba

Con el fin de adecuar la escala del terraplén de prueba a las condiciones medias de los rellenos de la obra y además evitar la influencia de condiciones de contorno singulares, se exigieron los siguientes condicionantes geométricos:

- Topografía: apoyo sensiblemente horizontal, tanto en sentido longitudinal como transversal.
- Drenaje: no debe existir obra de drenaje.
- Cuñas de transición: no debe incluir la construcción de las cuñas de transición de estructuras u odts.
- Respecto a la geometría del relleno, las dimensiones ejecutadas son:
  - Coronación de 30 m x 30 m.
  - Altura de 10 m (núcleo 8 m + 2 m coronación con glacis).
  - Taludes: 2H:1V.
  - Rampa de acceso: pendiente 5H:1V.

En las Figuras 4 y 5 se pueden apreciar los trabajos de inicio del terraplenado (una vez colocadas las LCA), así como una panorámica de la obra terminada.

El proceso de construcción y auscultación del relleno se dividió en varias fases:

- Control del terreno de cimentación del relleno. Campaña geotécnica del subsuelo para obtener parámetros utilizar en estudios posteriores del comportamiento del terreno de cimentación y relleno.
- Control del material empleado en la construcción. Campaña geotécnica de estudio de los materiales de relleno: Tierras Blancas y glacis. Clasificación ICAFIR-PG-3 y ensayos de compactación y capacidad portante. Humedad y grado de compactación de referencia.
- Preparación de la superficie de asiento del relleno.
- Construcción del relleno. Se analiza el método de puesta en obra de los materiales del entorno (Tierras Blancas y glacis) en la construcción de rellenos encapsulados.



Figura 4. Fase inicial de construcción del terraplén experimental



Figura 5. Panorámica del terraplén de prueba

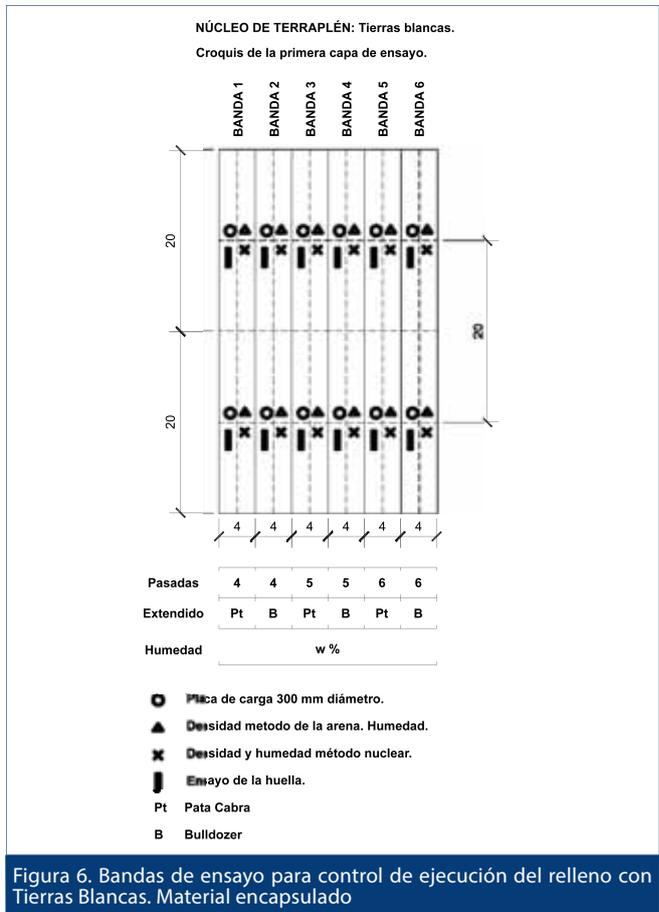


Figura 6. Bandas de ensayo para control de ejecución del relleno con Tierras Blancas. Material encapsulado

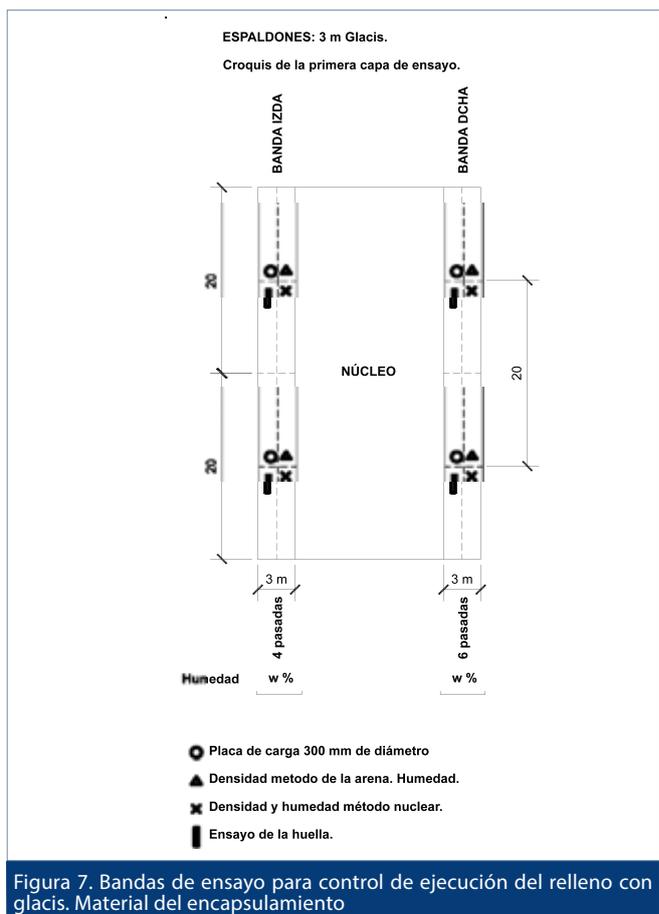


Figura 7. Bandas de ensayo para control de ejecución del relleno con glacis. Material del encapsulamiento



Figura 8. Fase de llenado de las zanjas. Saturación del terreno previa a la ejecución de las placas de carga inundadas



Figura 9. Detalle de la ejecución de las placas de carga inundadas

- Control del procedimiento de ejecución mediante bandas de ensayo (ver Figuras 6 y 7), en las que se comprobaba el espesor de la tongada, el extendido, la humectación, el equipo de compactación (tipo, peso, frecuencia) y su forma de actuación (número de pasadas).
- Control del comportamiento del relleno frente al agua (ensayos de permeabilidad a escala real y placa de carga inundada).
- Control de la deformabilidad a medio-largo plazo, mediante la instalación de células de asiento y LCA, y el control topográfico mediante referencias de nivelación.

En los Figuras 10 y 11 se incluyen croquis indicando el total de la instrumentación realizada sobre el terraplén experimental.

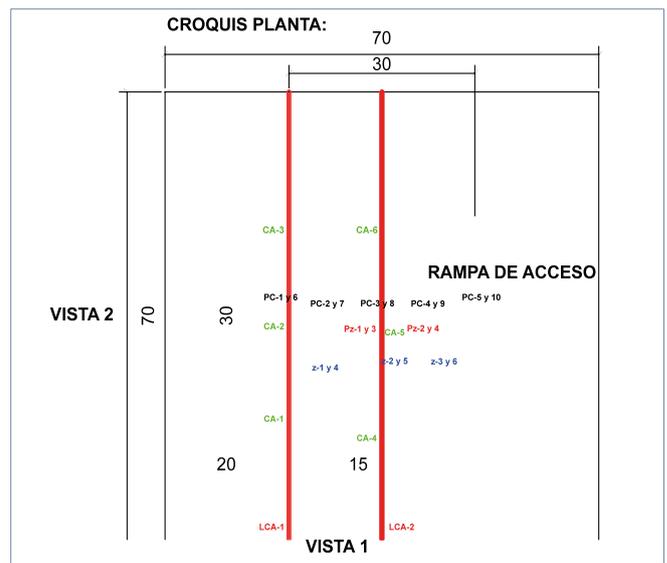


Figura 11. Planta terraplén de prueba. Instrumentación

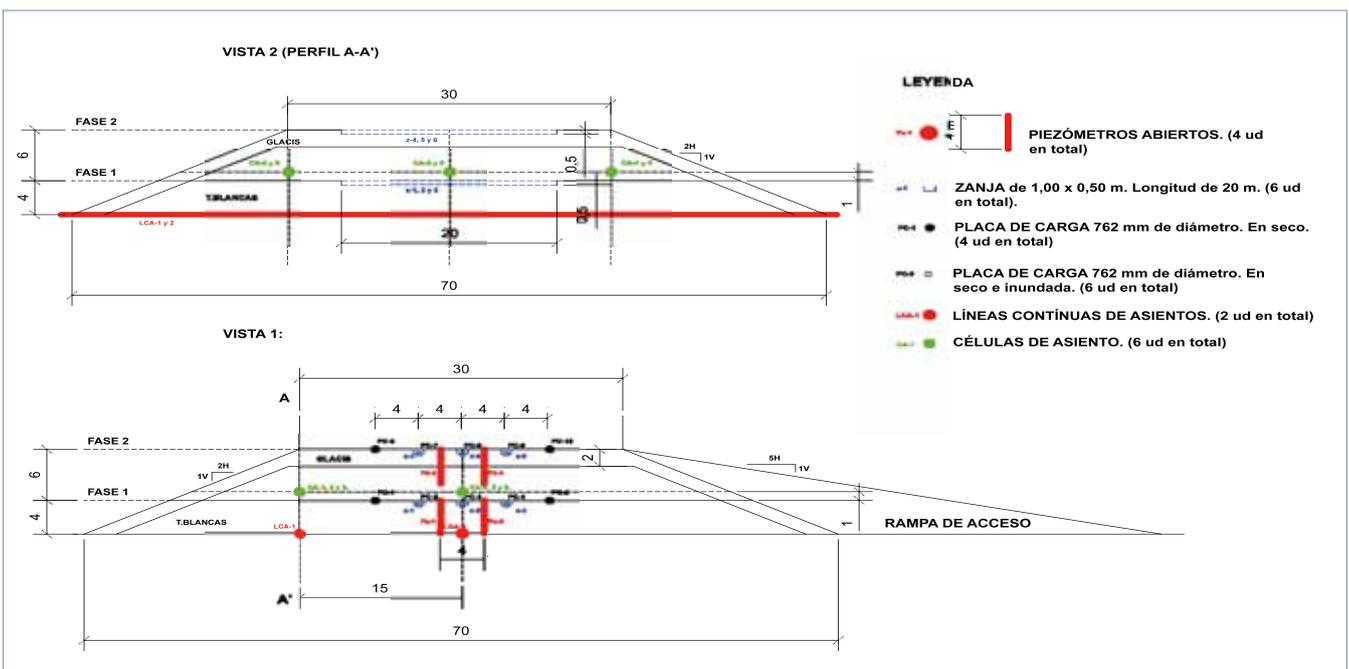


Figura 10. Alzados terraplén de prueba. Instrumentación

## 2.4 Otras medidas

En la solución proyectada se definen otras medidas de protección como taludes tendidos para desmonte (3H:2V) y terraplén (2H:1V) en los que los espaldones de glacis contribuyen a reducir la erosión de los taludes de relleno, revegetación de taludes y el empleo de barreras de paja (Figura 12).

El empleo de pacas de paja en las cercanías de los cauces tiene por objeto evitar arrastres sólidos procedentes de la zona de obras, ya que este material permite la circulación de las aguas reteniendo buena parte de las tierras arrastradas. Estas barreras de retención de sedimentos se prevén en el cruce de la autovía con los cursos de agua de mayor importancia, así como en la protección de los cauces durante la construcción de puentes.

## 2.5 Control de la erosión y meteorización

El sistema de drenaje global definido en la autovía tiene por objetivo, además de permitir el paso de las aguas interceptadas, limitar la pérdida de suelo y de transporte de sedimentos. Está formado por elementos que drenan transversalmente y longitudinalmente. En todos los elementos se han adoptado medidas con el fin de minorar la erosión localizada y en taludes. Se detallan a continuación las medidas adoptadas en el sistema de drenaje.

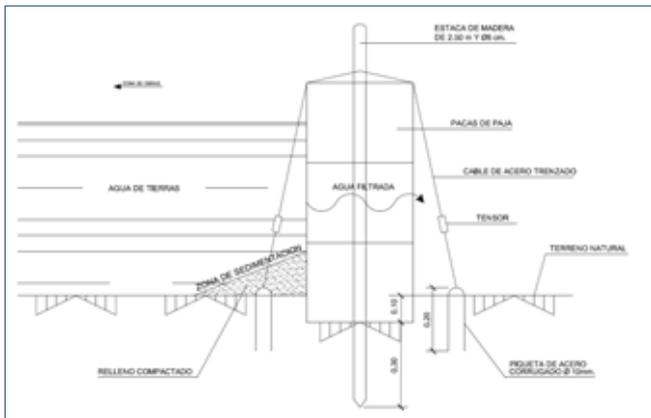


Figura 12. Barreras provisionales de retención de sedimentos

## 2.5.1 Drenaje Transversal

Las obras de drenaje transversal (ODT) se dimensionan de forma que la velocidad sea inferior a 6 m/s para minorar la erosión.

Para disminuir el riesgo de atarramientos, se ha puesto especial cuidado en que el perfil de los conductos se adapte lo máximo posible al del cauce, así como respetar las dimensiones mínimas del mismo, considerando obras de drenaje con capacidad hidráulica suficiente e incluso relativamente sobredimensionadas para mantener la capacidad ante un eventual atarramiento de la misma.

Se ha previsto la disposición de un rastrillo mínimo de 0,8 m de profundidad y 0,4 m de anchura para todas las ODT, y la solera necesaria según los cálculos, para evitar la erosión localizada a la salida de la obra.

Se disponen mantos de escollera flexibles alrededor de los apoyos de las cimentaciones de las estructuras para paliar la erosión local de los cauces.

En las ODT que aguas arriba o aguas abajo se localiza un badén por el cruce de un camino, se ha previsto una protección del cauce mediante solera hormigón entre la embocadura y el badén correspondiente, de forma que el agua fluya siempre por el mismo material, con el fin de que la energía cinética del agua no produzca erosión en el terreno y descalce la obra.

## 2.5.2 Drenaje Longitudinal

El sistema de drenaje tiene por objeto recoger las aguas de escorrentía procedentes de la plataforma y márgenes, conducirlas a través de los elementos proyectados fuera de la plataforma hacia su cauce natural, con el fin de impedir la entrada del agua en las capas inferiores de la explanada y evitar la erosión interna y pérdida de capacidad portante del TNS.

### Superficial

En las cunetas de mediana (Figura 13) se ha dispuesto una zanja bajo la berma de la mediana y situada en el margen a favor del peralte de la calzada. En su interior se ha colocado un dren circular de PVC de 200 mm recubierto por un geotextil, para drenar la escorrentía de la margen de calzada peraltada y recogida en la mediana.

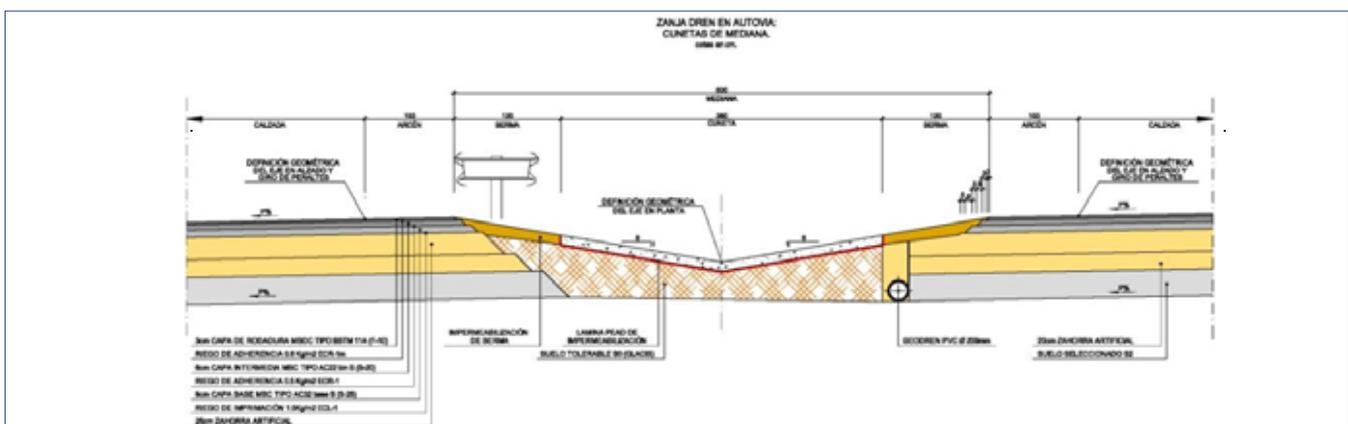


Figura 13. Detalle de sección de firme (zanja dren y cunetas de mediana)

La cuneta de la mediana irá siempre revestida y separada del terreno natural por una lámina de polietileno.

La zona de mediana entre la cuneta y el arcén se acabará con recubrimiento de tierras cohesivas impermeables para que sea máxima la escorrentía superficial hacia la cuneta y mínima la infiltración hacia el dren.

En las cunetas de desmonte del tronco se dispone una zanja dren por motivos de drenaje del firme. Para evitar erosiones o sedimentaciones se revisten todas las cunetas de desmonte y se separan del terreno natural mediante una lámina de polietileno, que aporta impermeabilidad en caso de fisuración o rotura del hormigón de la cuneta.

Las cunetas previstas responden a criterios de márgenes seguros; para ello los taludes son 6/1 y se dispone además de una berma de seguridad de 1,1 m que drena hacia la cuneta. Por otro lado, esta berma también permite recoger posibles pequeños desprendimientos del talud de desmonte, evitando la obstrucción de la cuneta.

Para proteger frente a las erosiones los taludes proyectados, se disponen cunetas de guarda en coronación de desmonte en aquellas situaciones donde la ladera adyacente aporte escorrentía al talud, así como cunetas de pie de terraplén. Éstas últimas se han previsto en los casos en los que la ladera vierte aguas contra el pie del terraplén, para canalizar las bajantes procedentes de la calzada o para dar continuidad a las cunetas de desmonte hasta la correspondiente obra de drenaje. Se revisten de hormigón para evitar erosiones o aterramientos, dada la dificultad de mantenimiento. Además se ha dispuesto una berma de 1,0 m entre el pie del talud y la cuneta con el objeto de retener cualquier posible pequeño desprendimiento y evitar el aterramiento de la cuneta.

Unos bordillos dispuestos en el borde del arcén conducen el agua hacia las bajantes evitando así la erosión del talud en los terraplenes debida a la escorrentía de la plataforma.

Para canalizar el agua recogida se han dispuesto bajantes prefabricados de terraplén (recogen el agua de los bordillos de coronación de terraplén y la canalizan hasta el pie de terraplén o hasta la correspondiente cuneta de pie de terraplén), bajantes prefabricados de desmonte y bajantes de enchado de piedra para grandes caudales.

A pie de bajantes se disponen arquetas para amortiguar la energía cinética del agua que discurre por éstas, encauzándola a la cuneta correspondiente, en su caso. Por otro lado, funcionan también como areneros reteniendo posibles sedimentos.

Para dar salida transversal al agua proveniente de las obras del drenaje de la plataforma y márgenes se han dispuesto las denominadas obras transversales para el drenaje longitudinal (OTDL). Las OTDL ubicadas en zonas de terraplén se definen con tubos de PEAD soldados, mejorando la estanqueidad en las juntas y evitando que el agua alcance el terraplén y reduzca su capacidad estructural.

En los estribos de las estructuras, se ha previsto dar continuidad a la defensa rígida con el bordillo de coronación de terraplén y de éste a una bajante hasta la correspondiente cuneta o arqueta de salida de bajante. Con esta solución se consigue canalizar la escorrentía de la plataforma y evitar la erosión de los estribos.

### Subterráneo

Para asegurar el drenaje del agua infiltrada en la mediana, así como el drenaje del firme en las zonas en que la escorrentía de éste (provocado por el peralte) escurra hacia la mediana, se ha proyectado un dren circular desplazado del eje de la cuneta bajo la berma en la mediana, como ya se ha comentado. El material drenante sintético más el tubo dren irán envueltos en un geotextil para evitar el arrastre de finos y la colmatación del dren.

En los desmontes del tronco se dispone zanja dren para drenar las capas del firme. Su profundidad se establece acorde al criterio de que el tubo dren quede por debajo del firme. El dren circular (de Ø 200 mm de PVC) más una malla geo-dren sintética, se definen envueltos en geotextil para evitar el arrastre de finos y la colmatación del dren.

Para evitar posibles obstrucciones en los drenes y asegurar de esta forma su conservación y mantenimiento se han diseñado arquetas de registro cada 50 m, con tapas y juntas que impidan la entrada de agua desde la parte superior hacia la arqueta.

La salida al exterior del agua captada por los drenes se ha previsto que sea a través de las arquetas de mediana y desmonte hacia las OTDL ya proyectadas, comprobando que en ningún momento el nivel de la lámina de agua en

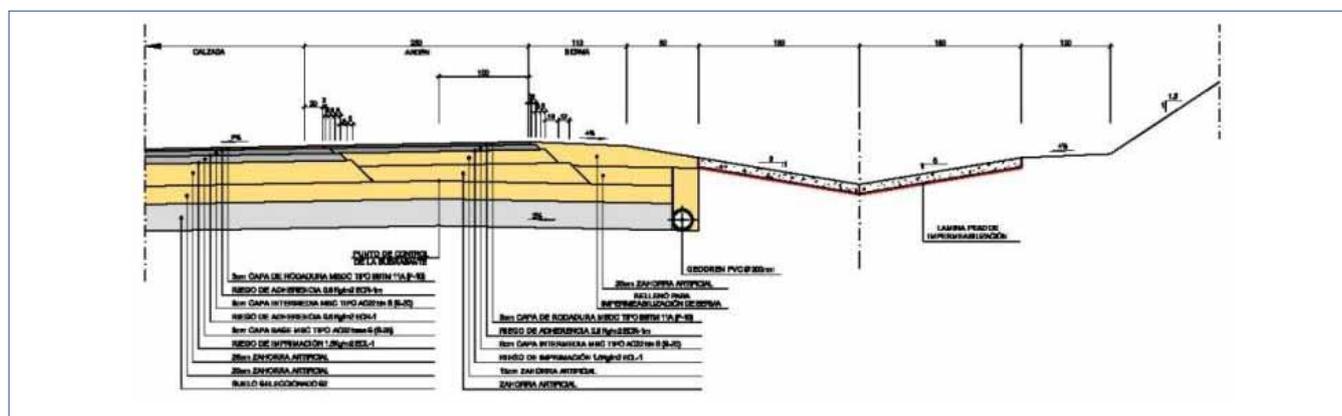


Figura 14. Detalle de sección de firme (cuneta revestida en desmonte)

éstas alcanza la altura del desagüe del dren, de forma que se evita en todo momento la entrada de caudales del drenaje superficial hacia los elementos de drenaje subterráneo.

## 3. Obra LAV jerez (cádiz)

### 3.1 Marco administrativo

Promotor: Ministerio de Fomento. Dirección General de Ferrocarriles.

Dirección de Obra: Ministerio de Fomento.

Asistencia Técnica: VS Ingeniería y Urbanismo S.L.

### 3.2 Geología

El tramo objeto de estudio, de unos 9 kilómetros de longitud, se encuadra en el entorno comprendido entre las poblaciones de El Cuervo y Jerez de la Frontera (provincia de Cádiz), discurriendo de norte a sur entre la N-IV y la A-5.

Teniendo en cuenta un encuadre geológico general, se ubica en el suroeste de la Depresión del Guadalquivir, próximo al área de contacto entre ésta y el extremo occidental de las Cordilleras Béticas.

Los materiales que constituyen el área de estudio y que afectan a la ejecución (tanto superficialmente como en profundidad) corresponden a formaciones de edades comprendidas entre el Triásico y el Cuaternario.

En el caso que nos ocupa, la principal problemática a nivel geotécnico es la creación de zonas de encharcamiento y el mantenimiento de la lámina de agua subaflorente durante los meses de lluvia. Esto sucede en los materiales del Cuaternario (zonas de marisma próximas al acceso a Jerez de la Frontera), que llegan a saturarse por completo.

### 3.3 Descripción general de las obras.

#### Aprovechamiento del balasto procedente del antiguo trazado

Las obras consisten en el trazado en variante de un tramo de la antigua red Sevilla-Cádiz. Dados los condicionantes hidrogeológicos la obra se ha diseñado fundamentalmente en relleno sobre zonas inundables.



Figura 15. Retirada del balasto de la vía antigua

Para la protección de los rellenos se ha propuesto el empleo del balasto recuperado procedente de las vías a levantar, al entrar en servicio los nuevos trazados ferroviarios en variante, y su utilización como medida de protección frente a la durabilidad de los rellenos construidos en zona inundable.

La construcción de las nuevas líneas de alta velocidad en España está suponiendo la construcción de variantes de los trazados existentes y, por consiguiente, el desmantelamiento de los mismos. Este desmantelamiento tiene un valor añadido con la recuperación del carril y traviesas así como los materiales de electrificación y de seguridad. Pero hay otros materiales, como el balasto, que no tienen un fácil aprovechamiento y en el caso de que haya de retirarse a vertedero presenta una problemática medio ambiental al no admitir todos los vertederos este tipo de material.

El empleo que se ha propuesto es la recuperación del balasto para la formación de gaviones sobre taludes que se encuentran en zonas inundables y que, acompañados de un geotextil, tienen una función de filtro y protección contra el oleaje no estructural. En estos casos, los taludes se protegen normalmente mediante escolleras de tamaño pequeño o rip-rap, material escaso y caro ya que es un subproducto de las voladuras que es necesario realizar para la obtención de áridos, y posteriormente taquear y/o picar para obtener una escollera con la granulometría exigida.



Figura 16. Sección tipo propuesta

Para la construcción de estos rellenos (Figura 16) se ha propuesto una sección en pedraplén, con “gaviones” tipo colchón para recubrimiento con luz de malla 50x70 mm, de manera que se pueda utilizar el balasto de granulometría no menor de 50 mm que aunque es inferior a la que exige la norma (100-200 mm), como la cara exterior del gavión es la única que no está confinada, esta inclinada y con la precaución de dejar el material más grueso en esa zona no presentaría ningún tipo de problemas su empleo.

Los pedraplenes se pueden considerar inalterables por la erosión superficial, aunque pueden presentar problemas importantes de erosión interna por lavado de finos. Por esto se coloca un geotextil del filtro entre el relleno y los gaviones de balasto recuperado.

## 4 Estabilización de talud en La Rambla (Córdoba). Carretera A-3133

### 4.1 Marco administrativo

Promotor: Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía.

Redacción del proyecto: Servicio de Carreteras de la Delegación Provincial de Córdoba de la Consejería de Fomento y Vivienda.

Dirección de Obra: Servicio de Carreteras de la Delegación Provincial de Córdoba de la Consejería de Fomento y Vivienda.

Asistencia Técnica: VS Ingeniería y Urbanismo S.L. (contrato de la Agencia de Obra Pública).

### 4.2 Geología

El tramo sobre el que se ha llevado a cabo la actuación, de unos 200 metros de longitud, se localiza entre las poblaciones de La Rambla y Montalbán (provincia de Córdoba), al norte del Arroyo del Salado.

Considerando un encuadre geológico general, se sitúa en el borde sureste de la Depresión del Guadalquivir, en el área de contacto entre ésta y la zona noroccidental de las Cordilleras Béticas.

Los materiales que constituyen el área de actuación pertenecen al Terciario y se componen de una alternancia de arenas, bastante homométricas, con niveles margosos y limosos, los cuales a veces presentan niveles decimétricos intercalados de calcarenitas. La potencia de dicha formación puede llegar a alcanzar los 50 metros.

En el caso concreto que nos ocupa, la zona presenta bajo contenido en arena, observándose fundamentalmente niveles de margas, lo cual constituye terrenos de escasa consistencia y de carácter evolutivo en condiciones de alternancia de etapas húmedas-secas.

### 4.3 Descripción general

Se trata de una variante de la A-3133 de Puente Genil a La Rambla, puesta en servicio en el año 2006. El tramo objeto de la actuación se encuentra cerca de la localidad de Montalbán (Córdoba) en una trinchera cuyo talud de su margen izquierdo ha sufrido un gran deterioro debido a las aguas de escorrentía que llegaban a su cabecera.

Las actuaciones realizadas se enmarcan en los proyectos de emergencia promovidos por el Servicio de Mantenimiento y Conservación de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, y que en este caso concreto se deben a los daños causados por las lluvias extraordinarias del año 2008.

### 4.4 Situación original

La altura del talud es de 10,0 m, manteniéndose sensiblemente constante en la zona afectada, con una longitud de 200 m. En esta zona los terrenos están formados por materiales Terciarios, correspondientes al Mioceno (Messiniense, Unidad 13), formada por arenas, limos y margas aunque en este caso con bajo contenido de arenas, apreciándose fundamentalmente niveles de margas durante la excavación.



Figura 17. Detalle del talud colapsado

Se trata de un tipo de terreno conocido por su poca consistencia y su carácter evolutivo en condiciones de humedad-sequedad. Aunque se previeron cunetas en cabeza de talud en el proyecto original, la realidad es que una parte del agua de escorrentía se infiltraba en el terreno a través de las grietas originadas por la descompresión del terreno y otra parte afectaba superficialmente al talud con la formación de líneas prioritarias de escorrentía y filtración. De esta manera, el talud quedó parcialmente saturado con importante reducción de su resistencia al corte rompiendo así su estructura y generando su consiguiente rápida degradación, dando origen a un colapso generalizado del

talud con invasión de la calzada. Se trata, en consecuencia, de un problema de erosión y alteración progresiva, por lo que se requería una actuación que impidiera su avance, no siendo aplicables soluciones basadas en disminuir la pendiente del talud al no disponer de terreno de ocupación adicional.

## 4.5 Planteamientos

La solución pasaba por evitar la llegada del agua de escorrentía y dar una mayor capacidad portante al propio talud, para lo que se analizaron varias soluciones conjuntamente con un análisis de su coste dada la disponibilidad presupuestaria.

Había que asegurar, por tanto, que la posible solución que se adoptase finalmente cumpliera los siguientes requisitos:

- Que fuera lo suficientemente estable para evitar nuevos deslizamientos.
- Que el drenaje, y sobre todo el agua de escorrentía que llegaba al talud desde la cabeza del mismo, no se infiltrara en el terreno sino que encontrara su salida mediante cunetas, bajantes y otros elementos de impermeabilización que se pudieran disponer.

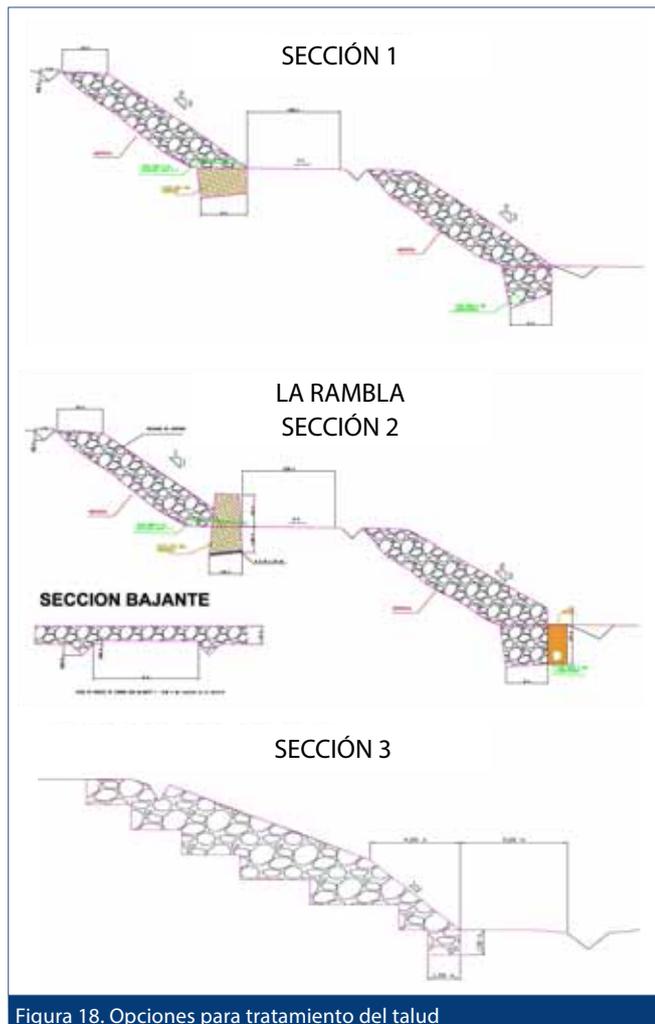


Figura 18. Opciones para tratamiento del talud

- La superficie ocupada se debía respetar, por lo que no se podía ir a soluciones que requirieran tender más el talud.

Con dichas premisas se diseñaron diferentes propuestas de soluciones, dos de las cuales (propuestas 1 y 2) se basaban en evitar en la medida de lo posible el relleno posterior a la ejecución de los muros de escollera de 1,00 m de espesor una vez realizado el vaciado y saneo del talud, por lo que se plantearon en dos niveles adaptando el camino de coronación al nivel intermedio, manteniendo el acceso a las fincas colindantes por el inicio o final de la actuación.

La tercera solución consiste en un talud más tendido y variable en su parte superior (1H/1V en la base) que parte de una berma a 5 m de la carretera. Esta solución daba origen a un mayor saneo y posterior relleno.

Se realizó una estimación del coste de las diferentes soluciones, factor que fue determinante en la elección de la misma.

Se levanta un taquimétrico de la cuenca vertiente a la cabeza del talud para detectar los ejes por donde discurre el agua y en el camino de coronación se realizan vados hormigonados para la impermeabilización del camino sobre el relleno ejecutado, lo cual permite que el agua llegue hasta la nueva cuneta de coronación, y de ésta hasta un bajante de dimensiones adecuadas y con elementos de disipación de energía.

## 4.6 Solución adoptada

La solución finalmente adoptada (Figura 19) es similar a las propuestas 1 y 2 en cuanto a la ejecución de dos niveles de contención mediante muros de escollera, si bien éstos son prácticamente verticales y sensiblemente paralelos pero con diferentes longitudes y alturas. El muro inferior, de 4 m de altura (2 m en zanja), actúa de base de apoyo y contención del pie del talud y del relleno posterior de 0,50 m de espesor de una berma de 4 m de ancho. Esta berma está limitada por el lado monte por un segundo muro de 3 m de altura (2 m enterrados) desde cuya coronación arranca con un talud 1H/1V alcanzando una altura máxima de 7 m. En su coronación se ejecuta una nueva cuneta y un camino de servicio con vados hormigonados para canalizar el agua. El relleno se realizó con un material seleccionado, por lo que su comportamiento frente a posibles empujes hidrostáticos se mejora sustancialmente.

## 5. Estabilización de taludes en Ceuta. Carretera N-362

### 5.1 Marco administrativo

Promotor: Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Demarcación de Carreteras del Estado en Andalucía Occidental.

Redacción del proyecto: VS Ingeniería y Urbanismo S.L.

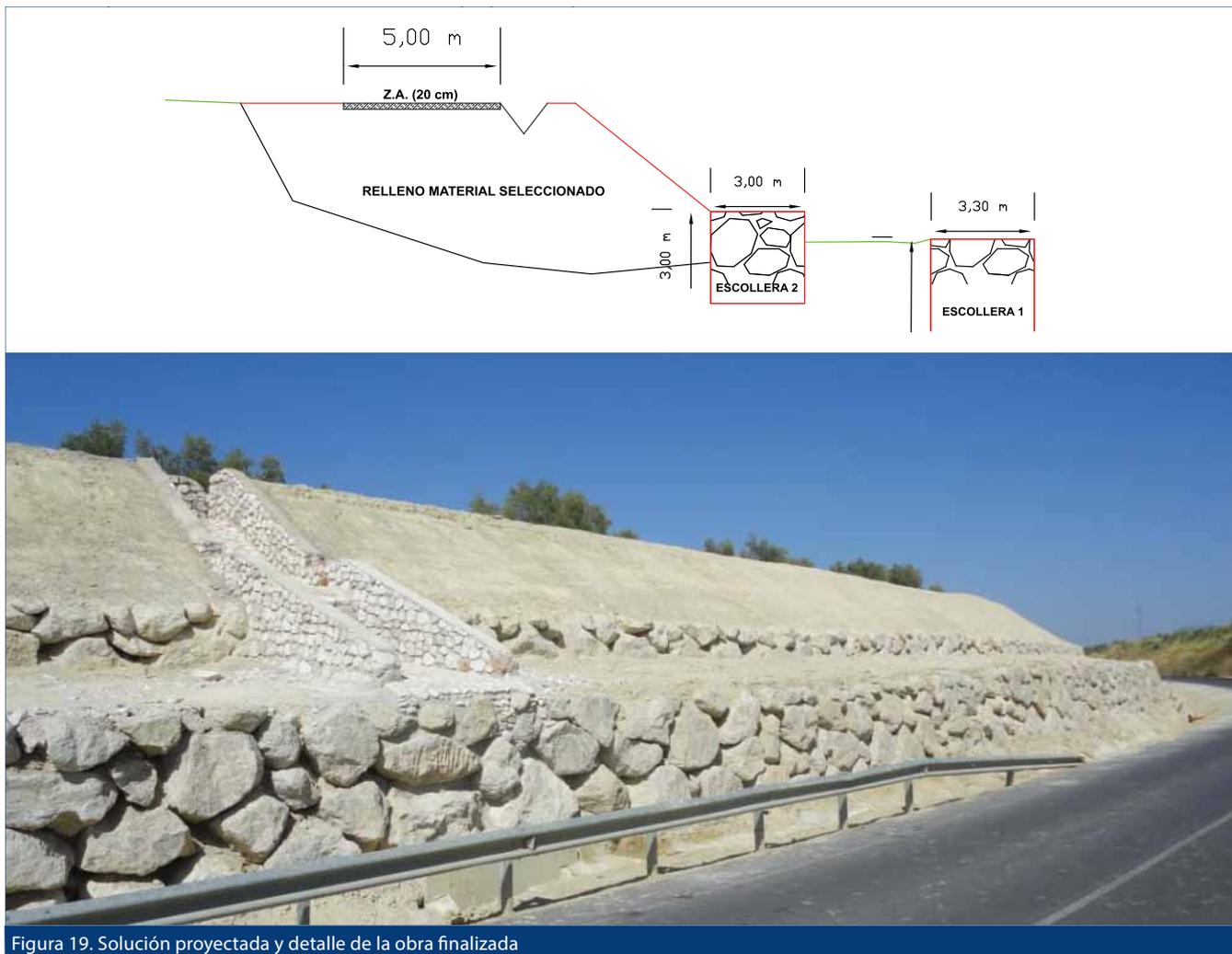


Figura 19. Solución proyectada y detalle de la obra finalizada

## 5.2 Geología

La zona objeto de actuaciones se localiza en Ceuta, en la N-362 (carretera de la Frontera). Considerando un encuadre geológico general, Ceuta se localiza en la unión de dos cadenas montañosas (Rift y Béticas) que rodean el mar de Alborán, describiendo a su alrededor el arco conocido como Arco de Gibraltar o Arco Bético-Rifeño.

La zona de estudio presenta dificultades a la hora de establecer claramente los contactos entre unidades. No obstante se diferencian distintas unidades geológicas, tanto en zonas de suelo (Cuaternario), como en zonas de roca (Paleozoico).

Los suelos presentes en la zona se caracterizan por una granulometría muy homogénea, con total ausencia de bolos y bloques de roca. Son unas arenas arcillosas con cantos de esquistos y filitas, cuyo origen se puede asociar a vertidos, niveles de alteración de la roca sana o coluviales (proceso gravitacional que favorece el arrastre por parte del material arenoso-arcilloso de cantos del material rocoso de áreas contiguas).

La roca que aflora en la zona corresponde a filitas grafitosas gris oscura, la cual presenta una intensa foliación y ha sido sometida a deformación tectónica.

## 5.3 Descripción general

Como consecuencia de lluvias torrenciales se han producido varios deslizamientos de tierras y flujo de materiales de derrubio en diferentes taludes de desmonte de la carretera N-362 en la ciudad autónoma de Ceuta (Figura 20). Algunos de estos fenómenos han provocado la interrupción del tráfico de la carretera.

En las siguientes imágenes se pueden apreciar los daños causados sobre los taludes de desmonte:

Las inestabilidades de talud se producen de manera secuencial y acumulativa desencadenando en el colapso final del talud y en el arrastre de cantidades ingentes de material sobre la calzada como consecuencia de lluvias torrenciales.

El objeto de los trabajos ha sido la estabilización de estos taludes de desmonte mediante la prevención de la escorrentía en su superficie y la recogida de las aguas a través de cunetas de guarda, de desmonte y bajantes de talud.

El drenaje superficial se ha mejorado protegiendo los cauces sobre los taludes de desmonte y restituyendo las vanguardas antiguas, revistiendo y reduciendo la velocidad en



Figura 20. Detalle de la erosión hídrica sobre el talud de desmonte y arrastre de materiales sobre la carretera



Figura 21. Medidas para reducir la velocidad del agua en cunetas y tratamiento aguas arriba de ODT

las cunetas, realizando nuevas obras de paso transversal y protegiendo la entrada y salida de las ODT existentes.

También se prevé la disminución de la velocidad de la escorrentía por los taludes mediante la siembra y plantaciones, de forma que se genere una alfombra vegetal que reduzca la velocidad y a la vez, por medio de las raíces, se da sujeción a la superficie del talud.

En algunas actuaciones se prevé la continuidad o aumento de los muros de fábrica de gaviones y la escollera paramentada existentes en el pie de cada talud concreto, con la doble función de: contención de materiales arrastrados, y mejora de la estabilidad del talud.

## 6. Conclusiones

El trazado, el drenaje, la geología, el movimiento de tierras, son variables interdependientes que influyen todas sobre la erosión y sedimentación provocada por nuestras obras, y como tales debemos tratarlas de forma conjunta.

La calidad de las actuaciones proyectadas y ejecutadas en obra, en el sentido de evitar procesos erosivos y de sedimentación en el entorno y en la propia obra, tie-

ne una clara repercusión en el periodo de vida útil de la construcción así como en las operaciones de conservación y en la seguridad vial del itinerario.

En las obras lineales es fundamental el análisis detallado del movimiento de tierras, tratando de reducir y compensar los volúmenes actuando sobre el trazado. Hay que pensar en la reutilización de todos los materiales excavados, con el fin de eliminar vertederos, préstamos o canteras de elevado coste medioambiental, y “renaturalizar” aquellos que inevitablemente se hayan tenido que utilizar mediante los correspondientes tratamientos de integración ambiental.

El sistema de drenaje, tanto superficial como subterráneo, debe tener un tratamiento global, integrando la plataforma y las márgenes.

Los cauces y las estructuras deben protegerse evitando erosiones localizadas, así como las márgenes y taludes para los que la revegetación y las plantaciones son una buena solución.

Por último, debe tenerse presente la recuperación de materiales en obras de ampliación, mejoras de trazado o desdoblamiento. ❖



# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

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

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

Antes:



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

# Cine y Carretera



**Valentín J. Alejándrez**

*Director de Cinter*

El cine es ante todo movimiento, y no solo por el hecho de hacer pasar veinticuatro fotogramas por segundo por delante de un proyector que da vida a las estáticas fotografías. La dramatización que requiere se basa en eliminar los tiempos muertos de la vida real para mostrarnos situaciones dinámicas y personajes siempre en conflicto. Una película es una explosión de tiempo candente y comprimido. Es transformación y cambio. Los protagonistas se mueven y se transforman. Y es casi más importante la transformación que sufren a lo largo del metraje que el movimiento que ejecutan, a veces de forma rutinaria o casual.

Hay casos en que la transformación de los personajes se consigue precisamente gracias al movimiento. Vidas varadas en anodinas existencias que se renuevan a lo largo de un viaje; obligadas huidas hacia futuros inciertos, o recorridos solitarios salpicados de encuentros enriquecedores. Pero todos estos ejemplos tienen algo en común: una carretera.



*La diligencia (1939)*



*Un puente lejano (1977)*



*Dos en la carretera (1967)*



*Forrest Gump (1994)*



*Cars (2006)*

Si la conquista del Oeste o las hazañas bélicas suponen dos de los grandes géneros cinematográficos, no es exagerado calificar como tal a los denominados “road movies”. Películas cuya trama de una u otra manera se desarrolla paralelamente a la traza de una carretera, explotando sus obligadas gasolineras, los no siempre atractivos moteles, su soledad o su bullicio, los cruces en el medio de la nada, las sinuosas curvas o las eternas rectas.

La gran ventaja de este género es que la localización puede ser en cualquier lugar del mundo, y casi en cualquier época. Un western es difícil sacarlo del Oeste americano en el siglo XIX (aunque se puede, ojo); una película bélica, lógicamente, estará ambientada siempre en un territorio en guerra; y aunque hemos tenido y tenemos muchos (demasiados) el corsé no lo podemos evitar. Lo mismo podríamos aplicar a las películas de época y a las históricas. Vaya, que esa libertad que los protagonistas de una road movie parece que adquieren en el momento que ponen un pie o una rueda en la carretera es la libertad que tienen sus creadores, guionistas y directores para situarnos en los Estados Unidos, Sudamérica, Australia, la vieja Europa, la exótica Asia e incluso en África; porque autopistas, carreteras, o simples caminos explanados los hemos diseñado y realizado en todos los lugares donde el ser humano ha habitado.

Las carreteras en el cine han sido recorridas por todo tipo de vehículos: desde los más habituales coches utilitarios hasta pequeños tractores, pasando por autobuses, caravanas, camiones, motocicletas o unas simples zapatillas. El camino transitado por los personajes a través de las carreteras se convierte en el sucedáneo perfecto de su propia existencia, encapsulando en ese trayecto el tiempo necesario para conseguir la libertad ansiada, para evolucionar, transformarse, cambiar, madurar o incluso descubrir que lo bueno estaba atrás, pero había que vivir ese tiempo para saberlo y encontrarse con personas o situaciones que les quitan la venda. En cualquier caso, la carretera es el hilo conductor nunca mejor dicho; es la barandilla a la que asirse al bajar una escalera; es el escenario perfecto para todo aquello que un buen guionista disponga.

En coche por carreteras italianas, constatamos esa noticia de la que se hacen eco los medios cada año y que dice que la mayoría de las separaciones de pareja y divorcios se produce después de la vuelta de vacaciones, debido al hecho de abandonar las rutinas y compartir las veinticuatro horas del día durante un tiempo más o menos prolongado. Lo vimos en las carnes de una pareja inglesa que viaja por el Sur de Italia, interpretada por George Sanders e Ingrid Bergman bajo la dirección del marido de esta, Roberto Rossellini, en una de las obras cumbres de su carrera. Rodada con una técnica cercana al documental y ambientada en buena parte a lo largo de la carretera de la costa amalfitana, una vía impresionante que bordea la que podría considerarse la costa más romántica del mundo y por la que el propio Rossellini tenía devoción, ya que la utilizó en algunos otros de sus rodajes. La película es *Viaggio in Italia* (1953) y en España se tradujo, incomprensiblemente, como “Te querré siempre”.

Las carreteras de la Costa Azul francesa también nos presentaron a otra pareja en crisis, esta vez formada por Audrey Hepburn

y Albert Finney bajo la batuta de Stanley Donen en “Dos en la carretera” (1967, *Two for the road*); aunque la estructura, tanto de guión como de montaje planteada por Donen y su guionista Frederic Raphael, muestra tres viajes diferentes por las carreteras francesas de la misma pareja en tres etapas diferentes de su vida: cuando se están enamorando, a los dos años de matrimonio y con diez años ya de casados. El *flashback* se convierte en esta película en una herramienta fundamental para recorrer el tiempo hacia atrás y hacia adelante; eso sí, con la misma carretera impertérrita como testigo de excepción de los distintos momentos vitales de los protagonistas.

El cine estadounidense ha aportado un buen ramillete de grandes *road movies*, y es que sus estiradas y solitarias carreteras delineando las llanuras de los grandes estados del Oeste, los sinuosos caminos entre humedales, meandros de ríos y pantanales de los estados sureños, o los impresionantes enlaces asemejando platos de espagueti son un escenario perfecto para que los personajes discurren por ellos buscándose, encontrándose, transformándose.

Por las carreteras que conectan Iowa y Wisconsin hemos visto a un anciano Richard Farnsworth recorrer 240 millas subido a su pequeño tractor casero, desde Laurens hasta Mount Zion, a la espeluznante velocidad máxima de cinco millas por hora, en “Una historia verdadera” (David Lynch, 1999, *The straight story*).

Nebraska fue el estado que cruzó Jack Nicholson a bordo de una caravana rumbo a la boda de su hija en “A propósito de Schmidt” (Alexander Payne, 2002, *About Schmidt*).

Y tan solo unas zapatillas le bastaron a Tom Hanks para hacerse un coast to coast en su papel de Forrest Gump (Robert Zemeckis, 1994, *Forrest Gump*) desde Santa Mónica hasta Maine.

Si hay dos conceptos que siempre sobrevuelan los *road-movies* estos son libertad y progreso. El progreso y bienestar que buscaron muchos de los damnificados por la gran crisis americana de los años 30 tras el *crack* de la bolsa y que de manera tan cruda reflejó el maestro John Ford en la pantalla, con la inestimable colaboración de John Steinbeck, autor de la novela, y Nunnally Johnson, guionista. En “Las uvas de la ira” (1940, *The grapes of wrath*) la familia Joad deja su Oklahoma natal y arrastra toda una vida, materializada en un puñado de enseres sobre un viejo camión, hasta llegar al prometido bienestar de una California próspera. Las agradecidas carreteras de la América profunda les llevaron al lugar elegido, pero quizás no a la prosperidad esperada.

Con la libertad como meta se ha desgastado mucha rueda en el asfalto y hemos visto, quizás, las mejores *road-movies*. Al volante de un clásico Ford Thunderbird de 1966 descapotable, las inolvidables Susan Sarandon (Louise) y Geena Davis (Thelma) nos hicieron cómplices de una huida memorable por las carreteras de Utah (1991, Ridley Scott, *Thelma and Louise*); mientras que años antes, Dennis Hopper y Peter Fonda, esta vez a lomos de sendas motos *chopper*, comenzaron un viaje desde California con rumbo al *Mardi Gras*, ese peculiar carnaval de Nueva Orleans, siempre con la libertad y el nomadismo como bandera, confrontando el sedentarismo de todo tipo, tanto el de una familia tradicional como el de una comuna hippie (1969, Dennis Hopper, *Easy Rider*). La selección de los nombres de los protagonistas no es baladí. Wyatt y Billy nos



Las uvas de la ira (1940)



Thelma y Louise (1991)



Easy Rider (1969)



El diablo sobre ruedas (1971)



Las aventuras de Priscilla, reina del desierto (1994)



El salario del miedo (1953)



Historias mínimas (2002)



Atrapa a un ladrón (1955)



El sabor de las cerezas (1997)



Pequeña Miss Sunshine (2006)

recuerdan al sheriff por excelencia Wyatt Earp, y al bandido más famoso del Oeste, Billy el niño. El yin y el yang. Las contradicciones vitales, la justicia y la injusticia.

Enfrentamiento directo fue el que un joven Steven Spielberg plasmó en su primera película (rodada para televisión) entre un anodino trabajador, que debe cruzar el estado de California para asistir a una reunión, y se topa con un camión. Un duelo interesantísimo entre un inocente Plymouth Valiant rojo y un gigantesco camión Peterbilt 281 con actitud casi humana, que muestra varias matrículas en su frontal a modo de trofeos de víctimas pasadas. ("El diablo sobre ruedas", 1971, *Duel*).

No todo han sido carreteras en perfecto estado. En "El salario del miedo" (1953, *Le salaire de la peur*), del francés Henri-Georges Clouzot, una empresa petrolera estadounidense afincada en Centroamérica contrata a unos "suicidas" conductores para transportar nitroglicerina a través de unas carreteras en ocasiones defectuosas, por tramos incluso inexistentes. Una de las escenas más emocionantes recorre un tramo de carretera conocida como "chapa ondulada": una carretera bacheada que deben atravesar a la velocidad constante de 40 km/h para evitar la vibración fatal.

Las carreteras necesitan siempre mantenimiento, eso es algo evidente; y a lo largo de ellas encontramos centros e instalaciones dedicadas al control, vigilancia y mantenimiento de las mismas. Pero ninguno tan entrañable y guitarrero como aquel "galpón de vialidad" en el que el abuelo Justo pide que le paren y que será finalmente la antesala del reencuentro con su perro "Malacara". Carlos Sorín tejió tres maravillosas historias con las carreteras de la Patagonia Argentina a modo de costuras en "Historias mínimas" (2002).

En definitiva, los caminos del cine son insondables, y las carreteras han guiado historias pequeñas y grandes, clásicas e inclasificables, divertidas y tristes, previsibles y premonitorias. Desde una Grace Kelly al volante de su descapotable por la *Grand Corniche* en la que encontraría la muerte años más tarde ("Atrapa a un ladrón", Alfred Hitchcock, 1955, *To catch a thief*), hasta un Abbas Kiarostami en la búsqueda de alguien dispuesto a enterrar a su protagonista tras el inminente suicidio por las carreteras iraníes ("El sabor de las cerezas", 1997, *Ta'm e guilass*); pasando por el genial Bill Murray en un enfrentamiento cara a cara, ex-amante tras ex-amante, en una reacción a la noticia de su posible paternidad ("Flores rotas", Jim Jarmusch, 2005, *Broken flowers*); o por una familia desequilibrada por todos y cada uno de sus miembros que terminan encajando en sus vidas, y muertes, gracias al *road-movie* del cine independiente dirigido por Jonathan Dayton y Valerie Faris camino a un hilarante concurso de belleza infantil ("Pequeña Miss Sunshine", 2006, *Little Miss Sunshine*).

## Nota del autor:

La bibliografía utilizada para este artículo podría resumirse en un solo libro y aquella que fue necesaria para su edición. Se trata de "La obra civil y el cine" (Alejándrez, Magallón, Bisbal, Miguel, 2005, Madrid, Ed. CINTER Divulgación Técnica) considerando ahora también aquellas películas estrenadas en fecha posterior a la finalización de su texto. ❖

# Asfaltos en REPSOL

## Soluciones medioambientales que conducen a un futuro mejor

La actividad investigadora es un elemento básico y fundamental en Repsol, generando nuevos productos específicos para la carretera, diseñados y adaptados a las necesidades presentes y futuras. La construcción y conservación de cualquier infraestructura implica necesariamente consumo de recursos y afección al medioambiente. En la medida que se minimizan estos impactos contribuimos a un desarrollo sostenible. Es nuestra responsabilidad contribuir a que ello sea posible.

Los resultados de estas investigaciones se trasladan al mercado a través de nuestro servicio de Asistencia Técnica y Desarrollo, en estrecha colaboración con Administraciones, Contratistas y Proveedores, trabajando en asesoramiento previo a la venta, asistencia durante la ejecución y diseño de productos a medida.

De igual modo, la capacidad de las refinerías y los centros productivos de asfaltos de Repsol, son la mejor garantía de suministro y servicio para cumplir con dichos requerimientos. Los ligantes son producidos con un riguroso control de calidad que garantiza el cumplimiento de las especificaciones vigentes. Todos nuestros productos sometidos a regulación europea disponen de Marcado CE, siendo la primera compañía europea productora de betunes en obtener el marcado CE en 2010. Se trabaja con un completo Sistema de Gestión que integra Calidad (ISO 9001), Medioambiente (ISO 14001), Seguridad (OSHAS 18001) y Eficiencia Energética (ISO 50001).

El reciclado de los materiales de los pavimentos, por ejemplo, responde plenamente a la preocupación social existente por los temas medioam-

bientales y el aprovechamiento de los recursos naturales. Repsol, en colaboración con empresas de reconocido prestigio técnico nacional e internacional, ha desarrollado ligantes específicos para las diferentes tipologías de reciclados existentes: calientes, templados y en frío. Se trata de productos diseñados para cada caso, lo que permite optimizar la técnica de regeneración de las capas del firme envejecidas aportando los componentes que se han perdido en el betún como consecuencia del envejecimiento y devolviéndole las características originales perdidas.

Por otro lado, ofrecemos una amplia gama de productos para técnicas de baja temperatura, constituida por ligantes que permiten la disminución de las temperaturas de fabricación y extendido respecto a las técnicas tradicionales. Con ello, se reducen emisiones a la atmósfera, se consigue un ahorro energético en la fabricación y las condiciones de trabajo de los operarios durante el extendido mejoran de forma considerable. Estos nuevos ligantes, se han desarrollado de manera que su aplicación garantice las cualidades mecánicas y de durabilidad de las mezclas.

En la misma línea de compromiso con el medioambiente y conscientes de las dificultades de la eliminación de los neumáticos usados, Repsol ha desarrollado diferentes modalidades de betunes a los cuales se les incorpora en central de fabricación polvo de neumático fuera de uso, con arreglo



Ligantes para reducir temperaturas de fabricación y aplicación de mezclas bituminosas

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

En esta línea de mejora de las prestaciones mecánica, los betunes multigrado son ligantes que presentan una menor susceptibilidad térmica que los betunes convencionales, es decir, son menos frágiles a baja temperatura, y más consistentes a altas temperaturas. Son aplicables a cualquier tipología de mezclas, cobrando un gran sentido su empleo en carreteras sometidas a extremas condiciones climáticas y fuertes solicitaciones de tráfico. Con ello se contribuye a optimizar las actuaciones de conservación y minimizar el empleo de recursos materiales y energéticos.

En los entornos urbanos, la población está en contacto directo con el asfalto. Por ello, todos los requisitos que solicita la sociedad para nuestras carreteras, se hacen más tangibles en la ciudad. Adicionalmente al empleo de productos que reduzcan emisiones a la atmósfera e incluso puedan captar elementos nocivos de la misma y eliminarlos, el ruido generado por el tráfico rodado, es uno de los principales impactos medioambientales que preocupan a los ciudadanos. Junto a las administraciones públicas y nuestros clientes, desarrollamos firmes que reducen en gran medida el ruido generado, sin perder por ello las prestaciones de seguridad y comodidad que todo pavimento debe ofrecer en su funcionalidad.

Los ligantes sintéticos pigmentables son productos aglomerantes de propiedades similares a los betunes, y obtenidos a partir de una mezcla de resinas, aceites y polímeros. Son



Ligantes para mezclas pigmentables en entornos naturales



Técnicas sostenibles para conservación de firmes de carreteras

incoloros en película fina y mediante la incorporación de pigmentos minerales se les puede conferir la coloración deseada. Con estos ligantes se pueden conseguir pavimentos de todos los colores con una nitidez y luminosidad excelentes. Además, permiten su utilización sin pigmento resultando el color de la mezcla sensiblemente igual al del árido, ideal para conseguir tonalidades naturales y plenamente integradas en el entorno natural.

Buena parte de los constructores de carreteras de España han abordado con éxito procesos de expansión internacional, exportando el gran activo tecnológico y el saber hacer adquirido en los años de expansión inversora en España. En Repsol queremos seguir

estando tan cerca de ellos como aquí, y para ello que todos nuestros productos de especialidad asfáltica sean exportables a todo el mundo, garantizando en todo momento la funcionalidad de los mismos y adecuándolos en su diseño a las normativas técnicas de los países de destino.

La calidad, la seguridad y el respeto y mejora del medio ambiente son parte fundamental de las líneas estratégicas de Repsol. Recorremos ese camino junto a nuestros clientes y proveedores, en el marco de la legislación técnica vigente, en el convencimiento de que para abordar la consecución de los objetivos, en un entorno económico complejo, nada mejor que la cooperación y aprovechamiento de sinergias y conocimientos. ❖

# XVIII CILA



## Congreso Íbero Latinoamericano del Asfalto

Del 15 al 20 de noviembre de 2015 tuvo lugar en Bariloche (Argentina) el XVIII Congreso Íbero Latinoamericano del Asfalto. Este Congreso, de amplio apoyo y reconocimiento entre los técnicos de carreteras de los países latinoamericanos, es coloquialmente conocido como CILA. Tiene lugar cada dos años en noviembre y su ubicación va cambiando entre los diferentes países de habla hispana y portuguesa que lo apoyan y le dan soporte para su celebración. Este año tuvo lugar en Argentina, el país natal de uno de los fundadores y promotores de este Congreso, el Doctor Jorge Agnusdei (Secretario Permanente), que junto al también fallecido ingeniero brasileño Helio Farah (Secretario Permanente Adjunto) pusieron en marcha estos congresos que comenzaron con unas pocas personas en Río de Janeiro en el año 1981, y que tras pasar por otras muchas ciudades, entre otras México, Sevilla, La Habana,

Lisboa... , ha recabado en su última edición en Bariloche.

La calidad e interés de este Congreso lo pone de manifiesto el importante número de congresistas que bianualmente acuden al mismo, superando normalmente la cifra de 500 asistentes; en esta ocasión han sido 634 de 26 países y más de 1000 personas el año que

se celebró en Sevilla. Además, este Congreso presenta una singularidad que fue puesta de manifiesto por muchos de los ponentes a lo largo de este último Congreso de Bariloche. Los responsables de su organización, además de preocuparse por su calidad técnica, se han interesado desde su inicio en fomentar los vínculos de amistad y



Inauguración del XVIII Congreso CILA. A la derecha los presidentes del Congreso (ingeniero Marcelo Ramírez) y del Comité Organizador (ingeniero Rodolfo Adrián Nosetti)

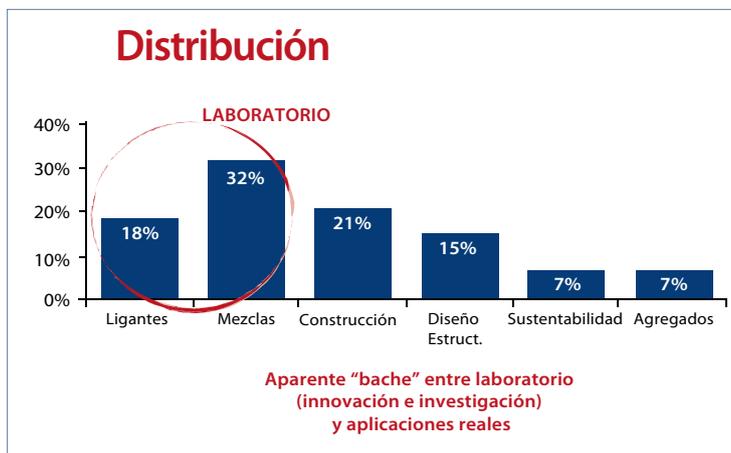


Figura 1. Distribución de ponencias por temática [Fuente: F. Martínez]

## Temáticas novedosas

- Mezclas elaboradas y colocadas a menores temperaturas
- Sustentabilidad (huella de carbono y ciclo de la vida)
- Nanotecnología
- Avances en métodos y equipos de caracterización de ligantes y mezclas
- Fusuración/Ahuellamiento o Ahuellamiento/Fisuración según países y condiciones legales
- Sistema de Gestión para mejora de la calidad

Figura 2. Temas novedosos destacados [Fuente: F. Martínez]

la relación entre los asistentes. Es el único Congreso que además de los actos sociales y convencionales normales en todos los congresos (cóctel de bienvenida y cena de gala) tiene el día de la confraternidad. Ese día, en mitad del Congreso, está destinado a la realización de una visita, excursión o comida, con objeto de conseguir y lograr el objetivo antes mencionado. Esto hace que los asistentes al Congreso tengan el aliciente de volver al nuevo CILA para conocer las novedades y las realizaciones técnicas, pero también, para volver a encontrar y saludar a los amigos cada vez más numerosos.

Recientemente, fueron nombrados dos nuevos secretarios del CILA para mantener vivo el espíritu y la calidad de estos Congresos, habiendo sido elegidos el ingeniero argentino Felipe Nougés, como Secretario Permanente, y el ingeniero brasileño

Celso Ramos como Secretario Permanente Adjunto. Con su impulso y apoyo se ha organizado ya esta decimotava edición del CILA de Bariloche bajo la Presidencia del ingeniero Marcelo O. Ramírez y del Doctor ingeniero Rodolfo Adrián Nosetti como presidente del Comité Organizador.

Un resumen de lo acontecido en este Congreso fue presentado por el Doctor ingeniero Fernando Martínez en el acto de clausura. En su intervención hizo mención a la cantidad y calidad de los trabajos presentados (168 ponencias) en 14 sesiones orales y 6 sesiones de e-posters, con 5 pantallas simultáneas de presentación.

La temática tratada en estos trabajos aparece recogida en el gráfico de la Figura 1. En ella se muestra cómo las ponencias tratan preferentemente de trabajos realizados en laboratorio sobre ligantes y mezclas, señalando el

Dr. Martínez el desfase aparente entre investigación y aplicaciones reales. En su resumen señala (Figura 2) las novedades más interesantes dentro de cada temática, remarcando el uso de mezclas elaboradas y colocadas a menores temperatura, y la preocupación del sector por la sustentabilidad y la mejora de la calidad tanto de materiales como de la gestión.

También se procedió en este Congreso a la entrega de la primera edición del premio Dr. Jorge Agnudei a la mejor ponencia presentada, que recayó en el trabajo colombiano "Desarrollo de un aditivo para la producción de mezclas asfálticas tibias", presentado por los autores Diana A. Rojas, Luz S. Quintero, Gustavo E. Ramírez y Luis E. Sanabria.

Cabe destacar que este fue el primer CILA con transmisión por Streaming con más de 1500 accesos desde 28 países.

Durante el Congreso se designó su próxima sede en la reunión de delegados CILA que tuvo lugar el 20 de noviembre; en esta oportunidad fue elegida la Ciudad de Medellín por lo que el XIX CILA tendrá lugar en esa ciudad Colombiana.

En el próximo número de Rutas se publicará un análisis más detallado de los trabajos más interesantes apuntados en el Congreso, con el fin de facilitar a los lectores una mejor información, destacando las aportaciones técnicas más interesantes en cada temática. ❖



Día de la confraternidad. Excursión a la Isla Victoria

# TRAFIC 2015



## XIV Edición del Salón Internacional de la Movilidad Segura y Sostenible

Del 29 de septiembre al 2 de octubre de 2015 el recinto ferial IFEMA de Madrid acogió la décimo cuarta edición del Salón Internacional de la Movilidad Segura y Sostenible, TRAFIC 2015, una plataforma de referencia para el negocio, el conocimiento y la innovación relacionada con la seguridad vial y el equipamiento de carreteras.

El Salón ofreció una amplia visión del sector, a través de sus sectores de alumbrado público, señali-

zación y sistema de contención; sistemas de emergencia y vehículos de vigilancia; aparcamientos y sistemas de cobro y peaje; regulación del tráfico; sistemas inteligentes de transporte, y movilidad sostenible.

TRAFIC 2015 contó con una amplia participación de empresas especializadas y de visitantes profesionales con un marcado acento internacional. De acuerdo con los datos facilitados, fueron 121 empresas procedentes de 17 países di-

ferentes y 4294 visitantes profesionales, de los que aproximadamente 300 fueron extranjeros pertenecientes a 28 naciones, entre las que destacó la cercana Portugal.

La cita ha servido para mostrar el mejor perfil de una industria con un alto nivel tecnológico, una clara proyección exterior y notable capacidad innovadora, cuyo mejor exponente fueron los productos de la Galería de la Innovación, así como el interés y aceptación que despertaron los encuentros del FORO TRAFIC, y el nivel de los visitantes presentes en esta convocatoria.

Como en ocasiones anteriores, el Salón ha contado con el apoyo de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior y de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento a los que se ha unido, por primera vez, la Dirección General de Industria y Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Asimismo, ha contado con la colaboración de la Dirección de Tráfico y Parque Móvil del Gobierno Vasco, el Servicio Catalán de Tráfico de la Generalidad de Cataluña, el Ayuntamiento



## Actividades del Sector

de Madrid y la Federación Española de Municipios y Provincias.

El acto de inauguración fue presidido por los directores generales de Tráfico, María Seguí, y Carreteras, Jorge Urrecho, quienes hicieron un recorrido por la feria en el que los expositores pudieron mostrar de primera mano algunos de los últimos productos diseñados para incrementar la seguridad en las carreteras de entornos urbanos e interurbanos y hacer más cómodos y eficaces los desplazamientos.

### Galería de la Innovación

El esfuerzo en I+D+i de la industria, orientado cada vez más hacia la movilidad segura y sostenible, se pudo apreciar en las novedades presentadas en la Galería de la Innovación, que cumple su tercera edición y que incluye una selección de los mejores productos y servicios expuestos en el Salón disponiendo para ello de un espacio especialmente habilitado al efecto

Sistemas de identificación de bicicletas y peatones; lectores de matrículas capaces de reconocer en tiempo real vehículos robados, con capacidad para efectuar sus lecturas en varios carriles o adaptados a las condiciones climatológicas más adversas; badenes retráctiles para regular el tráfico en función de la intensidad de la circulación; cámaras que detectan automáticamente cualquier incidente en la vía, o señales de aviso de avería que se pueden colocar desde el asiento del conductor sin necesidad de salir del vehículo, evitando así uno de los accidentes más frecuentes, fueron algunas de las innovaciones más destacadas en esta edición.

Los expositores presentaron también otras novedades interesantes como escáneres de gran precisión que pueden montarse fácilmente sobre vehículos, capaces de capturar datos e imágenes de hasta un millón de puntos por



Como en las últimas ediciones, la Asociación Técnica de Carreteras contó con un stand donde se informó a los asistentes sobre las actividades de la ATC

El Comité de Seguridad Vial, coordinado por su presidente Roberto Llamas, organizó el foro "Mejorar la Seguridad Vial en nuestras Carreteras"





En el Circuito hubo, además, un autobús eléctrico de la EMT y bicicletas eléctricas que podían probar los visitantes; así como soluciones de la empresas expositoras para la mejora de la movilidad.

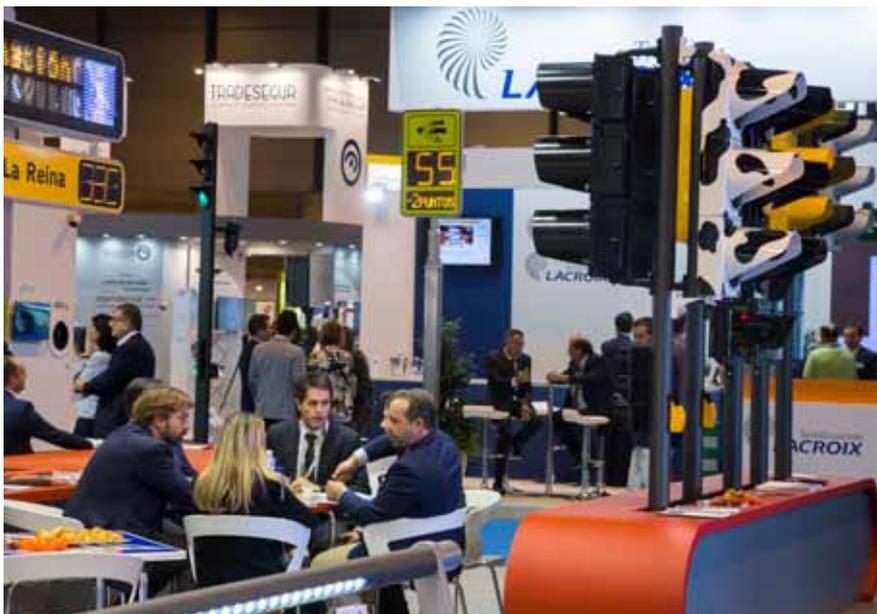
## FORO TRAFIC

El programa de jornadas que se desarrolló en el marco del FORO TRAFIC, con la movilidad como punto de partida, reflejó la realidad de este sector, destacando encuentros como el organizado por la Dirección General de Tráfico en torno al vehículo conectado, o el del Ayuntamiento de Madrid sobre Desarrollo Urbano y Movilidad Sostenible.

Las Jornadas comenzaron el primer día de Feria, el 29 de septiembre, con dos encuentros sobre Equipamiento vial al servicio de los usuarios, a cargo de la Federación de Entidades de Equipamiento para la Seguridad Vial (FOROVIAL) y el Modo de mejorar la seguridad vial en nuestras carreteras, de la mano del Comité de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC).

Merecen destacarse también las II Jornadas sobre Buenas prácticas municipales en Seguridad Vial, que tuvo lugar el jueves 1 de octubre, así como el acto de entrega de los IV Premios de Seguridad Vial para las Policías Locales, organizados por la Unión Nacional de Jefes y Directivos de Policía Local (UNIJEPOL). Ese mismo día la Patronal de Empresas de Tráfico (PEMPTRA) realizó la presentación de una serie de casos de éxito de distintos expositores (el Grupo ETRA, INDRA y SICE).

El Foro de la Movilidad Inteligente, hacia una movilidad segura, sostenible y eficiente, organizado por ITS España, cerró esta última edición de FORO TRAFIC con un balance final muy positivo, en el que intervinieron 67 ponentes y se contó con la presencia de más de 500 asistentes. ❖



segundo; reguladores semafóricos, con mecanismos que interactúan con los dispositivos personales de los ciudadanos como *smartphones* o *tablets*; barreras de seguridad ecológicas que evitan sustancias contaminantes como el cromo y el arsénico; tecnología Led en semáforos y alumbrado urbano que permiten alcanzar ahorros energéticos de hasta el 90%; sistemas de aparcamiento en altura desmontables, que evitan la realización de costosa obras con la consiguiente reducción de costes, o las mejoras en la tecnología de peaje *free-flow*, que permite controlar de modo automático e inteligente el acceso a las autopistas y la apli-

cación de las diferentes tarifas sin necesidad de detener los vehículos.

## Circuito Urbano

TRAFIC habilitó un Circuito Urbano para que las empresas expositoras tuvieron la oportunidad de mostrar sus mejores soluciones en materia de movilidad segura y sostenible. En dicho Circuito, el Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA) de la Universidad Politécnica de Madrid, realizó exhibiciones con un prototipo de vehículo autónomo, manejado con un *smartphone* desde el asiento posterior del coche.

# REVISTA RUTAS DIGITAL



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

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

Navega por nuestros números y artículos:

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



**Asociación Técnica  
de Carreteras**

Comité nacional español de la  
Asociación Mundial de la Carretera



# La ATC entrega sus distinciones como Socio de Honor y Socios de Mérito



## La Asociación Técnica de Carreteras distingue a Roberto Alberola como Socio de Honor, y a Enrique Dapena, Roberto Llamas y Félix Pérez como Socios de Mérito

El 24 de noviembre de 2015 la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró, en la sede del Club Financiero Génova, el acto de reconocimiento a sus socios más destacados.

La Junta Directiva aprobó por unanimidad, en su reunión del pasado 23 de junio y a propuesta de su presidente Luis Alberto Solís Villa, el reconocimiento a cuatro de sus miembros por sus méritos,

prestigio y, muy especialmente, por haber contribuido con sus dedicación al desarrollo de la Asociación Técnica de Carreteras.

Como Socio de Honor fue distinguido Roberto Alberola, mientras que Enrique Dapena, Roberto Llamas y Félix E. Pérez recibieron la medalla que les acredita como Socios de Mérito.

El director general de Carreteras del Ministerio de Fomento y Primer

Delegado del Comité nacional español de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), Jorge Urrecho Corrales, hizo entrega de las distinciones a los nuevos Socios de Honor y Mérito junto al presidente de la ATC. La concesión de los premios tuvo lugar en un acto que contó con la presencia de componentes del Comité Ejecutivo e integrantes de la Junta Directiva.

## SOCIO DE HONOR Roberto Alberola García



Roberto Alberola comienza a vincularse con la Asociación Técnica de Carreteras en 1974, como Socio Individual, participando activamente en los Comités Técnicos de Vialidad Urbana, Firmes Rígidos y Túneles de Carreteras.

A partir de 1994 pertenece a la Junta Directiva, siendo nombrado presidente de la Asociación Técnica de Carreteras en el año 2004, cargo que desempeñó hasta el año 2014.

La ATC premia su brillante labor al frente de la Asociación en este

acto, donde Roberto Alberola quiso agradecer a «Francisco Criado, entonces primer delegado de la Asociación, y José Luis Elvira por confiar en mi para presidir la ATC, a todos los miembros de la Junta Directiva que me han apoyado todo lo posible, así como al Comité Editorial de la revista Rutas».

### Carrera Profesional

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, comenzó su ca-

rrera profesional en el año 1962, entrando en contacto definitivamente con la carretera en 1965 como responsable de los equipos de auscultación de la primera Jefatura Regional de Carreteras participando en la ejecución del plan REDIA. A partir del año 1968, como jefe del Servicio de Conservación de la Jefatura de Madrid, creó la unidad de investigación y control para el desarrollo de nuevas unidades de obra, siendo por otra parte responsable de la ejecución del "Plan Primavera" y "Plan de Accesos a Madrid". En 1973 fue nombrado jefe de la Oficina de Planeamiento y Proyectos de la primera Jefatura Regional de Carreteras.

En 1977 regresa a la Jefatura Provincial de Madrid (posteriormente denominada Demarcación de Carreteras de Madrid) donde después de ocupar una serie de puestos de responsabilidad acabó siendo nombrado Ingeniero Jefe de la misma, siendo participe de la profunda transformación en infraestructuras de España hasta su jubilación en el año 2003.



Luis Alberto Solís Villa, Jorge Urrecho Corrales y Roberto Alberola García

## SOCIOS DE MÉRITO

### Enrique Dapena García

En una extensa labor docente y de divulgación, Enrique Dapena es autor de numerosas publicaciones de referencia sobre materiales de construcción, destacando su papel como presidente del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN sobre áridos.

Es miembro del Comité de Geotecnia Vial de la ATC desde el año 1998, y en el ámbito de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) ha pertenecido al Comité de Movi-

miento de Tierras, Drenaje y Exploradas entre los años 2000 y 2007, y posteriormente al Comité de Geotecnia y Carreteras sin Pavimentar en el periodo 2008-2011.

Agradeció la distinción recibida recordando la importancia, desde su larga trayectoria en PIARC, «del apoyo de la Asociación Técnica de Carreteras y de la Dirección General de Carreteras» a los comités internacionales de PIARC.



### Roberto Llamas Rubio

Coordinador de Seguridad Vial de la Subdirección General de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, es presidente del Comité de Seguridad Vial de la ATC desde el año 1996, vocal de la Junta Directiva entre el año 2000 y 2004 y secretario hispanohablante del Comité Técnico 3.2 Diseño y Explotación de Infraestructuras de Carreteras más Seguras de PIARC desde el año 2004 hasta la actualidad.

Roberto Llamas aseguró que «ha sido un placer estar vinculado con la Asociación tanto como ingeniero, como representante de la Dirección General y los comités internacionales», agradeciendo a los miembros del comité que preside «por su trabajo altruista». Asimismo, recordó el nivel de la ingeniería española, contando con profesionales que «están reconocidos a nivel nacional e internacional».



### Félix E. Pérez Jiménez

Catedrático de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona, es vocal de la Junta Directiva de la ATC desde el año 2009 y miembro del Comité Editorial de Rutas desde el año 2014.

La mayor parte de su labor profesional está dedicada a la docencia e investigación en el mundo de las carreteras, siendo especialmente relevantes sus estudios en mezclas asfálticas y ligantes bituminosos.

Durante la entrega de la medalla que le reconoce como Socio de Mérito, Félix E. Pérez quiso destacar que «la Asociación Técnica de Carreteras me ha permitido abrir mi perspectiva en el ámbito carretero; facilita la relación con otros campos ampliando conocimientos, y sirve para dar a conocer y hacer difusión de las investigaciones que se realizan desde las Escuelas». ❖



# JORNADA TÉCNICA

## Guía para la Redacción del Plan de Mantenimiento en Puentes



La Asociación Técnica de la Carretera (ATC) —Comité Nacional de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)— junto con la Asociación Científico-Técnica de Hormigón Estructural (ACHE) celebraron el pasado 5 de noviembre de 2015 la Jornada Técnica “Guía para la Redacción del Plan de Mantenimiento en Puentes” en el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (CICCP).

La apertura contó con la presencia de María del Carmen Sánchez, subdirectora general de Conservación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, José Romo, presidente de ACHE, Álvaro Navareño, presidente del Comité de Puentes de la ATC y Miguel Ortega presidente de la Comisión 4

Uso y Mantenimiento de ACHE. En esta presentación se destacó la importancia de planificar los trabajos de conservación y mantenimiento desde las fases iniciales de proyecto así como la necesidad de mejorar la comunicación y el diálogo entre los ingenieros responsables del proyecto, la construcción y la conservación.

A continuación tomó la palabra Emilio Criado (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento), coordinador del grupo de trabajo responsable de la elaboración de la Guía, que explicó cómo la entrada en vigor de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, que obligaba a redactar un Plan de Mantenimiento, y la escasez de referentes en este tipo de documentos llevó al Comité de

Puentes de la ATC y a la Comisión 4 de ACHE a crear un grupo mixto con el objetivo de elaborar una guía para la redacción de estos Planes de mantenimiento.

La mañana continuó con la primera sesión de la Jornada en la que Elena Seguido (PROES Consultores) describió, de manera detallada, el objeto y alcance del Plan de Mantenimiento, explicando a continuación Tomás Ripa (LCA) su encaje dentro del ámbito de la conservación. Esta primera sesión terminó con una mesa redonda presidida por Luis Ortega (RETINEO) en la que participaron Luis Peset (Dragados) y Jose Antonio Martín-Caro (Ines, Ingenieros Consultores) y en la que se debatió sobre la influencia del diseño y el proceso



constructivo en la durabilidad de las estructuras.

La segunda sesión se centró en el contenido del Plan de Mantenimiento y durante la misma los diferentes ponentes fueron desgranando los principales puntos del mismo. José Simón-Talero (Torroja Ingeniería) hizo una descripción de cómo se debe definir la estructura, el ambiente en el que se encuentra y las vidas útiles de los diferentes elementos del puente, ya que estos factores pueden influir de manera muy notable en la durabilidad. Jorge Ley (Intemac) hizo referencia a los criterios de inspección y medios de acceso, y destacó que las inspecciones previstas en el Plan de Mantenimiento deben ser coherentes con el sistema de gestión si es que la propiedad de la estructura cuenta con él.

A continuación Ignacio Pulido (IDEAM) definió una serie de puntos críticos, criterios de evaluación y umbrales de aceptación, los más significativos, que sin el afán de ser una lista exhaustiva y cerrada sirvieron de referencia y ejemplo. Posteriormente Antonio Tocino (Ferrovial Servicios) realizó una descripción de los principales trabajos de mantenimiento, tanto básico como especializado, llevados a cabo en las estructuras y Luis Ayres (API Movilidad) realizó un análisis de los costes de mantenimiento. La

sesión terminó con una mesa redonda moderada por Alvaro Navareño en la que Santiago Rodón (Abertis), Luis Esteras (ADIF) y Enrique Pardo (Agencia Gallega de Infraestructuras, Xunta de Galicia) debatieron sobre los costes de la conservación.

Después del almuerzo se inició la tercera sesión de la Jornada en la que se presentaron una serie de ejemplos de Planes de Mantenimiento. En primer lugar, Fernando Pedraza (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento) presentó el Plan de Mantenimiento del nuevo puente sobre la Bahía de Cádiz y a continuación Rubén Estévez (ADIF-AV) y Miguel Ortega presentaron el Plan de Mantenimiento del Viaducto sobre el Río Ulla en el eje Atlántico Alta Velocidad. Finalmente Ana Belén Menéndez (Geocisa) y Javier León (UPM) presentaron los planes de mantenimiento en estructuras convencionales y en estructuras existentes respectivamente.

La Jornada terminó con la mesa redonda presidida por Emilio Criado en la que con Fernando Rodríguez (FHECOR, Ingenieros Consultores), Ignacio Poy (Euroconsult) y Carmen Andrade (IETCC-CSIC) debatieron sobre los objetivos futuros del mantenimiento de las estructuras.

Durante la jornada los asistentes recibieron un ejemplar de la Guía para la Redacción del Plan de Mantenimiento de la que a continuación se hace un breve resumen de su contenido.

### Guía para la Redacción del Plan de Mantenimiento en Puentes

Los Planes de Mantenimiento adquieren gran importancia con la entrada en vigor de la Instrucción EHE-08 que reforzó los requisitos de durabilidad y estableció la necesidad de redactar planes de mantenimiento en las estructuras de nueva planta, incorporando a la normativa española, verdaderamente pionera, la noción de que el aseguramiento de la

vida útil de las estructuras es también una faceta muy importante de la ingeniería. Este hecho, que después se ha visto refrendado por la Instrucción de Acero Estructural EAE-11, supone una novedad de enorme interés que contribuye a que tanto la Propiedad como el proyectista se sientan involucrados, desde la fase de proyecto, en la idea de la durabilidad y el mantenimiento: toda una apuesta por la sostenibilidad.

Sin embargo, como toda novedad, esto supone un reto para los autores de proyectos que deben avanzar en un campo en el que hasta la fecha había muy pocos referentes. Para ayudar a los responsables de proyectos en esta tarea, desde el Comité de Puentes de la ATC-PIARC y desde la Comisión 4 de ACHE se ha redactado este documento que pretende marcar unas pautas que sirvan de guía para redactar el Plan de Mantenimiento.

Esta Guía, por lo tanto, está dirigida en primer lugar al autor del proyecto constructivo de la obra y, en segundo lugar, a las personas responsables de mantener el documento actualizado, incorporando la sucesiva documentación que se vaya generando a lo largo de toda la vida útil de la estructura.

### Definición de Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas que es preciso identificar en la fase de proyecto para asegurar un mantenimiento adecuado de la estructura que garantice la vida útil definida por la Propiedad.

Se entiende por vida útil de la estructura el periodo de tiempo, a partir de la fecha de ejecución, durante el que debe mantenerse el cumplimiento de las exigencias de seguridad estructural, comportamiento en servicio y funcionalidad así como de seguridad de los usuarios, es decir, las prestaciones se mantienen por encima de ciertos umbrales de aceptación. Durante

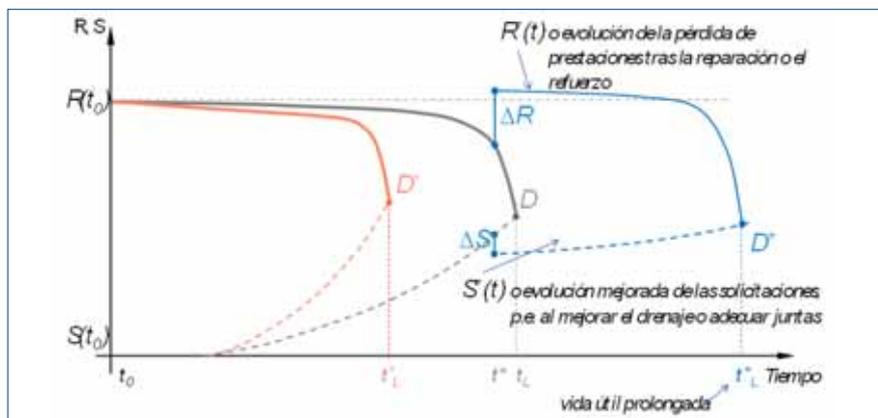


Figura 1. Evolución de las prestaciones (R) y solicitaciones (S) de una estructura a lo largo del tiempo

este periodo la estructura requerirá una conservación normal que no implique operaciones de rehabilitación.

## Objetivo

El objetivo del Plan de Mantenimiento es llevar a cabo en las estructuras un mantenimiento preventivo o activo en lugar de un mantenimiento correctivo o reactivo, ya que este último conlleva unos costes (económicos, sociales, medioambientales etc.) mucho mayores.

En la Figura 1 se muestra un diagrama que, en abscisas, presenta el eje temporal desde el final de la construcción y, en ordenadas, de forma genérica, las prestaciones que ofrece la estructura (R) y las solicitaciones (S) que actúan sobre ella. Cuando ambas curvas se cortan (punto D) es que se ha llegado al umbral de aceptación y, por consiguiente, se habrá alcanzado la vida útil ( $t_L$ ). Si se cortan en D' es que las solicitaciones aumentaron y las prestaciones disminuyeron de una manera más rápida de lo previsto disminuyendo la vida útil. Si en un momento determinado  $t^*$  se actúa aumentando las prestaciones o disminuyendo las solicitaciones se consigue prolongar la vida útil de la estructura. El objetivo del Plan de Mantenimiento es que las curvas de resistencias y solicitaciones se desarrollen según lo previsto para que se alcance la vida útil proyectada.

Para poder cumplir con este objetivo es importante que todos los agentes implicados en el proyecto, la

construcción y la explotación de una infraestructura tengan presente que las diferentes fases por las que pasa una estructura (proyecto, ejecución y control, vida de servicio) no pueden considerarse totalmente independientes, sino interrelacionadas, por lo que determinadas decisiones típicas de proyecto —tales como la selección de los materiales, la geometría de los elementos y, en su caso, los aparatos de apoyo, las juntas, etc.— deben tomarse teniendo en cuenta los trabajos de mantenimiento que van a ser necesarios con posterioridad.

## Redacción y seguimiento del Plan de Mantenimiento

Una de las características más importantes del Plan de Mantenimiento es que debe ser un documento vivo y que debe actualizarse de manera permanente. Dado que una estructura, desde su proyecto hasta su demolición, pasa por diversas fases es necesario definir quién es el responsable de redactar o actualizar el Plan de Mantenimiento en cada una de ellas: la fase de proyecto, la fase de obra, y la fase de conservación y explotación.

### Fase de proyecto

En la fase de proyecto, conforme a las instrucciones EHE-08 y EAE-11, debe ser el autor del proyecto el responsable de redactar el Plan de Mantenimiento, el cual ha de ser aprobado conjuntamente con el resto del

proyecto por el órgano competente o por la Propiedad.

Dicho Plan de Mantenimiento debe contemplar los apartados necesarios para que durante las fases de obra, conservación y explotación se pueda ir añadiendo la documentación complementaria necesaria.

### Fase de obra

Durante la fase de obra se deberá registrar toda la información representativa de la misma con detalle, así como informes detallados de todas las anomalías surgidas durante la obra y las medidas de reparación llevadas a cabo.

Una vez se haya construido la obra, se deberá redactar el correspondiente proyecto *as built*, se incluirá el puente dentro del sistema de gestión y se llevará a cabo una inspección principal de estado cero.

Durante esta fase será el Director de la Obra el responsable de mantener actualizado el Plan de Mantenimiento mediante los trabajos anteriormente comentados. Si durante esta fase se realizase un modificado del proyecto original, el autor de dicho modificado deberá actualizar el Plan de Mantenimiento.

### Fase de conservación y explotación

Durante la fase de conservación y explotación se irán incorporando ordenadamente al sistema de gestión tanto las inspecciones como las actuaciones de mejora que se realicen en la estructura, para poder realizar un seguimiento del estado de la misma a lo largo de toda su vida útil y, a partir de esta experiencia, planificar la estrategia de mantenimiento preventivo. Por tanto, el Plan ha de ser suficientemente abierto y flexible como para poder recoger estas actuaciones que se desarrollarán a lo largo del tiempo.

Durante esta fase, será el Responsable de Conservación de las estructuras el encargado de mantener actualizado el Plan de Mantenimiento.

## Contenidos mínimos del Plan de Mantenimiento

### Descripción de la estructura

En este punto, el redactor del Plan de Mantenimiento deberá consignar los datos que permitan identificar de manera completa la obra de paso. En ese sentido, es preferible que el Plan de Mantenimiento sea lo más auto-consistente posible, es decir, que los responsables del mantenimiento de la obra no tengan que consultar la totalidad del proyecto para realizar su tarea.

Se deberán describir al menos los siguientes aspectos.

- Ubicación y obstáculo salvado.
- Descripción funcional del puente.
- Configuración geométrica y estructural.
- Condiciones climáticas.
- Materiales constituyentes y sistemas de protección.
- Juntas, aparatos de apoyo y dispositivos especiales.
- Impermeabilización y firmes.
- Sistema de contención de vehículos.
- Equipamiento y servidumbres de paso.

### Definición de las condiciones de exposición y de las vidas útiles

Se hará constar la clase de exposición considerada para el proyecto de cada elemento del puente, que es

Tabla 1: Estimación de la vida útil de diversos componentes del puente	
Componentes	Vida útil nominal (años)
Pinturas y protección anticorrosiva (acero)	10 – 20
Juntas de expansión	5 – 50
Apoyos estructurales	25 – 40
Equipos de drenaje y selladores de juntas de expansión	5 – 15
Membranas de estanquidad elastomérica	25 – 30
Membrana de impermeabilización sobre hormigón	10 – 30
Pavimento de hormigón	15 – 20
Pavimento asfáltico	8 - 10

la base para la definición, entre otros factores, de la vida útil imputada a dicho elemento.

De forma especial, en el Plan de Mantenimiento se incorporará una estimación de la vida útil de aquellos elementos que forman parte de la estructura y cuya vida útil resulte previsiblemente menor que la de la obra, como se muestra, a título de referencia, en la Tabla 1.

### Definición de los puntos críticos desde el punto de vista del mantenimiento

Se trata de identificar aquí, de acuerdo con los conocimientos y experiencia del proyectista, aquellos puntos de la estructura que son más susceptibles de sufrir daños. A título de ejemplo, un punto crítico puede ser la cimentación superficial de una pila o estribo en el cauce de un río, en la medida en que un cambio en las condiciones de contorno del cauce podría producir socavación de la misma.

También se considerarán puntos críticos aquellos elementos que sufren procesos de desgaste o estén constituidos por materiales de menor durabilidad y que no sean de fácil inspección, como aparatos de apoyo a media madera.

Durante las fases de construcción y servicio también se pueden identificar puntos críticos no contemplados en la fase de proyecto y que se convierten en tales como consecuencia de incidencias durante la fase de construcción o por cambios durante la fase de explotación.

### Criterios de inspección

La definición de los criterios de inspección dependerá de si el responsable de la conservación tiene implantado un sistema de gestión de estructuras. En caso afirmativo, el Plan de Mantenimiento incorporará lo establecido en el sistema de gestión. En caso contrario, o siempre que se trate de una estructura singu-

lar, se podrán establecer las consideraciones adicionales que se estimen oportunas, incluyendo la periodicidad y el alcance de las inspecciones que se tendrán que realizar.

En este sentido, cabe mencionar que la mayoría de los sistemas de gestión implantados actualmente incluyen tres niveles de inspección. El primer nivel es el de las inspecciones rutinarias o básicas, que se realizan con una frecuencia que ronda el año. El segundo nivel, inspecciones principales de mayor detalle, se realiza cada varios años y requiere la participación de ingenieros cualificados. Finalmente, las inspecciones especiales (tercer nivel), que son las que se realizan para poder dictaminar el estado de una estructura (nivel de seguridad y pronóstico de vida útil residual), requieren la participación de personal especializado y medios auxiliares.

### Definición de los medios de acceso

Es necesario definir en el Plan de Mantenimiento los medios de acceso necesarios para poder inspeccionar o trabajar en cada uno de los elementos de la estructura, como pasarelas de inspección, cajones interiores con iluminación, pilas accesibles, aparatos de apoyo, partes inferiores de tableros, cabeceros de pilas, etc. También hay que incluir los medios de acceso requeridos y previstos para la inspección de pilas o estribos que se encuentren parcialmente sumergidos en agua.

### Criterios de evaluación (umbrales de aceptación)

Estos criterios, que han de ser objetivos, han de servir para alertar que un determinado elemento estructural o funcional del puente puede no estar comportándose de la manera prevista. Estos umbrales deben ser:

- representativos del buen o mal funcionamiento del punto crítico que se quiere evaluar;



- mensurables con magnitudes cuantificables e independientes del juicio subjetivo del observador;
- fiables, independientes de las circunstancias en que se efectúa la evaluación;
- fáciles y económicos de obtener; y
- preventivos, es decir, que señalen el comienzo del deterioro antes que la proximidad del fallo estructural o funcional.

Otro ejemplo de umbrales de aceptación de la deformación de un apoyo tipo pot serían los siguientes:

- Umbral de alerta: en algún punto del contacto entre el pistón y el elastómero la distancia con el borde de la pared del pot es inferior a 1 mm o existe una distancia inferior a 1 mm entre alguna de las partes metálicas del apoyo.
- Umbral crítico: cuando algún punto del contacto entre el pistón y el elastómero queda justo al borde de la pared del pot o existe contacto entre alguna de las partes metálicas del apoyo.

### Mantenimiento básico

Las operaciones de mantenimiento básico son generalmente las de limpieza, tanto de la plataforma como de los elementos de drenaje y no estructurales, así como trabajos de pequeña reparación que no tengan carácter estructural y que no requieren ni una planificación, ni la intervención de personal especializado para su ejecución. En este tipo

de trabajos se incluyen las reparaciones puntuales de pavimentos (incluido el sellado de fisuras), el fresado y la reposición localizada del firme, la reparación de aceras, las reparaciones de pequeños desconchones de hormigón, la reparación de encachados de protección, la reparación localizada de elementos metálicos, la reposición o reparación de elementos constitutivos del sistema de drenaje, y las reparaciones puntuales de elementos dañados en accidentes.

Aunque estas operaciones no tienen una gran complejidad técnica es muy importante llevarlas a cabo, especialmente las relacionadas con la limpieza de los drenajes (pues en caso contrario se produce una acumulación o vertido de agua sobre elementos que ven acortada drásticamente su vida de servicio). Por lo tanto, en este apartado es necesario definir las principales operaciones de conservación que se consideren necesarias, así como la frecuencia de ejecución de las mismas.

### Mantenimiento especializado

Dado que en la estructura se han dispuesto elementos con una vida útil inferior a la global, es necesario definir la manera en la que se ha previsto su sustitución.

Los elementos más significativos, con una vida inferior a la del conjunto de la estructura son los siguientes: juntas, apoyos, pintura de elementos metálicos, pretilas y barandillas, impermeabilización de tablero, firme y elementos singulares (tirantes).

La descripción de la manera en la que se ha previsto llevar a cabo su sustitución no tiene por qué ser exhaustiva, pero el Plan de Mantenimiento sí debe contener los datos necesarios para que el posterior proyecto de sustitución se pueda redactar sin tener que consultar el proyecto completo.

Es conveniente destacar que estas reposiciones periódicas son operaciones que equivalen a una parte sustancial de los costes de conservación de las estructuras, por lo que resulta de gran importancia planificar correctamente la ejecución de las mismas.

### Valoración de operaciones de mantenimiento

Finalmente se considera de gran importancia que se realice una valoración de todas las operaciones que se han descrito a lo largo del Plan, inspecciones periódicas, mantenimiento básico y especializado, etc. con objeto de que el mismo sea realista y viable, evitando de esta manera que se plantee un Plan de Mantenimiento muy exigente y conservador. Además, con una valoración del coste de mantenimiento del puente a lo largo de toda su vida es posible diseñar estructuras en las que se minimice el coste de todo el ciclo de vida y no sólo en las fases iniciales de proyecto y construcción, ya que se puede justificar el sobrecoste de un determinado diseño si éste supone un importante ahorro en la conservación posterior de la estructura. ❖

# JORNADA TÉCNICA

## El Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera



El pasado 18 de noviembre de 2015 la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró, en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Jornada Técnica: El Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera. El objeto de esta Jornada era la presentación del informe del mismo título que se ha elaborado en el seno del Comité de Túneles de la ATC en el presente ciclo 2011-2015.

La Jornada fue inaugurada por María del Carmen Sánchez Sanz, subdirectora general de Conservación de la Dirección General de Carreteras, que destacó la apuesta del Ministerio de Fomento por la seguridad en túneles, que le ha llevado a extender la figura de responsable de seguridad a todos los túneles de la Red de Carreteras del Estado. Asimismo, recordó la reciente publi-

cación en el BOE de los anuncios de licitación de tres contratos de inspección de túneles, dos de ellos destinados principalmente a la revisión de las instalaciones y el otro a la de los elementos estructurales. La subdirectora terminó felicitando tanto a los integrantes del grupo de trabajo, como a los miembros del Comité de Túneles por el trabajo desarrollado.

A continuación, Guillermo Llopis (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento), coordinador del Grupo de Trabajo y director técnico de la Jornada, expuso la primera ponencia. En ella relató el origen de la figura de responsable de seguridad de túneles y su posterior desarrollo reglamentario e implantación. Comentó algunos de los temas abordados en el informe y destacó su importancia al constituir la primera guía de buenas prácticas o

recomendaciones para el desarrollo de las labores de responsable de seguridad de túneles de carretera que se realiza en Europa.

Posteriormente, José Ramón Ochoa Vega, responsable de seguridad de túneles de carreteras del Estado en Aragón y secretario del Grupo de Trabajo, desarrolló en su ponencia la relación del responsable de seguridad con los otros agentes intervinientes, haciendo especial hincapié en la función del responsable en la coordinación de los servicios de explotación del túnel con los servicios de emergencia. Ochoa abordó también una de las herramientas más importantes para conseguir la deseada coordinación entre servicios intervinientes en caso de emergencia: los simulacros de incidente que se deben realizar periódicamente en todos los túneles.



La siguiente ponencia corrió a cargo de Vanessa Piris Sánchez, responsable de conservación de túneles de carretera de la Generalitat de Cataluña, que trató el tema de la intervención del responsable de seguridad en la elaboración de la documentación de seguridad del túnel (manual de explotación y plan de autoprotección), así como en la investigación y evaluación de incidentes ocurridos en los túneles. Durante su ponencia hizo hincapié en la necesidad de que, tal como recoge las recomendaciones, el informe de los incidentes significativos se lleve a cabo por el responsable de seguridad del túnel, teniendo en cuenta la información que le suministran los servicios de explotación y de emergencia, y demás personas afectadas.

La última ponencia la llevó a cabo Juan Zamorano Martín, técnico experto en gestión de túneles. En ella, destacó en primer lugar la importancia de una adecuada formación en la explotación de túneles, tanto en condiciones normales como antes situaciones de emergencia. Asimismo, se describieron los medios disponibles para que

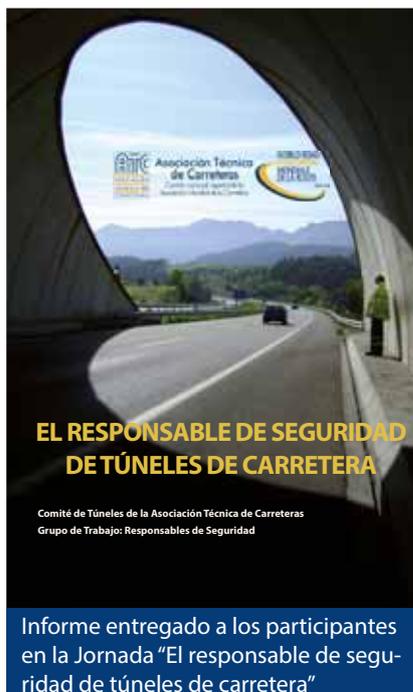
el responsable de seguridad cumpla su función de verificación de la formación del personal, así como el camino a seguir para su desarrollo y mejora.

Finalmente, Rafael López Guerra, jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón y presidente del Comité de Túneles, clausuró la Jornada recordando la importancia que la figura del res-

ponsable de seguridad de túneles tiene en la actualidad, tanto en el día a día de los túneles en servicio, como en las fases previas de proyecto y construcción de los mismos. Destacó lo esencial de su independencia e hizo un repaso, a modo de resumen, de las funciones que debe de ejercer esta figura que, en definitiva, contribuye a la seguridad de este tipo de infraestructuras singulares. Finalizó su intervención agradeciendo a todos los miembros del Grupo de Trabajo, del Comité y a los propios asistentes el trabajo que desempeñan para lograr unos túneles cada vez más cómodos y seguros.

## Origen y realización del informe

La Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, supuso la base para el establecimiento de una concepción holística de la seguridad en túneles de carretera en la Unión Europea. En ella no solo se determinan los requisitos



mínimos de obra civil y equipamiento con que debe dotarse cada túnel en función de sus características, sino que se introducen cuatro figuras con funciones y responsabilidades concretas en relación con la seguridad de los túneles de carretera.

De estas figuras, el organismo de inspección y el responsable de seguridad de túneles supusieron una novedad en nuestro país. El responsable de seguridad, que es nombrado por el gestor del túnel, lleva a cabo una observancia crítica e independiente de la explotación del túnel. Asimismo, participa activamente en la coordinación de las distintas medidas de seguridad y equipos intervinientes, así como en la evaluación de los incidentes graves que ocurran y de los simulacros de emergencia que se lleven a cabo.

Al contrario de lo que ocurre con respecto al organismo de inspección, para el responsable de seguridad no existe normativa técnica, ni a nivel nacional ni europeo, que desarrolle las funciones que para el mismo establecen tanto la directiva como sus respectivas transposiciones, como el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

Esta carencia, unida a los años de experiencia acumulados en el desarrollo de las labores de responsable de seguridad de túneles tanto en la Administración del Estado como en algunas Administraciones Autonómicas e incluso locales, llevó al Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras a abordar el desarrollo de unas directrices o recomendaciones sobre la figura del responsable de seguridad de túneles de carretera. Con este objetivo, al inicio del ciclo 2011-2015 se forma el Grupo de Trabajo "Responsables de seguridad" que en estos cuatro años ha elaborado el informe: "El responsable de seguridad de túneles de carretera".



Las personas que han integrado el Grupo de Trabajo han sido:

- Alberto Abella Suárez
- Luis Ayres Janeiro
- María Teresa Buil Adrados
- Francisco José Fuente Alcántara (†)
- Emilio Leo Ferrando
- Carlos de León Cristobal
- Guillermo Llopis Serrano
- José Ramón Ochoa Vega
- Joaquín Ollé Oriol
- Vanessa Piris Sánchez
- Iván Ricondo Zaldivar
- Juan Manuel Sanz Sacristán
- Koldobika Serrano Goikoetxea
- Juan Zamorano Martín
- Mikel Zendoia Zuloaga

Tal como se ha comentado, este grupo de trabajo se integra en el Comité de Túneles de la ATC, que a su vez constituye el Comité nacional español de la Asociación Mundial de Carreteras, PIARC. Siendo Rafael López Guarga el presidente del Comité de Túneles y Juan Manuel Sanz Sacristán su secretario.

El informe, tomando como punto de partida las disposiciones de la Directiva 2004/54/CE, desarrolla cuestiones relativas a la independencia del responsable de seguridad de túneles de carretera, su formación y conocimientos previos, las fases en las que debería estar presente, así como sus funciones. ❖

# JORNADA TÉCNICA

## Aumento de la Capacidad y la Seguridad en Carreteras de Calzada Única



El pasado día 25 de noviembre de 2015, y en los locales de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), se ha celebrado la Jornada Técnica "Aumento de la capacidad y la seguridad en carreteras de calzada única" organizada por el Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano de la ATC.

Abrió la Jornada el presidente del Comité, Sandro Rocci, quien, tras destacar el papel de las carreteras de calzada única en la red viaria, examinó el problema del adelantamiento en ellas y su influencia en el nivel de servicio. El necesario aumento del número de carriles se puede distribuir en diversas configuraciones que describió brevemente y cuyo examen constituía el objeto de la Jornada.

A continuación Jorge Mijangos trató de la duplicación de calzada, haciendo un examen crítico de las distintas generaciones de autopistas y autovías (hasta cinco) que se han desarrollado en España desde los años sesenta del pasado siglo.

Fernando Pedraza, jefe del Área de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura, trató el tema de los carriles adicionales localizados en rampas y pendientes, detallando la normativa aplicable y las herramientas de análisis del nivel de servicio aplicables a ellos.

Por último, Alfredo García, catedrático de Ingeniería de Carreteras de la Universidad Politécnica de Valencia, hizo una presentación sobre los carriles alternados de adelantamiento

(lo que vulgarmente se conoce como "2 + 1"), analizando su favorable impacto sobre la seguridad y fluidez de la circulación, exponiendo los criterios para su diseño (incluido el marco normativo en España), y pasando revista a realizaciones e investigaciones llevadas a cabo recientemente en nuestro país.

Durante la Jornada hubo varias ocasiones para que los ponentes mantuvieran un coloquio con los asistentes. Estos coloquios estuvieron muy animados, y en ellos se puso de manifiesto el interés despertado por los carriles alternados de adelantamiento: una técnica relativamente novedosa que puede mejorar notablemente el nivel de servicio sin incurrir en costes excesivos. ❖

# Curso de formación de Operadores de Centro de Control de Túnel de Carretera 2015



Aula de la ATC, lugar de celebración del curso



Centro de Explotación y Control de la AP-6 gestionado por Abertis

Este Curso, que se imparte desde el año 2013, cubre la demanda de formación de Operadores de Centro de Control exigida por la normativa vigente en materia de seguridad en túneles de carretera.

En las aulas de la ATC se impartió, del 21 al 23 de octubre de 2015, una nueva edición del Curso de Operadores de Centro de Control de Túneles. El curso está dirigido a personal en activo de salas de control de túneles de carretera, principalmente Operadores y Jefes de Sala, cuya finalidad es transmitir los conocimientos técnicos y jurídicos, así como la inestimable experiencia práctica de los profesionales escogidos para impartir el curso, proporcionando de esta manera una formación adecuada e imprescindible para la gestión y atención de incidentes y emergencias en túneles de carretera.

En los últimos años, la mejora en la seguridad y calidad de servicio en los túneles de carretera viene siendo una preocupación constante, en la cual se ha invertido un gran esfuerzo en el plano nacional e internacional. En este sentido, el RD 635/2006 sobre requisitos mínimos de segu-

ridad en los túneles de carretera del Estado, marca como imprescindible la adecuada formación de los Operadores de Centro de Control para el desarrollo de su cometido. A nivel internacional esta formación incluye el aprovechamiento de la experiencia acumulada y la recopilación y el análisis de incidentes y simulacros en túneles existentes.

En este contexto, no siendo ajeno a esta necesidad, el Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras viene organizando este curso de formación desde junio de 2013, con una excelente acogida por parte del personal interesado en el mismo.

Los temas tratados incluyeron un repaso al marco legislativo y a los distintos equipamientos técnicos que disponen los túneles, una exposición del contenido que debe formar parte de los manuales de explotación, y el análisis de la gestión eficaz de incidentes de tráfico y averías. Este

último aspecto se abordó no únicamente mediante el relato de la experiencia práctica del profesorado, sino además de una manera activa, a través de ejercicios prácticos de simulación de incidentes reales planteados a los alumnos.

El curso contó además con una interesante visita técnica al Centro de Explotación y Control de la AP-6, gracias a la colaboración de Abertis, desde donde se controlan los túneles de Guadarrama. Esta visita permitió mostrar el funcionamiento de la gestión del tráfico e incidentes de este tramo de autopista soterrada, así como el equipamiento e instalaciones del centro de control, de los 3 túneles y sus galerías.

De vuelta en las instalaciones de la ATC, tuvo lugar el acto de clausura, poniendo fin a un curso cuya utilidad y aprovechamiento por parte de los asistentes explica el éxito del mismo en sus sucesivas ediciones. ❖

## Composición de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras

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



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



### VOCALES:

- Presidente Saliente:
  - D. Roberto Alberola García
- Designados por el Ministerio de Fomento:
  - D. Carlos Bartolomé Marín
  - D.ª María del Carmen Sánchez Sanz
  - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
  - D. José Manuel Cendón Alberte
  - D. Jorge Lucas Herranz
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
  - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
  - D. Jaime Moreno García-Cano
  - D.ª Garbiñe Sáez Molinuevo
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
  - D. Luis Alberto Solís Villa
  - D. José Trigueros Rodrigo
  - D. Xavier Flores García
  - D. José María Pertierra de la Uz
  - D. Carlos Estefanía Angulo
  - D. Juan Carlos Alonso Monge
- En representación de los órganos responsables de la vialidad en los municipios, ayuntamientos o empresas públicas:
  - D. Manuel Arnáiz Ronda
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
  - D. Ángel Castillo Talavera
  - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
  - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
  - D. Rafael Gómez del Río
- Representantes de las empresas de consultoría:
  - D. José Polimón López
  - D. Casimiro Iglesias Pérez
  - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Aniceto Zaragoza Ramírez
  - D. Alberto Bardesi Orúe - Echevarría
  - D. Victoriano Sánchez-Barcáiztegui Moltó
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. José Enrique Bofill de la Cierva
  - D. Juan José Potti Cuervo
  - D. Alejandro Llorente Muñoz
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
  - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
  - D. Juan Mata Arbide
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
  - D. Jesús Díaz Minguela
  - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
  - D. José María Morera Bosch
  - D. Pedro Gómez González
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
  - D. Sandro Rocci Boccaleri
- Nombrado a propuesta del presidente:
  - D. José Luis Elvira Muñoz

## Comités Técnicos de la Asociación Técnica de Carreteras

**Coordinador de los Comités Técnicos:** *D. José María Morera Bosch*

### COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

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

### PUENTES DE CARRETERAS

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

### COMITÉ DE FINANCIACIÓN

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

### GEOTECNIA VIAL

- **Presidente** *D. Carlos Oteo Mazo*
- **Secretario** *D. Manuel Rodríguez Sánchez*

### CARRETERAS INTERURBANAS Y TRANSPORTE INTEGRADO INTERURBANO

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

### SEGURIDAD VIAL

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

### TÚNELES DE CARRETERAS

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

### CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

- **Presidente** *D. Antonio Sánchez Trujillano*

### CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

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

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

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

### FIRMES DE CARRETERAS

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

# Socios de la Asociación Técnica de Carreteras

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

## Socios de Honor

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

## Socios de Mérito

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

## Socios Protectores y Socios Colectivos

### Administración General del Estado

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

### Comunidades Autónomas

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

## Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

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

## Ayuntamientos

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA  
 MADRID CALLE 30

## Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

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

## Asociaciones

AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA, OFICEMEN  
 ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, ACEX  
 ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE OBRA PÚBLICA, AERCO  
 ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA  
 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA  
 ASOCIACIÓN NACIONAL DE AUSCULTACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURAS, AUSIGETI  
 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN  
 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS, TECNIBERIA  
 ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB  
 FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA  
 FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

## Sociedades Concesionarias

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

## Empresas

3M ESPAÑA, S.A.  
ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
ACCIONA INGENIERÍA, S.A.  
AECOM INOCSA, S.L.U.  
A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.  
ACEINSA MOVILIDAD, S.A.  
AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)  
ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.  
ALAUDA INGENIERÍA, S.A.  
ALVAC, S.A.  
API MOVILIDAD, S.A.  
ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.  
AUDECA, S.L.U.  
AZUL DE REVESTIMIENTOS ANDALUCES, S.A.  
BARNICES VALENTINE, S.A.U.  
BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.  
BETAZUL, S.A.  
CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.  
CEPSA COMERCIAL PETROLEO, S.A.  
CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
COMPOSAN PUENTES Y OBRA CIVIL, S.L.  
CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.  
CLOTHOS, S.L.  
CYOPSA - SISOCIA, S.A.  
DRAGADOS, S.A.  
DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.  
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
ELSAMEX, S.A.  
EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)  
ESTEYCO, S.A.P.  
ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.  
EUROCONSULT, S.A.  
EUROESTUDIOS, S.L.  
FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.  
FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.  
FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
FERROVIAL AGROMÁN, S.A.  
FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.  
FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL  
FREYSSINET, S.A.

GEOCONTROL, S.A.  
 GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S.A. (GEOCISA)  
 GETINSA - PAYMA, S.L.  
 GINPROSA INGENIERÍA, S.L.  
 GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.  
 HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.  
 IKUSI - ÁNGEL IGLESIAS, S.A.  
 IMPLASER 99, S.L.L.  
 INCOPE CONSULTORES, S.L.  
 INDRA SISTEMAS, S.A.  
 INDUSTRIAL DE TRANSFORMADOS METÁLICOS, S.A. (INTRAME)  
 INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.  
 INGENIERÍA IDOM INTERNACIONAL, S.A.  
 INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)  
 INNOVIA COPTALIA, S.A.U.  
 INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.  
 INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. (INCOSA)  
 JEROL VIAL, S.L.  
 KAO CORPORATION, S.A.  
 LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.  
 MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
 OBRAS HERGÓN, S.A.U.  
 PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.  
 PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.  
 PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)  
 PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.  
 PROES CONSULTORES, S.A.  
 PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.  
 RAUROSZM.COM, S.L.  
 REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.  
 RETINEO, S.L.  
 S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)  
 S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)  
 SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.  
 SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.  
 SERBITZU ELKARTEA, S.L.  
 SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)  
 SGS TECNOS, S.A.  
 TALHER, S.A.  
 TALLERES ZITRÓN, S.A.  
 TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPESA)  
 TECNIVIAL, S.A.  
 TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)  
 TELVENT TRÁFICO Y TRANSPORTE, S.A.  
 TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.  
 TEVASEÑAL, S.A.  
 TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.  
 ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA  
 VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
 V.S. INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.  
 ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

## Socios Individuales

Personas físicas (62) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



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

**C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.**

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:

Tel.: 913082318 Fax: 913082319

**info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com**

[http://www.atc-piarc.com/rutas\\_digital.php](http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php)



Para más información:  
puede dirigirse a:

**Asociación Técnica de Carreteras**

**Tel.: 913082318 Fax: 913082319**

**info@atc-piarc.com**

**www.atc-piarc.com**

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

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº \_\_\_\_\_

Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa  NIF

Dirección  Teléfono

Ciudad  C.P.  e-mail

Provincia  País

Fecha  Firma

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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



Con nuestros mejores deseos  
para el nuevo año 2016

## Crecimiento basado en la Innovación

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

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

