

ASFALTO

y pavimentación

Número 22 · Volumen VI · Tercer trimestre · 2016

número 22





CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

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

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

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



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.



Número 22 · Volumen VI
Tercer trimestre · 2016

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

Andrés Costa, Jesús Felipo,
Jacinto Luis García Santiago,
Lucía Miranda, Jorge Ortiz,
José Luis Peña, Nuria Querol,
María del Carmen Rubio,
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,
Miguel Ángel del Val

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

José Carlos Cámara

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

Castiello de Jaca, 29 3º Puerta 2
28050 Madrid
Tel. 91 287 71 95
Fax 91 287 71 94
Directo 629 877 460
www.asfaltopavimentacion.com
asfalto@asfaltopavimentacion.com

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189
Depósito Legal: M21967-2011

Prohibida la reproducción, total o parcial,
de los contenidos aparecidos en esta
publicación sin previa autorización
por escrito.

Las opiniones vertidas en esta revista
son de responsabilidad exclusiva
de sus autores, sin que Editorial Prensa
Técnica, S. L. los comparta
necesariamente.

Sumario

Número 22 · Volumen VI · Tercer trimestre · 2016

Editorial

Política sectorial de carreteras

05

Tribuna

Xavier Flores García

07

Estrategias de rehabilitación y mejora de firmes en redes locales

Miguel Ángel del Val

11

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

Fernando Moreno-Navarro, M^a Carmen Rubio-Gámez,
Miguel del Sol-Sánchez, Gema García-Travé, Esther Tomás-
Fortún, Miguel Segarra-Martínez

19

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

Andrés Costa

31

Diseño de mezclas asfálticas a partir de la determinación de su resistencia a la fisuración y energía de fractura mediante el Ensayo Fénix

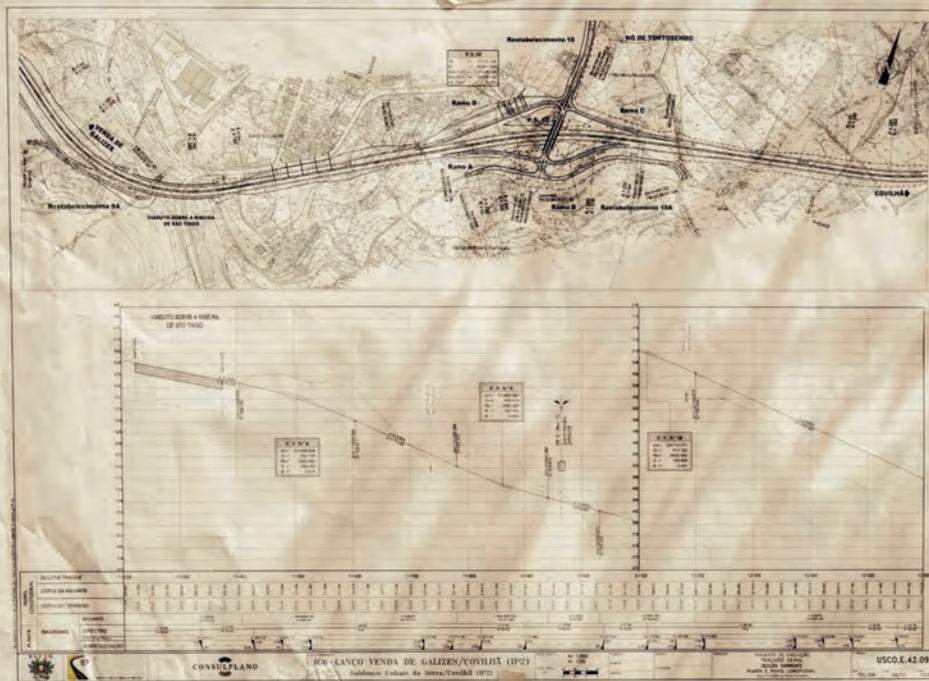
Félix Pérez, Rodrigo Miró, Adriana Martínez, Ramón Botella

35

Secciones fijas

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas,
Normativa, Noticias, Calendario, Mirando al pasado,
Lecturas recomendadas, Lecturas comentadas, I+D,
Redes sociales, Afirmaciones asfálticas

45



1/4 de obra es obra nuestra

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp Energía significa tranquilidad al respecto de una parte de su obra. Desde los combustibles y el fuelóleo pasando por los betunes, Galp Energía garantiza un servicio y un acompañamiento técnico orientado al cliente y sin errores en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que está cerca del cliente puede ofrecer. Use nuestra energía y manos a la obra.

Tel.: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 71 - E-mail: buzon.espana@galpenenergia.com



Política sectorial de carreteras

Como es conocido por todos, las políticas públicas son las acciones de gobierno, es decir, las llevadas a cabo por los poderes públicos, cuyo objetivo es dar respuestas a las distintas demandas de la sociedad. Dado que entre estas demandas se encuentran ciertamente las relacionadas con el transporte, una de esas políticas públicas ha de ser la de transportes, por supuesto en el ámbito competencial de la administración correspondiente. No diremos que sea más importante que otras como la educativa o la sanitaria, pero parece claro que no puede obviarse, dada su influencia directa en la competitividad económica, en el mantenimiento de la cohesión territorial y en el ejercicio de los ciudadanos de su derecho fundamental a una movilidad en unas condiciones de máxima seguridad, de razonables condiciones de comodidad y de costes (incluyendo los derivados de las emisiones) que no contribuyan a aumentar las desigualdades. Dentro de la política de transportes debe inscribirse la política sectorial de carreteras, con una importancia acorde con lo que en España, como en otros países, representa este modo de transporte: más del noventa por ciento del transporte interior de viajeros y más del ochenta por ciento del transporte interior de mercancías.

En el marco de esas políticas de carreteras deberían inscribir las administraciones públicas su planificación viaria, algo que en este momento solo existe, desafortunadamente, en el caso de algunas comunidades autónomas. Esa planificación, entre los distintos programas de actuación que ha de contemplar, debería incluir en todos los casos uno específico de conservación y de rehabilitación de la infraestructura viaria. Incluso cuando no se haya formalizado la planificación mediante la redacción del correspondiente plan, resultaría obligado contar con un programa de conservación y rehabilitación razonablemente dotado.

¿Cuál es la situación en España en 2016? Cualquier observador puede constatar que en las distintas administraciones titulares de redes viarias, salvo contadísimas excepciones, no puede ser más desalentadora: o no existe un programa de conservación y rehabilitación o hay "algo" que no es digno de tal nombre o el programa está insuficiente-

mente dotado económicamente o finalmente, lo que es lo mismo, no se está ejecutando por la parálisis presupuestaria.

El resultado de cualquiera de estas cuatro situaciones, de acuerdo con el razonamiento expuesto, es el mismo y obvio: no se está dando respuesta a la demanda de la ciudadanía en materia de transporte por carretera. Los poderes públicos, por tanto, no están cumpliendo con lo que los ciudadanos esperamos de ellos. Esa falta de acción en algo tan evidentemente necesario como conservar y en su caso rehabilitar lo que ya existe se traducirá, en mayor o menor medida, en un empeoramiento de las condiciones de seguridad de la circulación, en un empeoramiento de la comodidad y en un aumento de los costes (incluyendo, hay que subrayarlo, la muy negativa incidencia en el consumo de combustibles, en la calidad del aire y en el cambio climático).

En definitiva, los ciudadanos esperamos respuestas a nuestras demandas y acciones concretas, no excusas. Tenemos todo el derecho del mundo a pensar que esa es la responsabilidad tanto de los políticos que tienen que tomar las decisiones como de los gestores que aquellos colocan al frente de las administraciones públicas.



Colección de Monografías, en papel, de Asefma

En estos 10 años, Asefma a través de sus Grupos de Trabajo ha generado una importante colección de monografías.

Ahora se ofrecen en formato papel, dentro de una caja portadocumentos de 30,5 x 21,5 forrada con pliego impreso estucado y plastificado, las primeras 12 monografías publicadas por Asefma.

Aproveche la ocasión de solicitar su colección de Monografías en papel.

Los socios de Asefma tienen un precio especial de **250€, más IVA**. Realice su pedido en asefma@asefma.com.es

MONOGRAFÍAS ASEFMA

Consulte en la web de Asefma los títulos de las 12 monografías

También disponibles en formato DVD

Calificación por estrellas (SRS, Star Rating Score) del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (Irap, International Road Assessment Program)



Xavier Flores García
 Director General
 d'Infraestructures
 de Mobilitat Terrestre

1. Introducción

Gestionar y evaluar son dos caras de la misma moneda. Es imposible una gestión eficiente sin mecanismos y sistemas de evaluación que permitan conocer el estado de cada elemento de la carretera y poder plantear las soluciones más acordes y ajustadas a las necesidades reales; y, así mismo, que nos permitan establecer objetivos que conseguir.

Mecanismos de evaluación han existido y existen muchísimos, de gran detalle y rigor. Por poner ejemplos, desde la Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat (DGIM) disponemos de diferentes sistemas de gestión, que nos permiten conocer exhaustivamente el estado de nuestras carreteras. Así, por ejemplo, el Sistema de Gestión de Firmes (GSF), el Sistema de Gestión de Puentes y Estructuras (GSPE) o el Sistema de Gestión de los Trabajos de Mantenimiento (Iconscat) nos proporcionan una completa serie de indicadores y datos que nos permiten decidir las medidas necesarias para permitir que nuestras carreteras mantengan y mejoren continuamente su nivel de servicio.

Pero estos diferentes indicadores, que son necesarios y hoy día imprescindibles, adolecen de dos deficiencias: no integran todos los aspectos de una carretera de una manera global, en general son aproximaciones parciales; y son, en

muchos casos, de difícil comprensión por parte de la opinión pública, a la que le es difícil de entender, en muchas ocasiones, una jerga llena de tecnicismos.

Sin renunciar a los sistemas ya existentes, ni muchísimo menos, que tienen que continuar siendo instrumentos útiles en manos de los especialistas, el reto al que nos enfrentamos es poder disponer de un indicador capaz de ser comprensible para el gran público, que integre los diferentes aspectos de las características de una vía y que permita establecer objetivos de mejora a conseguir a corto, medio y largo plazo.

En el presente artículo explicaremos la iniciativa en la que estamos trabajando desde la Generalitat, conjuntamente con el Real Automovil Club de Cataluña (RACC), que es el protocolo de Clasificación por Estrellas (*Star Rating Score*, SRS), definida en el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (*International Road Assessment Program*, iRAP).

Básicamente, mediante la aplicación del protocolo SRS a una carretera, se pueden analizar y evaluar todas las características técnicas que determinan el nivel de seguridad que ofrece a los ocupantes de los vehículos que circulan por ella. En función de este nivel de seguridad, se le otorga a la carretera evaluada una calificación de entre una y cinco estrellas.

2. El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (*International Road Assessment Program* o iRAP)

El Programa Internacional de evaluación de Carreteras (*International Road Assessment Program*, iRAP) es una organización sin ánimo de lucro que tiene como objetivo la mejora de la seguridad vial. El programa es la organización paraguas para EuroRAP, AusRAP, KiwiRAP y sgRAP.

Calificación por estrellas (SRS, Star Rating Score) del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (Irap, International Road Assessment Program)

Actualmente hay Programas de Evaluación de Carreteras en más de 50 países de Europa, Asia Pacífico, América del Norte, América Central, América del Sur y África.

IRAP ha desarrollado diferentes protocolos que se usan de forma consistente para evaluar y mejorar la seguridad en las carreteras. La Calificación por estrellas (*Star Rating Score*) es uno de ellos y nos proporciona una medida simple y objetiva del nivel de seguridad que ofrece el diseño de una vía a los ocupantes de turismos, motocicletas, ciclistas y peatones.

La calificación por estrellas (SRS) es un método preventivo. Se mide el riesgo objetivo que ofrece una carretera en función de sus características técnicas. Este sistema tiene la ventaja de que la evaluación no está influida por la aleatoriedad, que sí afecta a los mapas de riesgo. En consecuencia, es mucho más útil cuando los datos de accidentalidad disminuyen a unos niveles en los que la determinación estadística de los tramos de concentración de accidentes se hace poco consistente.

La calificación por estrellas implica realizar una inspección de los elementos que se sabe influyen en la probabilidad de tener un accidente y/o en la gravedad de las consecuencias. En función de las características de estos elementos, se le otorga a la carretera una calificación que va entre una y cinco estrellas.

Las vías con prestaciones de seguridad viaria más adecuadas al tipo de circulación que soportan son las de cuatro o cinco estrellas. Si una vía tiene esta calificación, se puede afirmar que dispone de los elementos técnicos más apropiados para las velocidades de circulación que registra.

En contrapartida, las vías con prestaciones técnicas de seguridad viaria menos adecuadas al tipo de tráfico que soportan son las de una y dos estrellas. Estas vías son menos idóneas para circular de forma segura a las velocidades que registran.

La consecuencia de estas premisas es que, para una carretera de una o dos estrellas, hay dos posibilidades:

- Adaptar los elementos que influyen en la seguridad vial, de forma que la circulación a las velocidades habituales sea segura. Implica un plan de inversiones en elementos de seguridad que permitirán incrementar su calificación por estrellas.
- Adaptar la velocidad de circulación a las características de la carretera. Al disminuir la velocidad de circulación,

se reduce la posibilidad de tener un accidente y, si este sucede, sus consecuencias serán menos graves. Disminuir la velocidad de circulación de una carretera incrementa su calificación por estrellas.

El método de calificación por estrellas permite obtener resultados independientes para diferentes usuarios de las carreteras: turismos, motocicletas, ciclistas y peatones.

3. Metodología del protocolo SRS (Calificación por estrellas)

El primer trabajo que hay que hacer para obtener una calificación por estrellas es una inspección de la carretera con video. Las imágenes se registran con un vehículo especialmente equipado (cámara panorámica, gps, instrumentos de auscultación, etcétera).

Con esta grabación, se hace un trabajo de oficina, que consiste en codificar 54 atributos relacionados con la seguridad vial (curvas, intersecciones, barreras, obstáculos, señalización, velocidad, etc). Estos parámetros se determinan por tramos de 100 metros.

Los datos codificados se procesan a un programa llamado VIDA, que, en base a estudios internacionales de accidentalidad, relaciona los elementos codificados para cada tramo de 100 metros, con la posibilidad de tener diversos tipos de accidentes (frontal, por salida de vía, en intersecciones, etc).

Los datos obtenidos para cada 100 metros se integran para tener valores medios por tramos de suficiente longitud. A estos tramos se les asigna, en función del valor medio, una calificación que puede ir entre una y cinco estrellas. Cuantas más estrellas tenga el tramo, más adaptado estará a los últimos estándares de seguridad vial.

Una vez se ha evaluado el tramo de carretera que se analiza, el programa hace una estimación del número de accidentes que habrá en esa carretera si no se hace ninguna actuación. Básicamente, el número de accidentes dependerá de la calificación SRS del tramo (que define la probabilidad de tener accidentes y su gravedad) y el volumen de tráfico de la carretera (que, junto con la probabilidad, permitirá estimar el número de accidentes final).

Finalmente, el programa hace una propuesta de actuaciones que hay que efectuar para mejorar las prestaciones de seguridad viaria de la carretera. Esta propuesta de actua-

ciones se acompaña de la nueva calificación SRS, que proporcionaría a la carretera la actuación de mejora, así como la rentabilidad socioeconómica de la inversión (calculada en base al coste de la actuación y al ahorro social en términos de reducción de víctimas).

4. Experiencias internacionales

Diversos países utilizan la metodología SRS para establecer objetivos de gestión para la mejora continua de sus carreteras. Así, por ejemplo, Suecia quiere que el 75% de los viajes por carretera sean hechos en 2020 por carreteras de tres o cuatro estrellas. En los Países Bajos, el objetivo es que toda la red de carreteras nacionales tenga, al menos, tres estrellas en 2020, mientras que en Nueva Zelanda se pretende que todas las carreteras de "national significance" tengan cuatro estrellas. Es sorprendente, o quizás no, que estos países que han hecho suyo y establecido objetivos a través de este sistema sean justamente los países con menor índice de accidentalidad en sus carreteras.

Dentro del mundo de la seguridad vial, podemos encontrar un ejemplo cercano que nos puede hacer ver claramente la utilidad que puede tener la implementación de una metodología como el SRS. En el año 1996 empezó la historia de un programa de calificación por estrellas muy similar, el Euro NCAP, con el objetivo de evaluar las prestaciones de seguridad que ofrecen los vehículos que se fabrican.

A pesar del escepticismo inicial sobre la utilidad del programa Euro NCAP, su implementación generalizada ha derivado en una continua mejora de los estándares de seguridad de los vehículos, permitiendo obtener ventajas reales tanto a sus compradores como a la sociedad en su conjunto.

5. Conclusiones

El protocolo de clasificación por estrellas SRS es una potente metodología de evaluación de la seguridad vial de las carreteras, que, mediante un riguroso y objetivo sistema de análisis, permite la obtención de unos resultados intuitivos, muy fácilmente interpretables.

Parece obvio que cualquier ciudadano podrá entender muy fácilmente una clasificación tan simple como la propuesta por el IRAP, consistente en un valor comprendido en el rango de entre una y cinco estrellas. En nuestro entorno cultural, podemos encontrar multitud de elementos valorados mediante el mismo sistema de calificación por estrellas como, sin ir más lejos, en cosas tan cotidianas como los establecimientos hoteleros.

Pero más allá de lo que podría parecer una aproximación simplista, se esconde una idea mucho más interesante e importante, que es la voluntad de generar un mecanismo que permita la mejora del estándar global de nuestras carreteras, planteando objetivos de mejora integral a corto, medio y largo plazo, como ya hacen países de nuestro entorno referentes por lo que respecta a la seguridad viaria.

A veces, a las administraciones nos produce respeto ser evaluados por la sociedad civil. Esta evaluación debería de ser un ejercicio sano y habitual de autoexigencia, de obligación y de compromiso por la mejora y modernización, y además, debiera servir para dotarnos de un motivo más para demostrar a la sociedad la importancia de destinar a la carretera los recursos que necesita y que sin duda merece.

#46

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Los pavimentos con mezclas asfálticas porosas proporcionan confort y seguridad al usuario en situación de lluvia”

(Editorial, número 20)

#INGENIERÍA

La forma más fácil de trabajar con betunes asfálticos

The image shows a purple smartphone displaying the ditecpesa app interface. The app has a header with the logo and a grid of six main menu items: DESCUENTOS (Todas tus ofertas), BIBLIOTECA (Documentación técnica), CAMBIO DE PRECIOS (Actualizados día a día), NOTICIAS Y VÍDEOS (Novedades del sector), SEGURIDAD Y SALUD (Prevención), and MEDIO AMBIENTE (Somos sostenibles). Below the grid is a video player with a play button. Callouts point from external icons to these features: a discount tag icon to 'Descuentos', a bookshelf icon to 'Biblioteca', a hard hat icon to 'Seguridad y salud', a landscape icon to 'Medio Ambiente', and a tanker truck icon to 'Pedidos'.

Descuentos
Todas tus ofertas

Biblioteca
Documentación técnica

Seguridad y salud
Prevención

Medio Ambiente
Somos sostenibles

Pedidos
Realiza tus pedidos

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

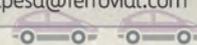
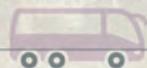
Ditecpesa es una empresa global dedicada a la comercialización y fabricación de betunes asfálticos, betunes modificados y emulsiones.

Descárgatela en:



ditecpesa

www.ditecpesa.com
ditecpesa@ferrovial.com



Estrategias de rehabilitación y mejora de firmes en redes locales

Miguel Ángel del Val, miguel.delval@upm.es

Universidad Politécnica de Madrid

Las carreteras locales tienen algunas particularidades en cuanto a sus características físicas, los volúmenes de tráfico que soportan y los presupuestos disponibles para su conservación. Por otro lado, en ellas no suelen estar implantados sistemas de gestión de firmes. Partiendo de estas premisas se propone en este artículo una metodología simplificada para la elaboración de estrategias de rehabilitación. Estas estrategias se basan en las técnicas más habituales y mejor adaptadas a este tipo de vías. La metodología que se presenta requiere clasificar las carreteras de una red local en función del estado del firme y de la importancia de la carretera. El estado del firme se valora mediante el Pavement Condition Index (PCI); la importancia de la carretera depende, por su parte, de su conectividad con otras redes, del tamaño de los núcleos de población a los que sirve, de la intensidad media diaria (IMD) y de la anchura de la plataforma. Se concluye que entre las técnicas consideradas se debe dar preferencia a las basadas en el empleo de las emulsiones bituminosas: únicamente así se puede conseguir la consecución de los objetivos técnicos planteados con unos costes globales compatibles con las limitaciones presupuestarias, así como sacar provecho de sus innegables ventajas ambientales.

Palabras clave: carretera local, firme, rehabilitación, sistema de gestión, estrategia de conservación, indicador de estado, deterioro, emulsión bituminosa

Local roads display specific features in terms of their physical characteristics, traffic volume, as well as the budget available for their maintenance and rehabilitation. On the other hand, they do not usually have pavement management systems. Given these basic premises, this article proposes a simplified methodology for the elaboration of rehabilitation strategies. These strategies are based on the most common and better-adapted techniques for this kind of roads. The methodology presented requires the classification of the local road network depending on the condition of the pavement and the importance of the road. The condition of the pavement is assessed through the Pavement Condition Index (PCI); the importance of the road depends on various factors, such as its connectivity with other roads, the size of the population centers it connects, the average daily traffic (ADT) and the carriageway width. The article concludes that among the considered techniques one must give preference to the ones based on the use of asphalt emulsions: only thus will it be possible to achieve the planned technical objectives with global costs compatible with the budget restrictions, as well as to benefit from its undeniable environmental advantages.

Keywords: local road, pavement, rehabilitation, management system, maintenance strategy, condition index, distress, asphalt emulsion

1. Introducción

El 23º Simposio de Vías y Obras de la Administración Local (Vyodeal), que se celebró en el Puerto de la Cruz (Tenerife) en marzo de 2016, se estructuró bajo el título genérico de "Gestión viaria y actividad turística en zonas de alto valor natural". Una de las sesiones del simposio estaba centrada en la rehabilitación y mejora de los firmes de las redes locales y a ella corresponde este texto. Después de que en esa sesión se hablase del reciclado, del empleo de subproductos, de las mezclas templadas con emulsión bituminosa y de diferentes propuestas y soluciones más o menos innovadoras se pretendía abordar la manera de establecer las estrategias de rehabilitación de firmes más adecuadas en las denominadas redes viarias de tercer nivel, es decir, las dependientes de las diputaciones provinciales, de los cabildos insulares canarios y de los consejos insulares de Baleares.

El contexto es perfectamente conocido. Salvo excepciones se trata de carreteras que soportan intensidades de tráfico relativamente bajas, pero que desempeñan un papel esencial en la ordenación del territorio, sobre todo en lo que se refiere a la accesibilidad que proporcionan a los núcleos de población más pequeños y a la conectividad entre las carreteras de los dos niveles superiores. Son carreteras que mayoritariamente arrastran, desde hace años, un déficit de conservación, por lo que el estado general de sus pavimentos dista de ser satisfactorio. A esa situación se ha llegado sobre todo porque los presupuestos disponibles han sido tradicionalmente insuficientes y porque, en ocasiones, su gestión no ha sido quizás la más apropiada (De Val, 2010).

En el anterior Vyodeal, celebrado en Zaragoza en 2014, el autor (Del Val, 2014) había hecho además expresa referencia a que los presupuestos se han manejado a menudo sin la debida transparencia y se han aplicado sin suficiente rigor; es más, en ocasiones únicamente en base a criterios de clientelismo político. Por otro lado, también abordó el autor en esa presentación las consecuencias negativas de una aplicación indiscriminada de las mezclas asfálticas en caliente en la rehabilitación de las redes locales, con repercusiones indeseables tanto en el comportamiento estructural de los firmes como incluso en las prestaciones funcionales de los pavimentos de cara a la seguridad de la circulación.

Los problemas señalados se paliarían en gran medida si las correspondientes administraciones tuvieran implantados

verdaderos sistemas de gestión de pavimentos, es decir, esas herramientas que según la OCDE constituyen el "procedimiento para coordinar y controlar las actividades de conservación, optimizando los recursos disponibles, es decir, maximizando el beneficio de los ciudadanos". Como es sabido, un sistema de gestión de pavimentos consta de cinco subsistemas: bases de datos, modelos de evolución o de comportamiento, estrategias de actuación, análisis económico y criterios de priorización. Desafortunadamente la implantación de un sistema de gestión de pavimentos realmente adaptado a la red que se pretende gestionar requiere de un cierto número de años, siendo quizás esta una de las razones, aunque no la única, por la cual la supuesta gestión no se basa en su empleo. Se debe, por tanto, asumir que una primera fase en la mejora de la gestión debería abordarse sin contar aún con una implantación completa de un verdadero sistema de gestión.

De todas formas, es preciso reconocer también que muchos de los problemas aparecidos en los últimos años en los firmes de las carreteras locales hubieran sido sensiblemente menores si en las asignaciones presupuestarias para estas redes se hubieran atendido los criterios de los ingenieros más experimentados que trabajan en las correspondientes administraciones.

2. Elaboración de las estrategias de conservación

Para desarrollar un programa de rehabilitación y mejora de firmes, incluyendo lógicamente las correspondientes previsiones presupuestarias, se requiere definir para cada posible situación la estrategia de conservación más adecuada, es decir, hay que seleccionar los tratamientos que serían aplicados y el momento de su aplicación. En un sistema de gestión las estrategias se elaboran a partir de matrices de deterioros, de matrices de rehabilitación o mediante árboles de decisión.

Las estrategias basadas en matrices de deterioros parten de la confección de una tabla con los tratamientos más comunes en función del tipo de red o del tipo firme; a continuación la administración decide a qué nivel de deterioro se aplica cada tratamiento. Por su parte, en las matrices de rehabilitación se enfrentan el tipo de carretera o el tipo de tráfico con el estado del pavimento, asociándose los tratamientos requeridos con cada cuadro de la matriz. Finalmente, los procesos basados en un árbol de decisiones pueden

manejar una variedad de criterios; un típico árbol de decisiones está formado por tres elementos: clase funcional de la carretera, tipo de superficie e indicador de estado del pavimento; para cada rama del árbol de decisión habrá una estrategia que incluirá las prácticas que emplee la administración normalmente.

Durante el proceso de elaboración de las estrategias de conservación serían posibles, en principio, varias combinaciones de tratamientos. Para elegir finalmente la estrategia se han de analizar económicamente todas las posibilidades técnicamente viables con las que se satisfagan los objetivos fijados. Los costes de las distintas estrategias se han de evaluar mediante la técnica del VAN (Valor actualizado neto), de manera que la estrategia seleccionada finalmente será la que resulte globalmente más económica.

3. Indicador de estado de los pavimentos

Las necesidades de mejora de un firme de carretera se deberían precisar a partir de un análisis en el que se hiciesen intervenir factores tales como su composición, las características de sus materiales, el historial de actuaciones a las que se ha sometido el firme, el tráfico pesado acumulado desde la puesta en servicio, las previsiones de tráfico futuro, las características climáticas de la zona, la situación en la que se encuentran los sistemas de desagüe y drenaje y el estado actual del firme. Este habría de ser valorado mediante una adecuada combinación de los resultados de una inspección visual y de auscultaciones, tanto de las características estructurales del firme como de las características superficiales del pavimento.

En las redes locales no es habitual contar con los resultados de campañas periódicas de auscultación; en el mejor de los casos las mediciones se llevan a cabo solamente cuando se va a proyectar una rehabilitación concreta. Sin embargo, resulta perfectamente factible llevar a cabo inspecciones visuales periódicas que permitan establecer un indicador global de deterioro, así como, incluso, su evolución en el tiempo.

En este sentido puede ser recomendable recurrir a la determinación del PCI (Pavement Condition Index), cuya definición y los criterios generales para su determinación están recogidos en la norma ASTM D 6433 – 07 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys) (ASTM, 2007). La aplicación práctica de lo establecido

Tabla 1. Correlación aproximada entre el valor del PCI y el estado del pavimento.

Valor del PCI	Estado del pavimento
0 - 10	Ruina
10 - 25	Muy malo
25 - 40	Malo
40 - 55	Regular
55 - 70	Aceptable
70 - 85	Satisfactorio
85 - 100	Muy bueno

en esta norma puede realizarse de diversas maneras. Incluso, diferentes administraciones de Estados Unidos han desarrollado sus propios procedimientos prácticos para la determinación del PCI. Por ejemplo, el New York State Department of Transportation elaboró en 2007 un documento titulado "The NYSDOT Pavement Condition Index (PCI)" (NYSDOT, 2010) en el que se contienen las directrices a seguir en ese estado; el documento forma parte de uno más amplio, titulado "Pavement Condition Assessment".

En definitiva, se utiliza una escala de valoración que va de 0 a 100, con la siguiente correlación aproximada entre el PCI y lo que sería una valoración meramente cualitativa (Tabla 1).

Según la citada norma ASTM la determinación del PCI debe llevarse a cabo en base a la valoración de 19 deterioros en el caso de firmes con pavimento asfáltico y de otros tantos en el caso de los pavimentos de hormigón; sin embargo, el procedimiento puede simplificarse notablemente siguiendo recomendaciones como la indicada del New York State Department of Transportation. Los deterioros considerados para los firmes con pavimento asfáltico son: piel de cocodrilo, exudación de ligante, agrietamiento en bloques, resaltos, depresiones, irregularidades de pequeña longitud de onda, grietas de borde, escalonamientos entre carriles o entre calzada y arcén, grietas reflejadas (longitudinales y transversales), baches, parcheos, áridos pulimentados, roderas, hundimiento en las rodadas, grietas de fluencia, peladuras, superficie erosionada y hundimientos en pasos ferroviarios a nivel.

El PCI constituye una buena valoración global del estado de un pavimento desde el punto de vista estructural y de la

regularidad superficial. Sin embargo, aunque se tienen en cuenta dos tipos de deterioros que pueden influir en la resistencia al deslizamiento (exudaciones y áridos pulimentados), no puede decirse que esta importantísima característica superficial quede adecuadamente reflejada mediante el PCI. De todas formas, es preciso reconocer que, desafortunadamente, en las redes locales no se suelen llevar a cabo mediciones periódicas de la resistencia al deslizamiento, a pesar de que una campaña resulta relativamente barata (unos 30 euros por kilómetro); en ese caso, por desgracia, no sería posible considerar de manera separada y precisa esta característica a la hora de definir estrategias de renovación superficial.

De todos modos, a los efectos de lo que aquí se plantea, los tramos de una red local podrían clasificarse simplemente en tres grupos por el estado de sus pavimentos: bueno ($PCI \geq 60$), regular ($60 > PCI > 35$) y malo ($PCI \leq 35$). Si fuese factible, debería además considerarse en tramos cuyos pavimentos tuviesen $PCI > 35$ (en los que, según su importancia, podría no actuarse prioritariamente o, incluso, no haber necesidad de ello si $PCI \geq 60$) la distinción entre los que tuvieran suficiente resistencia al deslizamiento y los que no. El umbral podría fijarse, por ejemplo, en un valor característico del coeficiente de rozamiento transversal (CRT) de 0,45.

4. Clasificación de las carreteras de una red local

La aplicación de una u otra estrategia y la prioridad para llevarla a cabo en un ejercicio presupuestario determinado van a depender por un lado del grado de deterioro del pavimento, pero por otro, lógicamente, de la jerarquía de la carretera en el ámbito de la red considerada. En el caso de las administraciones locales es posible encontrar distintas jerarquizaciones de sus respectivas redes, pero lo más habitual es una clasificación sencilla en la que se distingue una red primaria y una red secundaria, normalmente en función de la conexión con las redes viarias de mayor categoría y del tamaño de los núcleos de población a los que se da acceso.

Sin embargo, esta clasificación debería ser matizada considerando también con precisión la intensidad media diaria del tráfico (IMD), la anchura de la plataforma y, dependiendo de las redes, algunos otros aspectos. Obviamente los umbrales de cada criterio pueden variar apreciablemente dependiendo de la red local de la que se trate. Así, por ejemplo, el criterio de la IMD en una red provincial como la de Alicante

podría manejarse con umbrales en los 500 y en los 2.000 veh/día, mientras que, por el contrario, en una red provincial como la de Salamanca sería más adecuado que esos umbrales se fijasen en los 300 y en los 800 veh/día. En cuanto a las anchuras de las plataformas parece que pueden utilizarse con generalidad los umbrales utilizados en las estadísticas de longitudes de las redes viarias publicadas por el Ministerio de Fomento y el Instituto Nacional de Estadística: 5,0 y 7,0 m.

Aunque puede haber una marcada diferencia entre las distintas redes locales, se propone en definitiva que, utilizando los criterios indicados, se llegue en una determinada red local a establecer tres tipos de tramos de cara a la elaboración de estrategias: de importancia alta, de importancia media y de importancia baja (Pérez Cembranos, 2014).

5. Técnicas de rehabilitación y mejora

Teniendo en cuenta las características que en general tienen las distintas redes locales españolas y las tecnologías habitualmente disponibles, se consideran las técnicas de rehabilitación y mejora de firmes (para renovación superficial o rehabilitación estructural, según corresponda) que se incluyen en la Tabla 2.

En lo que se refiere a los riegos con gravilla es cierto que también podrían considerarse los monocapa (simple tratamiento superficial) y los tricapa (triple tratamiento superfi-

Tabla 2. Técnicas de rehabilitación y mejora de firmes para las redes locales.

• Riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)
• Lechada bituminosa (microaglomerado en frío)
• Mezcla bituminosa abierta en frío (espesor de capa de 4-5 cm)
• Mezcla bituminosa en caliente tipo asphalt concrete (espesor de capa de 5-7 cm)
• Zahorra artificial (espesor de 20-30 cm)
• Gravaemulsión (espesor de 6-10 cm)
• Reciclado in situ con emulsión bituminosa (espesor de 6-10 cm)
• Reciclado in situ con cemento (espesor de 20-30 cm)
• Reciclado in situ mixto (espesor de 12-18 cm)
• Fresado (espesor de 4-8 cm)

cial). El argumento para esa consideración sería que los primeros serían una opción especialmente económica, mientras que los últimos constituirían una solución más duradera. La experiencia muestra que la durabilidad de los bicapa es notablemente superior a la de los monocapa con solamente un pequeño incremento de los costes, mientras que, por otra parte, si los bicapa se aplican utilizando materiales de suficiente calidad y con una ejecución cuidadosa es innecesario recurrir a los tricapa.

A veces se señala como inconveniente para la utilización de los riegos con gravilla su eliminación del PG-3 desde 2004. Sin embargo, no debe olvidarse que existen unas prescripciones técnicas generales elaboradas en 2005 por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) (Del Val, 2005, 3). Su empleo en un proyecto solamente necesitaría el cambio de las denominaciones de las emulsiones por las actualmente recogidas en la normativa europea y el cambio de las especificaciones de los áridos para adaptarlas a las exigencias derivadas de su mercado CE (en línea con los llevados a cabo en los distintos artículos del PG-3).

En cuanto a los tratamientos superficiales mediante lechadas son los recogidos en el artículo 540 del PG-3 bajo la denominación de microaglomerados en frío. Estas prescripciones requieren determinadas particularizaciones para su aplicación en las redes locales. Cabe señalar, por ejemplo, la no necesidad en general de recurrir a emulsiones de betún modificado, la no necesidad del apisonado, salvo que se emplease la granulometría MICROF 11, y la posibilidad de emplear la granulometría MICROF 5 en capa única (especialmente en el caso de ser aplicadas para sellar las mezclas abiertas en frío).

En relación con las mezclas abiertas en frío hay que volver a hacer referencia a la inexistencia de prescripciones en el PG-3 desde 2004, como en el caso de los riegos con gravilla. Pero también en este caso están disponibles las prescripciones técnicas generales elaboradas en 2005 por ATEB (Del Val, 2005, 2), cuya particularización requiere en primer lugar, como en el caso de los riegos, el cambio de las denominaciones de las emulsiones bituminosas y, por otro lado, la adaptación de las especificaciones de los áridos a lo que impone su mercado CE. En otro orden de cosas, en el hipotético caso en que se quisiesen colocar las mezclas abiertas en frío en espesores relativamente importantes (8-10 cm), habría que extenderlas en dos capas, reservando, lógicamente, el sellado a la capa superior.

De las mezclas bituminosas en caliente del tipo *asphalt concrete* hay que subrayar, por encima de cualquier otra consideración, que su uso en las redes locales debería reservarse, al contrario de lo que ha sido lo habitual en las últimas tres décadas, a unas aplicaciones muy precisas, como por ejemplo su disposición sobre un soporte suficientemente rígido, como el que se obtiene mediante un reciclado in situ con cemento. En el caso en que se quisiesen colocar las mezclas en caliente del tipo *asphalt concrete* en espesores relativamente importantes (> 8 cm) habría que extenderlas en dos capas, pero en ningún caso la granulometría en la capa inferior debería ser la G (que, por otro lado, tendría que haber sido eliminada ya hace tiempo del artículo 542 del PG-3).

En las mezclas en caliente del tipo *asphalt concrete* deben tenerse presentes dos opciones técnicas, que podrían incluso utilizarse conjuntamente (es lo deseable): la fabricación a temperatura inferior a la habitual (se hablaría entonces con más propiedad de mezclas semicalientes) y la incorporación en la central de fabricación de material de fresado (RAP, Reclaimed Asphalt Pavement) en tasas que se situarían en principio entre el 15 y el 25%.

En las vías locales debe seguir considerándose en ocasiones, cómo no, la opción tradicional de rehabilitar un firme formado por capas granulares y un tratamiento superficial (que puede ser incluso una capa de mezcla de espesor reducido) mediante un escarificado de los centímetros superiores (eliminando totalmente por consiguiente dicho tratamiento superficial), previo a la extensión de una nueva capa granular, posteriormente revestida con un riego con gravilla. El éxito de estas rehabilitaciones no está tanto en el espesor (que debe estar, casi sin excepciones, entre los 20 y los 30 cm) como en una granulometría cuidada y en unos áridos especialmente limpios. Ciertamente allí donde se siguiese utilizando la aún más tradicional técnica del macadam se podría emplear en los mismos espesores indicados, con la ventaja adicional, entre otras, de poderse garantizar más fácilmente el agarre del riego con gravilla a su soporte.

Hay que seguir insistiendo, como ya se ha hecho en el pasado en tantísimas ocasiones, en la idoneidad de recurrir en las vías locales a la gravaemulsión, tanto para construcción nueva como para determinadas actuaciones de rehabilitación estructural. Los inconvenientes de la técnica (entre los cuales uno no menor es el de su coste de construcción, en general poco competitivo) quedan ampliamente compensa-

dos por ventajas tales como la versatilidad de todo tipo en la aplicación, la protección de la infraestructura frente a la acción del agua, la capacidad de autorreparación, etc. Una vez más hay que volver a hacer referencia a la ausencia de un artículo en el PG-3, pero a la posibilidad de utilizar el pliego de ATEB (Del Val, 2005, 1), con las obligadas particularizaciones a las que ya se ha aludido en los casos de los riegos con grava y de las mezclas abiertas en frío.

El reciclado in situ en frío con emulsión será una opción a considerar siempre que, de entrada, haya una importante superficie para rehabilitar estructuralmente. La efectividad del resultado es comparable en todo al conseguido mediante la extensión de una gravaemulsión, pero en absoluto es concurrente ni con los reciclados in situ con cemento ni con las soluciones basadas en el empleo de mezclas en caliente del tipo asphalt concrete, dado que sus campos de aplicación son totalmente diferentes. El principal problema es que las especificaciones oficiales existentes (las contenidas en el artículo 20 del PG-4) están obsoletas en buena medida, si bien esto queda compensado con la gran experiencia que ya hay acumulada en España en la aplicación de esta tecnología. No hay que olvidar que, como en el caso de la gravaemulsión, el resultado dependerá siempre de las condiciones ambientales con las que se ejecute el reciclado (mejor cuanto más caluroso y seco sea el tiempo que hace durante la obra) y que ha de colocarse siempre encima (tanto del reciclado como de la gravemulsión) un tratamiento superficial con el que hacer frente a los esfuerzos horizontales que se puedan producir, pero una vez que se haya producido la maduración completa de la capa. Debe considerarse que la maduración se acelera notablemente si se recurre a una técnica de reciclado templado. Bajo esta denominación se hace referencia a reciclados con emulsión, pero no hechos in situ, sino en planta, con tasa de RAP del 100%; se recurre a un cierto calentamiento (70 - 80 °C), lo que sirve luego, tras la puesta en obra, para acelerar el proceso de maduración de la mezcla.

Por su parte, el reciclado in situ con cemento debe considerarse como una forma de llegar a tener una especie de suelocemento a partir de los materiales preexistentes; por tanto, el firme final debe diseñarse bajo los principios de diseño de los firmes semirrígidos. El espesor mínimo que se debe considerar es de 20-22 cm, pudiéndose así hacer ya frente a tráfico pesados relativamente intensos. Sin embargo, es aconsejable en general ir a espesores algo mayores (25-30

cm) porque con un pequeño sobrecoste se consiguen comportamientos muchísimo mejores a medio y a largo plazo. Análogamente a lo que ocurre con los reciclados con emulsión las especificaciones oficiales (las contenidas en este caso en el artículo 21 del PG-4) están obsoletas.

La solución de reciclado in situ mixto es una buena opción para aunar las ventajas de los reciclados con cemento y con emulsión y para minimizar sus respectivas desventajas. Se trata de un reciclado con un 3-4% de emulsión y un 3-4% de cemento.

Finalmente en ocasiones hay que considerar el fresado como técnica complementaria para la rehabilitación y mejora, especialmente cuando hay un claro deterioro en la parte superior del firme (más aún si se aprecia el despegue de la capa de rodadura) y no se aplica una técnica de reciclado in situ. En cuanto al material que se obtiene (RAP), debe valorarse su eventual reciclado en central.

6. Propuesta de estrategias de rehabilitación

Como aproximación razonable se han considerado las estrategias que se detallan a continuación, las cuales, como es obvio, deberían adaptarse a cada red local en concreto.

Las estrategias de rehabilitación estructural (EE) consideradas son las que se han incluido en la Tabla 3.

Por su parte, las estrategias de rehabilitación superficial (ES), para hacer frente a situaciones de deslizamiento cuando no hay insuficiencia estructural, serían las incluidas en la Tabla 4.

Considerando, según lo indicado más arriba, la importancia de la carretera y el nivel de deterioro del pavimento una razonable aplicación de las distintas estrategias enunciadas podría ser la que se resume en la Tabla 5.

En cada casilla de la Tabla 5 se ha incluido un número que indicaría un posible orden de importancia de la actuación entre las consideradas para el conjunto de la red. Es una mera propuesta que debe tomarse únicamente como una primera aproximación.

7. Conclusiones

Una gestión eficiente de la conservación de los firmes de las redes locales de carreteras requiere la implantación de un verdadero sistema de gestión. Sin embargo, aun no existiendo,

Tabla 3. Estrategias de rehabilitación estructural.

EE1	Fresado y reposición (en espesores de 4 a 8 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores entre 5 y 12 cm). Se debe contemplar la posibilidad de que las capas de reposición y las inferiores del recrecimiento se fabriquen reciclando en central parte del material fresado (en tasas que estarían entre el 15 y el 25 %).
EE2	Recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores de 6 a 10 cm).
EE3	a) Reciclado in situ con cemento (en espesores de 20 a 30 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores de 8 a 12 cm). b) Reciclado in situ con cemento (en espesores de 20 a 30 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).
EE4	Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en frío (en un espesor de 4 cm).
EE5	Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de una lechada bituminosa (microaglomerado en frío).
EE6	Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).
EE7	Recrecimiento con mezcla bituminosa en frío (en espesores de 4 a 8 cm).
EE8	Recrecimiento con zahorra artificial (en espesores de 20 a 30 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).
EE9	Recrecimiento con gravaemulsión (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de una lechada bituminosa (microaglomerado en frío).
EE10	Recrecimiento con gravaemulsión (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).

Tabla 4. Estrategias de rehabilitación superficial.

ES1	Extensión de una mezcla bituminosa en frío en un espesor de 4 cm
ES2	Extensión de una lechada bituminosa gruesa (microaglomerado en frío)
ES3	Extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)

es posible una mejora de dicha gestión si se elaboran estrategias de rehabilitación y mejora que tengan en cuenta el empleo de técnicas acordes con las características de estas carreteras y en especial de sus firmes. Por otro lado, las estrategias se deben definir considerando la importancia concreta de cada vía y el estado del pavimento, tanto desde el punto de vista estructural como desde el de la resistencia al deslizamiento. Entre las técnicas consideradas se debe dar preferencia a las basadas en el empleo de las emulsiones bituminosas, puesto que únicamente de esta manera se puede conseguir la consecución de los objetivos técnicos planteados con unos costes globales compatibles con las limitaciones presupuestarias, así como aprovecharse de sus innegables ventajas ambientales.

8. Agradecimientos

El autor quiere dejar constancia de su agradecimiento a los ingenieros D. Miguel López-Bachiller, D. Jesús Díaz Minguela, D. Wouter van Bijsterveld y D. Jorge Antonio Moreno, por los enriquecedores comentarios al texto que le hicieron llegar en su momento.

9. Referencias

- ASTM International: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (ASTM D 6433 – 07), 48 pág., West Conshohocken, PA (USA), 2007

Estrategias de rehabilitación y mejora de firmes en redes locales

Tabla 5. Aplicación de las distintas estrategias según la importancia de la vía y el estado del firme.

Estado del firme	Estado estructural regular	Estado estructural malo	Insuficiente resistencia al deslizamiento (buen estado estructural)
Importancia de la vía			
Importancia alta	(5) EE2, EE3a, EE5	(4) EE1, EE3a, EE4	(1) ES1, ES2
Importancia media	(6) EE3b, EE5, EE6, EE7, EE9, EE10	(5) EE3b, EE4, EE5, EE6, EE9, EE10	(2) ES2, ES3
Importancia baja	(7) EE6, EE10	(6) EE6, EE8, EE10	(3) ES3

- Del Val, M. A.: Pliego de gravaemulsión, ATEB, 20 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_GRAVA.pdf
- Del Val, M. A.: Pliego de mezclas bituminosas abiertas en frío, ATEB, 19 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_MEZCLAS.pdf
- Del Val, M. A.: Pliego de tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, ATEB, 17 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_TRATAMIENT.pdf
- Del Val, M. A.: Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas, Asefma, 54 pág., Madrid, 2010. http://www.asefma.es/modules/mastop_publish/files/files_4ee5e7fb45d9f.pdf
- Del Val, M. A.: La conservación como prioridad de las políticas viarias en redes locales, 22º Symposium Nacional de Vías y Obras de la Administración Local, 9 pág., Zaragoza, 2014. <http://www.aecarretera.com/22vyodeal-presentaciones/presentaciones/Miguel%20angel%20del%20Val%20Politicavarias.pdf>
<http://vimeo.com/user14893125/review/90413455/9ddca014a>
- New York State Department of Transportation: Pavement Condition Assessment, NYSDOT, 142 pág., Albany, NY (USA), 2010
- Pérez Cembranos, D.: Elaboración de estrategias de conservación de pavimentos en redes secundarias de carreteras. Aplicación al caso de la red provincial de Salamanca, 125 pág., Trabajo fin de Máster (Máster Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2014

#47

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Reciclar neumáticos usados en mezclas asfálticas permite diseños de pavimentos muy silenciosos” (Número 20)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

Fernando Moreno-Navarro, fmoreno@ugr.es
M^a Carmen Rubio-Gámez, mcrubio@ugr.es
Miguel del Sol-Sánchez, msol@ugr.es
Gema García-Travé, labic@ugr.es

LabIC.UGR, Laboratorio de Ingeniería de la Construcción
de la Universidad de Granada

Esther Tomás-Fortún, esther.tomas@ciesm-intevia.com

CIESM-INTEVIA

Miguel Segarra-Martínez, msegarra@dragados.com

Dragados

Las condiciones climáticas a las que se ven expuestos los pavimentos asfálticos son un factor determinante en su comportamiento mecánico, siendo más acusado en regiones con climas extremos, donde es necesario desarrollar materiales que permitan alargar su vida de servicio sin que esto suponga un incremento de costes. Así, surge el proyecto FATE (Firmes Asfálticos para Temperaturas Extremas), cuyo objetivo es el desarrollo de una mezcla bituminosa de alto módulo de altas prestaciones mecánicas, modificada con fibras acrílicas. En esta publicación se exponen los resultados de los ensayos de laboratorio seleccionados con el objetivo de evaluar su comportamiento ante condiciones extremas (retracciones térmicas por bajas temperaturas, fisuración por fatiga, resistencia a roderas en presencia de agua, y resistencia a ciclos de hielo/deshielo.). Los resultados ponen de manifiesto que la mezcla de alto módulo con fibras se postula como un material alternativo a utilizar en pavimentos asfálticos sometidos a temperaturas extremas.

Palabras clave: Mezclas asfálticas, alto módulo, fibras acrílicas, climas severos

Climatic conditions are regarded as essential to the mechanical behaviour of asphalt pavements for roads, particularly in regions with an extreme climate. Thus there is the need to develop materials that can provide a longer service life under these conditions without incurring additional manufacturing costs. Therefore, the research project entitled FATE (Firmes Asfálticos para Temperaturas Extremas) aims to develop High Modulus Asphalt with the incorporation of acrylic fibres to improve its mechanical performance. This article presents the results obtained in laboratory tests carried out to evaluate the behaviour of the material under extreme climate conditions (low temperature cracking, rutting resistance, fatigue cracking, and water and freeze/thaw resistance). The results indicate that High Modulus Asphalt with acrylic fibres can be used as an alternative material in asphalt pavements for roads under extreme climate conditions.

Keywords: Asphalt mixture, high modulus, acrylic fibers, extreme climates

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

1. Introducción

En las últimas décadas, las mezclas de alto módulo (MAM) han sido utilizadas en firmes de carreteras y aeropuertos, presentando un buen comportamiento mecánico y una adecuada durabilidad [1-3], debido a la combinación de un esqueleto mineral continuo con un ligante de baja penetración, lo que las dota de una elevada rigidez y capacidad para absorber y disipar tensiones [4]. Este hecho permite reducir la aparición de patologías estructurales dado que se disminuyen los esfuerzos de tracción en la parte inferior de la capa bituminosa, y los esfuerzos de compresión en la zona superficial de la subbase [5]. Como resultado, se ha comprobado que es posible reducir el espesor del firme en torno a 20-23% [6, 7], lo que lleva a un importante ahorro de material. Además, este incremento de permite aumentar la resistencia a roderas, proporcionando mayor vida de servicio de la infraestructura.

Sin embargo, su elevada rigidez puede suponer el descenso de su resistencia a fatiga y fisuración térmica, sobre todo en regiones frías. Así, como principal medida para paliar estos tipos de fallo, las dotaciones de ligante empleadas en la fabricación de las MAM son relativamente altas (en el entorno del 5,5% sobre mezcla) [7]. Sin embargo, cuando las MAM se encuentran expuestas a temperaturas de servicio extremas que combinan épocas de muy baja y alta temperatura, es necesario realizar un diseño específico que garantice una solución de compromiso entre deformabilidad (para resistir los esfuerzos de fatiga y retracciones por baja temperatura) y rigidez (una adecuada capacidad portante a altas temperaturas para evitar la aparición de roderas).

En este contexto, una de las medidas adoptadas para evitar el fallo prematuro de las MAM consiste en disponer una capa de rodadura (adaptada al tráfico y al clima) para su uso como protección superficial del resto del firme. Otra solución está relacionada con la utilización de betunes de baja penetración modificados con polímeros, lo que mejora considerablemente la resistencia a fatiga y a deformaciones plásticas [7, 8]. No obstante, ambas medidas suponen un importante incremento de costes, ya que, por un lado, el empleo de una capa de rodadura protectora supone incrementar el espesor de la sección del firme (perdiendo así el valor añadido de reducción del espesor del paquete de firme al utilizar las MAM), mientras que la utilización de un betún modificado en la capa de base (la más gruesa de la sección del pavimento), hace

que el coste económico de la sección se incremente considerablemente, provocando la pérdida de rentabilidad en el uso de estas mezclas. Todo ello hace que habitualmente el empleo de MAM en firmes de carreteras en climas extremos no sea una solución económicamente competitiva, siendo por ello de interés el desarrollo de nuevas soluciones que permitan extender el uso de estas mezclas, y por tanto, sus beneficios asociados.

En base a estas consideraciones, uno de los objetivos establecidos por el proyecto de investigación FATE (Firmes Asfálticos para Temperaturas Extremas), llevado a cabo por Dragados, Ciesm-Intevia y el Laboratorio de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Granada (LabIC.UGR), es desarrollar mezclas de alto módulo de mayores prestaciones mecánicas y económicamente competitivas, que puedan ser empleadas en regiones con climas extremos. Con este propósito, este artículo se centra en el estudio de una MAM que incorpora fibras acrílicas (como aditivo innovador incorporado directamente durante el proceso de mezclado) [9] con el fin de mejorar su comportamiento mecánico y reducir su susceptibilidad térmica.

2. Metodología

2.1 Materiales

Durante el desarrollo de este estudio se analizó el comportamiento mecánico de 2 mezclas de alto módulo: una mezcla de referencia (MAM 1) fabricada con un betún convencional B 20/25 (penetración EN 1426: 20-25 0,1 mm; punto de reblandecimiento EN 1427: 61-71°C) y una mezcla con la misma formulación pero incorporando fibras acrílicas como elemento modificador (MAM 2). Los áridos empleados en la fabricación de las mezclas estudiadas fueron de origen calizo en sus diferentes fracciones 12/18 mm, 6/12 mm y 0/6 mm, presentando las características apropiadas para la construcción de firmes de carreteras (PG-3). El polvo mineral empleado como filler de aportación fue carbonato cálcico (CaCO_3).

Las fibras, Figura 1, utilizadas para la modificación de la mezcla MAM 2 son de naturaleza acrílica (con 1,17 g/cm³ de densidad, y entre 6 y 12 mm de longitud), las cuales son incorporadas a la mezcla para incrementar su cohesión tridimensional, y por tanto sus prestaciones mecánicas (objetivo



Figura 1. Aspecto visual de las fibras acrílicas utilizadas.

perseguido en el estudio). La dosificación utilizada fue de 0,3 % sobre el peso total de la mezcla, incorporada a la vez que los áridos para garantizar una dispersión uniforme de las mismas.

El encaje granulométrico de ambas mezclas fue el mismo, el cual corresponde a un esqueleto mineral continuo. De igual modo, ambas mezclas fueron fabricadas con el mismo contenido de betún (5,1 % sobre el peso total de la mezcla) para poder realizar un análisis comparativo fiable, siendo este porcentaje determinado a través del ensayo Marshall (NLT-159) y teniendo como principales criterios de diseño: la obtención de una mezcla ligeramente cerrada (para disminuir su susceptibilidad al agua y a los ciclos de hielo-deshielo); y el uso de un contenido de ligante no demasiado elevado para no encarecer el coste de las mezclas. La Tabla 1 recoge las principales características de las dos mezclas estudiadas. En este punto, es interesante destacar que al tratarse de fibras acrílicas (las cuales no absorben ligante), durante la fabricación de las mez-

Tabla 1. Principales propiedades de las mezclas estudiadas.

Características	MAM 1	MAM 2
Tipo de betún	20/25	20/25
Contenido de fibras (% s/m)	0	0,3
Contenido óptimo de betún (%)	5,1	5,1
Densidad máxima (g/cm ³)	2,625	2,652
Densidad aparente (g/cm ³)	2,534	2,515
Contenido de huecos (%)	3,3	3,5
Estabilidad (kN)	15,571	15,146
Deformación (mm)	3,5	4,0

clas de tipo MAM 2 no se observó ninguna anomalía en relación a carencia de betún o falta de envuelta del árido.

2.2 Plan de trabajo

Para analizar la influencia de las fibras acrílicas en el comportamiento mecánico de la mezcla de alto módulo, se llevaron a cabo diferentes ensayos de laboratorio reproduciendo distintas condiciones de servicio a las que estará sometido este material en firmes de carreteras en climas extremos, analizando así distintos aspectos que pueden afectar el comportamiento a largo plazo de las MAM (resistencia al agua y ciclos de hielo/deshielo, retracciones térmicas por bajas temperaturas, fisuración por fatiga, capacidad portante a diferentes temperaturas, y deformaciones plásticas en presencia de agua), de acuerdo con la Tabla 2.

(i) Análisis de la susceptibilidad al agua y al hielo/deshielo

Para el estudio del efecto de la lluvia y la humedad en los pavimentos de carreteras, se realizó un ensayo de sensibilidad al agua de acuerdo a la norma EN 12697-12 [10], pero incluyendo condiciones extremas como baja energía de compactación (simulando así la situación más desfavorable que puede tener lugar durante la construcción del firme a bajas temperaturas) y ciclos de hielo/deshielo (para analizar el efecto del agua en climas fríos). Este ensayo implicó la fabricación de 6 probetas, compactadas con 35 golpes aplicados con el martillo Marshall, que fueron divididas en dos grupos: seco y húmedo. Las probetas en condiciones secas fueron almacenadas a temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$), mientras que las húmedas fueron sometidas a un proceso de saturación de 30 ± 5 minutos bajo una presión de $6,7 \pm 0,3$ kPa, para posteriormente ser sumergidas en agua a 40°C durante 72 horas. Pasado ese tiempo, esas mismas probetas se almacenaron a -18°C durante 16 horas, para finalmente ser sumergidas en agua a 60°C hasta la descongelación del agua contenida. Una vez realizados los procesos de acondicionamiento de las probetas, éstas fueron sometidas a rotura para determinar su resistencia a la tracción indirecta (EN 12697-23) [11] a una temperatura de 25°C . Los resultados obtenidos fueron el valor de resistencia a la tracción indirecta para cada grupo y el índice de resistencia a la tracción, obtenido como el porcentaje de resistencia conservada tras el acondicionamiento en agua y los ciclos de hielo/deshielo.

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

Tabla 2. Resumen del plan de trabajo.

Tipo de ensayo	Normativa	Temperatura (°C)	Número de probetas	Observaciones
Sensibilidad al agua	EN 12697-12	25	6	Inclusión de ciclos hielo-deshielo
Rodadura	EN 12697-22	60	2	-
Triaxial confinado	EN 12697-25 Método B	40	3	Carga confinamiento: 120 kPa Carga axial: 300 kPa Frecuencia: 3 Hz Número de ciclos: 10.000
		50	3	
		60	3	
		70	3	
Módulo de rigidez	EN 12697-26, Anexo C	0	2	-
		10	2	
		20	2	
		30	2	
		40	2	
Fatiga a 4 puntos	EN 12697-24, Anexo D	10	12	Ensayo a deformación controlada: 250, 200, 150, 100 $\mu\text{m}/\text{m}$. Frecuencia 10 Hz
Resistencia a la fisuración a bajas temperaturas	EN 12697-46	Desde 10 a -30	3	-
UGR-FACT	-	20	3	-

(ii) Estudio de la resistencia a las deformaciones plásticas

Por otra parte, para evaluar la resistencia a deformaciones plásticas de las mezclas, además del tradicional ensayo de rodadura (EN 12697-22) [12], se utilizaron el ensayo triaxial cíclico confinado (EN 12697-25) a diferentes temperaturas, y el ensayo de Hamburgo bajo agua. El ensayo de rodadura (EN 12697-22) consiste en la aplicación de una carga (700 N) sobre dos probetas prismáticas (408 mm x 256 mm x 60 mm) a través de repetidas pasadas (10.000 ciclos) de una rueda, estando el equipo dentro de una cámara a 60°C. En cada ciclo de carga se registró la medida de la deformación de la mezcla, obteniendo así la pendiente de deformación en los últimos 5.000 ciclos (parámetro conocido como WTS, mm/10³ ciclos de carga). Este mismo procedimiento fue aplicado para el ensayo de Hamburgo, salvo que en este último caso las probetas son sumergidas en agua a 60°C durante la ejecución del ensayo. Este procedimiento se utiliza para la determinación de la resistencia a deformaciones plásticas de la mezcla a altas temperaturas y en presencia de agua, de forma que el estudio del comportamiento ante este ensayo puede resultar clave para garantizar su buena respuesta.

Por su parte, el ensayo triaxial (EN 12697-25, método B) [13] se utiliza para la determinación de la resistencia a deformaciones plásticas bajo cargas de confinamiento a altas temperaturas, evaluando el comportamiento mecánico de la mezcla bajo condiciones más realistas, combinando los esfuerzos cíclicos de compresión por la acción del tráfico con los esfuerzos de cortantes aparecidos durante la vida de servicio. Así, dicho ensayo consiste en la aplicación combinada a temperatura constante (durante el estudio se evaluaron diferentes temperaturas 40, 50, 60 y 70°C), de una carga de confinamiento (en torno a los 120 kPa) y otra axial cíclica sinusoidal desfasada en el origen de valor (en torno a los 300 kPa), bajo una frecuencia de 3 Hz durante 10.000 ciclos de carga. Para este ensayo se utilizaron dos probetas de 101,6 mm de diámetro y altura aserrada de 50 mm, para cada temperatura de ensayo. Como resultados, los parámetros de fluencia y deformación permanente de cada mezcla vienen determinados como la media de los valores obtenidos para cada par de probetas ensayadas.

(iii) Capacidad portante

La capacidad portante de las mezclas fue evaluada mediante el ensayo de rigidez (UNE-EN 12697-26, anexo C)

[14] a diferentes temperaturas (0, 10, 20, 30 y 40°C), de manera que se pudo analizar su evolución en orden a garantizar que la capacidad portante de las mezclas no va a verse afectada en función de la época del año. Este ensayo se llevó a cabo sobre probetas cilíndricas (altura entre 50-75 mm, y diámetro próximo a 101,6 mm) aplicando 10 pulsos de carga para ajustar la amplitud y duración de la carga, y posteriormente otros 5 pulsos para determinar la rigidez del material. Este mismo procedimiento fue repetido sobre otro diámetro de la probeta situado a $90\pm 10^\circ$ en relación al caso anterior, pudiendo así obtener un valor medio del módulo de rigidez a partir de las medidas en ambos diámetros.

(iv) Resistencia a la fatiga

Por otra parte, para poder garantizar el buen comportamiento de las mezclas a largo plazo, éstas fueron sometidas al ensayo de fatiga a 4 puntos (UNE-EN 12697-24, anexo D) [15]. No obstante, a pesar de que para las mezclas de alto módulo el PG-3 exige la realización de este ensayo a 20 °C, en este proyecto se llevó a cabo a una temperatura más severa de 10 °C (aunque la mezcla MAM 1 de referencia fue también evaluada a 20 °C para tener un valor comparativo). Las amplitudes de deformación estudiadas fueron 250 $\mu\text{m}/\text{m}$; 200 $\mu\text{m}/\text{m}$; 150 $\mu\text{m}/\text{m}$ and 100 $\mu\text{m}/\text{m}$, utilizando 3 probetas para cada nivel de deformación.

(v) Fisuración por retracciones térmicas

Para evaluar la resistencia de las mezclas a la fisuración por retracciones térmicas a bajas temperaturas, se utilizó el ensayo conocido internacionalmente como TSRST (EN 12697-46) [16]. Durante este ensayo, las probetas (160 mm x 50 mm x 50 mm) son fijadas a una determinada longitud mientras que la temperatura es reducida a un ritmo de -10 K/h desde 10°C hasta -30°C. Este proceso de descenso de temperatura provoca la retracción del material que está sujeto a una determinada longitud, y por tanto, éste se ve sometido a tensiones y causa su fallo.

(vi) Fisuración por fatiga

Finalmente, se utilizó el ensayo UGR-FACT para estudiar la combinación de las acciones del tráfico y los gradientes térmicos [17]. Este ensayo fue desarrollado en el Laboratorio de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Granada (LabIC.UGR). El dispositivo utilizado se compone de una base, Figura 2a, dos apoyos en los que se fijan las probetas, Figura 2b, y un actuador de aplicación de carga, Figura 2c. La base está provista de una plataforma sobre la que se disponen dos carriles para el deslizamiento de los apoyos, así como de dos vástagos verticales en los que se colocan los dispositivos para medir las deformaciones verticales producidas en el material, Figura 2d. Los dos apoyos están compuestos por un carro

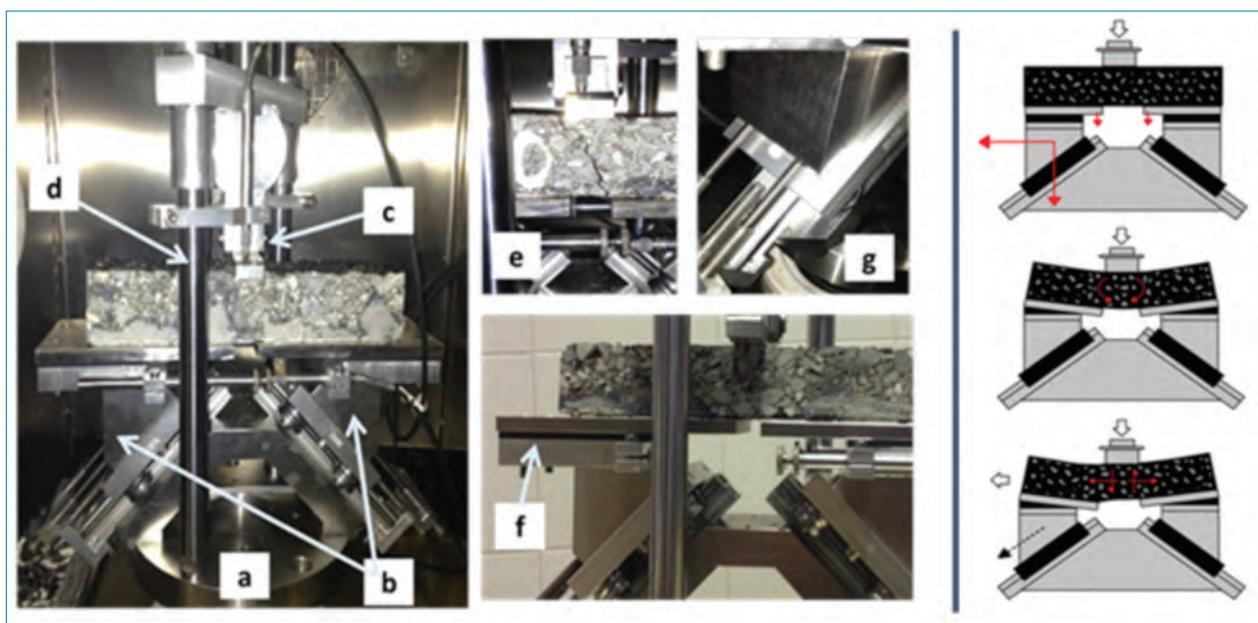


Figura 2. Esquema de la configuración del dispositivo de ensayo UGR-FACT.

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

(adaptado a la forma del carril, para permitir su deslizamiento sin cabeceos ni movimientos diferenciales), así como por una placa metálica (sobre la que se pega la probeta mediante resina epoxy) en la que se ubican los LVDT's para medir las deformaciones horizontales en la parte inferior de la probeta, Figura 2e. Además, bajo estas placas de apoyo existen dos elementos elásticos, Figura 2f, de caucho que permiten la flexión del material. La distancia entre las placas puede variar con el fin de reproducir distintas condiciones de servicio y fallo de las capas inferiores (fisuración, pre-fisuración, juntas de dilatación, etc.). Por otro lado, en la parte inferior de los carros se disponen dos muelles elásticos recuperadores, que simulan el efecto de las capas subyacentes del firme, Figura 2g.

Esta configuración del dispositivo de ensayo permite reproducir las tensiones horizontales y verticales a las que estará sometida la mezcla bituminosa durante su vida de servicio en el firme, simulando así los esfuerzos de flexión, cortante y tracción debidos a las cargas del tráfico y los gradientes térmicos. Este método de ensayo es por tanto capaz de generar y propagar un proceso controlado de fisuración por fatiga en la probeta estudiada, el cual puede ser examinado a través del estudio de la energía disipada por el volumen de material en el que tiene lugar (evitando así la aleatoriedad y dispersión tridimensional de este fenómeno). De esta forma, el daño aparecido en el material puede ser cuantificado de acuerdo con el hecho de que solo la diferencia de energía disipada de un ciclo a otro provoca degradación en el material [18, 19]. Así, el valor de RDEC (tasa de variación de energía disipada, Ratio of Dissipated Energy Change) acumulado (1), puede ser utilizado para calcular el parámetro de daño me-

dio del material (γ), el cual es un valor empleado para establecer una referencia de la resistencia a la fisuración por fatiga de las mezclas estudiadas [18] (2).

$$RDEC_{n+1} = \omega_{n+1} - \omega_n \omega_n \quad (1)$$

Donde ω_n es el valor de densidad de energía disipada en el ciclo n (en J/m^3); y ω_{n+1} es el valor en el ciclo $n+1$.

$$\gamma = i = 1/N_f RDEC_i N_f \quad (2)$$

Donde N_f es el ciclo de fallo del material para el cual se produce su fisuración completa.

3. Análisis y discusión de resultados

3.1 Sensibilidad al agua

La Figura 3a muestra el resumen de resultados obtenidos para ambas mezclas en el ensayo de sensibilidad al agua con ciclos de congelación-descongelación. Como se puede observar, a pesar de que la incorporación de fibras no supone una mejora en las propiedades de la mezcla ante esta patología, en ambos casos la resistencia conservada tras el acondicionamiento en agua y los ciclos de hielo/deshielo es satisfactoria. Por otra parte, destaca el hecho de que la resistencia a tracción indirecta aumente tras el acondicionamiento en la mezcla patrón. No obstante, este aspecto coincide con los resultados obtenidos en un proyecto llevado a cabo en Polonia (SPENS) en el que tras ensayar diversas mezclas de alto módulo utilizando este sistema de ensayo

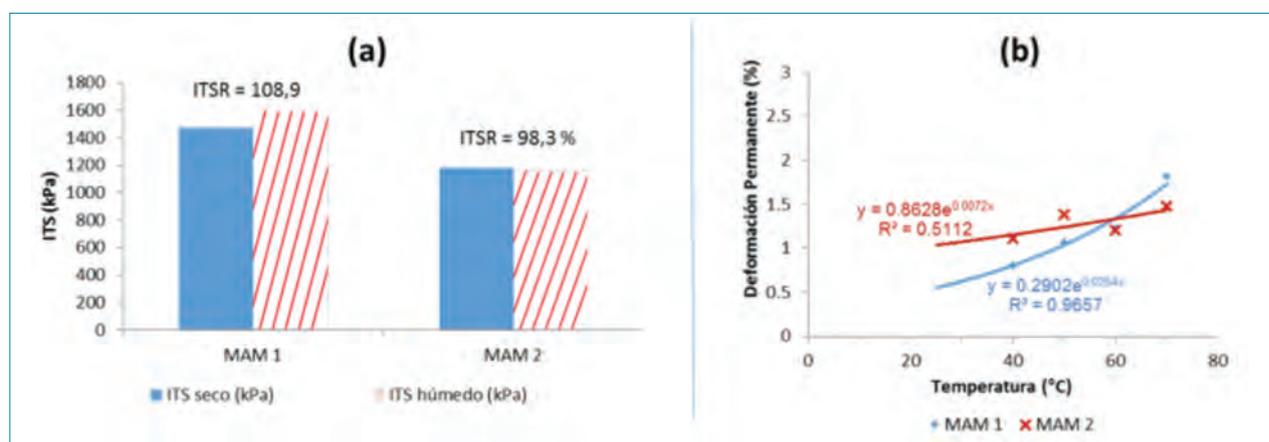


Figura 3. Resultados del ensayo sensibilidad al agua (a) y del ensayo triaxial cíclico (b).

Tabla 3. Resultados de los ensayos de rodadura y Hamburgo.

Propiedades	Resultados para ambos tipos de mezcla				
	Rodadura		Hamburgo		
	MAM 1	MAM 2	MAM 1	MAM 2	
Densidad (g/cm ³)	Probeta 1	2,515	2,497	2,526	2,517
	Probeta 2	2,521	2,507	2,532	2,513
	Media	2,518	2,502	2,529	2,515
WTS (mm/1.000 cycles)	Probeta 1	0,130	0,111	0,320	0,080
	Probeta 2	0,175	0,070	0,360	0,040
	Media	0,153	0,091	0,340	0,060
Deformación final (mm)	Probeta 1	3,243	3,511	5,670	2,190
	Probeta 2	3,778	3,007	6,380	1,860
	Media	3,511	3,259	6,000	2,000

(con ciclos de congelación-descongelación), los resultados de resistencia conservada han mostrado valores de 114%, 118%, 104%, 107% o 121% [20, 21].

3.2 Ensayo de rodadura

Los resultados del ensayo de rodadura (EN 12697-22) están recogidos en la Tabla 3 (junto a los resultados del ensayo de Hamburgo) para ambas mezclas, MAM 1 y MAM 2. En este caso, el hecho de adicionar fibras a la mezcla mejora su resistencia a deformaciones plásticas, de manera que podemos destacar un efecto positivo en el comportamiento de la mezcla tras incorporar este aditivo, lo cual puede estar relacionado con el desarrollo de una red interna tridimensional que permite distribuir las tensiones y reducir las deformaciones permanentes del material. Este mismo efecto ha sido encontrado en otros estudios en los que se han utilizado otros tipos de fibras [9]. En base a estos resultados, se puede comprender que la mezcla con fibras permite reducir la aparición de roderas en firmes asfálticos sometidos a elevadas temperaturas durante periodos calurosos.

3.3 Ensayo de Hamburgo

Durante el estudio también se evaluó el comportamiento a deformaciones plásticas de las mezclas en presencia de agua a través del método de Hamburgo. Los resultados obtenidos vienen recogidos en la Tabla 3. En ella se muestra como el efecto

del agua causa una notable degradación en la resistencia a deformaciones plásticas de la mezcla de referencia, mientras que la mezcla con fibras mantiene sus propiedades demostrando una buena resistencia ante deformaciones plásticas. De esta forma, es posible comprobar que ante condiciones de servicio desfavorables, el efecto beneficioso de las fibras para reducir la aparición de roderas es incluso más acentuado.

3.4 Ensayo de triaxial

La Figura 3b recoge los resultados obtenidos en el ensayo triaxial para evaluar la resistencia a deformaciones plásticas de ambas mezclas en función de la temperatura de servicio. A partir de los resultados se puede ver que ambas mezclas se comportan satisfactoriamente para las diferentes temperaturas, pero de nuevo, se comprueba que la incorporación de fibras lleva a menores valores de deformación permanente ante temperaturas extremas, obteniendo así un comportamiento más estable y menos susceptible a las variaciones térmicas, lo que es particularmente beneficioso en climas con amplias oscilaciones térmicas donde se pueden alcanzar elevados valores de temperatura.

3.5 Ensayo de rigidez

La Figura 4a recoge los resultados de los ensayos de rigidez a diferentes temperaturas. Como se puede observar, la presencia de las fibras reduce ligeramente la capacidad portante

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

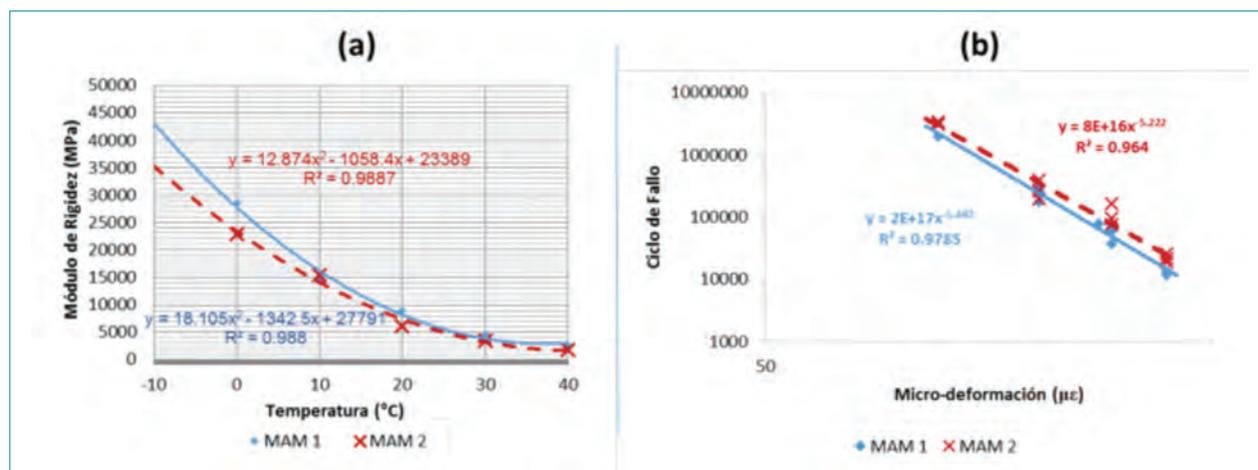


Figura 4. Resultados de módulo de rigidez en función de la temperatura (a) y de resistencia a fatiga (b).

de la mezcla a bajas temperaturas (valores inferiores a 10°C). Sin embargo, dado que este hecho no supone una pérdida de resistencia ante deformaciones plásticas (tal y como han demostrado los ensayos anteriores), este descenso de rigidez podría suponer un aspecto positivo para mejorar la resistencia a fatiga a bajas temperaturas dado que hace que la mezcla no sea tan rígida y vítrea, permitiendo mayores deformaciones antes de que se produzca su fallo por fisuración. Este mismo fenómeno de reducción de rigidez (consiguiendo un material más flexible) también ha sido encontrado en otros estudios que han incorporado otros tipos de fibras [22, 23].

3.6 Fatiga a 4 puntos

La Figura 4b muestra los resultados del ensayo de fatiga obtenidos para ambas mezclas ante diferentes niveles de deformación. En consonancia con los resultados obtenidos en el ensayo de módulo de rigidez, así como con otros estudios desarrollados para materiales similares [20], la adición de fibras acrílicas mejora la resistencia a fatiga de las MAM para cualquier nivel de deformación aplicado, ya que se obtiene un material más flexible y elástico. De esta forma, se puede comprobar que a pesar del descenso de rigidez registrado al incorporar fibras, la MAM con este aditivo resiste mayor número de ciclos de carga antes de agotar sus prestaciones mecánicas y de que tenga lugar su fisuración.

3.7 Resistencia a la fisuración a bajas temperaturas

Los resultados obtenidos en el ensayo TSRST, que permite evaluar la resistencia de las mezclas bituminosas a la fisu-

ración a bajas temperaturas (asociadas a retracciones térmicas) se muestran en la Figura 5. A partir de estos resultados se puede comprobar que la MAM con fibras es menos susceptible a la temperatura que la mezcla patrón, la cual se ve claramente afectada a temperaturas inferiores a -15°C, provocando el fallo del material, mientras que en el caso de la MAM con fibras las primeras variaciones de tensión se registraron para temperaturas inferiores a -25°C. Este hecho puede ser debido a la formación de una red tridimensional de las fibras acrílicas dentro de la mezcla, que permiten una mejor distribución de las tensiones generadas por la retracción del material ante el descenso de temperatura.

3.8 Ensayo UGR-FACT

Para analizar la resistencia a la fisuración, y su propagación, de acuerdo al ensayo UGR-FACT, la Figura 6a muestra los valores del parámetro de daño medio para cada mezcla, mientras que la Figura 6b presenta la evolución del daño registrado por las MAM en términos del valor medio acumulado del RDEC. Los resultados indican que el valor de daño de la MAM 1 es aproximadamente el doble que el registrado para esa misma mezcla, pero con fibras, lo que pone de manifiesto que el uso de este aditivo lleva a mayor resistencia al efecto de fatiga provocado por la combinación de cargas del tráfico y gradientes térmicos. Por su parte, la Figura 6b muestra que la propagación del daño causada en la mezcla es considerablemente reducida en el caso de la MAM 2, lo que indica que el uso de fi-

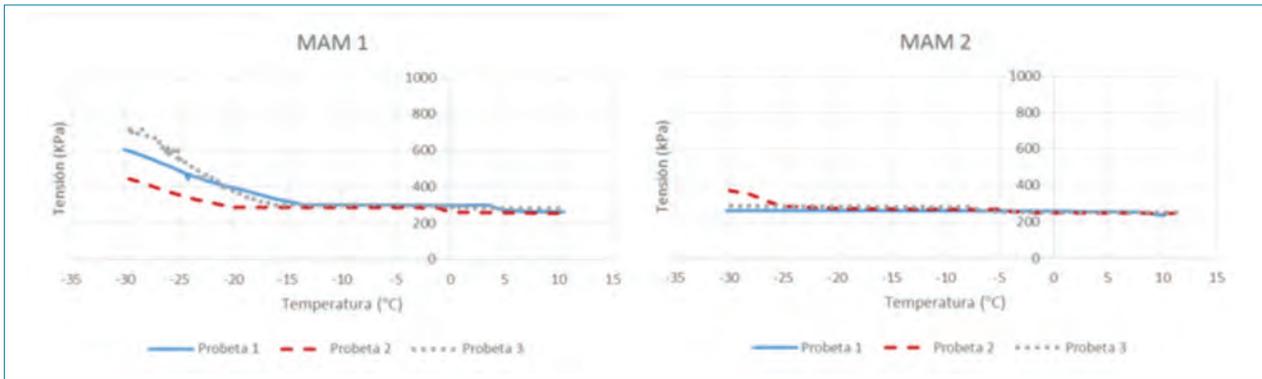


Figura 5. Resultados del ensayo TSRST.

bras acrílicas permitiría incrementar de forma acentuada la vida de servicio de estos materiales en firmes de carreteras.

4. Conclusiones

A continuación se aportan las conclusiones más significativas en base a los resultados obtenidos:

- El uso de fibras acrílicas no afecta a la susceptibilidad al agua y a ciclos de hielo-deshielo de las mezclas de alto módulo. La mezcla con fibras presentó una baja susceptibilidad a la presencia de agua y hielo.
- La incorporación de fibras acrílicas a las mezclas de alto módulo aporta mayor resistencia a las deformaciones plásticas (incluso ante la presencia de agua), a la vez que

se disminuye su susceptibilidad a la temperatura, y la posibilidad de formación de roderas.

- La adición de fibras disminuye la rigidez de la MAM a bajas temperaturas, no obstante, esto no ocasiona efectos negativos en la resistencia a deformaciones plásticas, y por otra parte mejora la vida a fatiga de la mezcla dado que se incrementa su flexibilidad.
- A bajas temperaturas, la presencia de fibras acrílicas mejora la distribución de tensiones internas causadas por la retracción del material ante el descenso de temperatura. De esta forma, este aditivo permite mejorar el comportamiento mecánico de las mezclas de alto módulo en regiones con un clima frío.
- La MAM fabricada con fibras acrílicas presentó mayor resistencia al efecto combinado de las cargas del tráfico y los gradientes térmicos. Además, se vio que las fibras per-

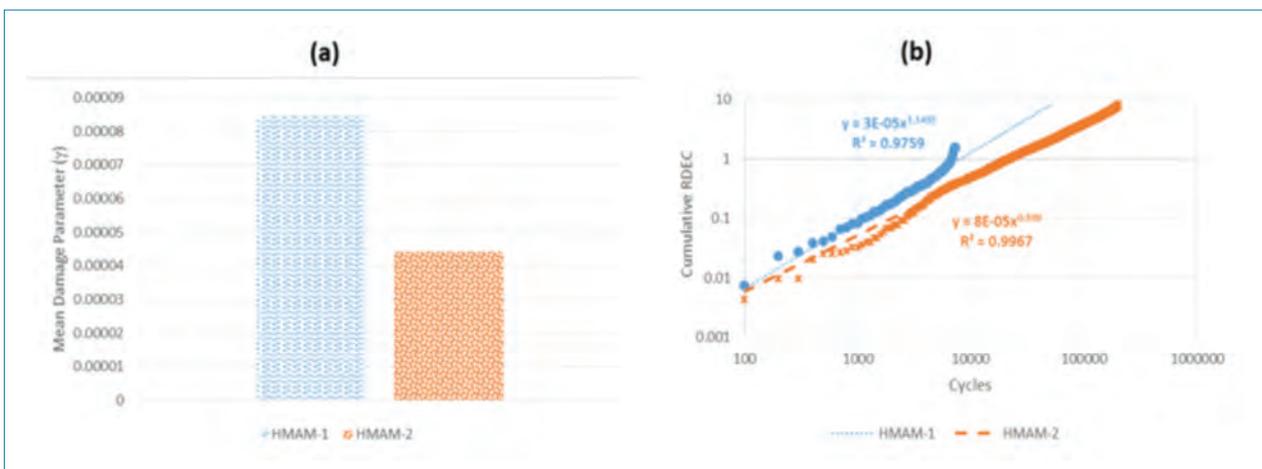


Figura 6. Resultados del ensayo UGR-FACT. a) parámetro de daño medio; b) evolución del acumulado de RDEC.

Mezclas de alto módulo con fibras acrílicas para su empleo en zonas climáticas severas

miten mejorar la respuesta a largo plazo de las mezclas asfálticas, lo que contribuye a alargar la vida de servicio de los firmes de carreteras.

5. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la financiación recibida para la realización de este estudio que forma parte del proyecto de I+D "Firmes Asfálticos para Temperaturas Extremas (FATE)", referencia IPT-2012-0977-370000, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 2012-2015 y cofinanciado por el fondo FEDER.

6. Referencias

- [1] Diefenderfer, B. K., y Maupin, G.W. 2010. Field trials of high-modulus-high-binder-content base layer hot-mix asphalt mixtures. Research Report VTRC 17-R2, Virginia Transportation Research Council.
- [2] Nkgapele, M., Denneman, E., Anochie-Boateng, J.K.. 2012. Construction of a high modulus asphalt trial section Ethekwini: South Africa's first practical experience with design, manufacturing and paving. Proceedings of the 31st Southern African Transport Conference (SATC).
- [3] Liu, Y. Q. 2007. Application technology study on high modulus hot mix asphalt concrete. Commun Res. Inst. Liaoning Province.
- [4] Corté, J. F. 2003. Development and uses of hard grade asphalt and of high modulus asphalt mixes in France. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 503, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D. C., TRB, pp. 12-30.
- [5] Lee, H. J., Lee, J.H., Park, H.M.. 2007. Performance evaluation of high modulus asphalt mixtures for long life pavements. Construction and Building Materials, Vol. 21, pp. 1079-1087.
- [6] Catalogue des structures types de chaussées neuves de la direction des routes. LCPC/SETRA, 1998.
- [7] Ruiz, A. 2002. Mezclas de Alto Módulo. Jornadas para Jefes de Obras de Probisa, Madrid.
- [8] Bankowski, W., Tusar, M., Wiman, L.G. 2009. Laboratory and Field Implementation of high modulus asphalt concrete. Requirements for HMAC mix design and pavement design. Sustainable Pavements for European New Members States, SPENS. European Commission DG Research, 6th Framework Programme, Sustainable Surface Transport.
- [9] Abtahi, S. M., Sheikhzadeh, M., Hejazi, S.M. 2010. Fiber-reinforced asphalt-concrete – A review. Construction and Building Materials. Vol. 24, pp. 871-877.
- [10] EN 12697-12: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Determination of the water sensitivity of bituminous specimens. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2009.
- [11] EN 12697-23: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 23: Determination of the indirect tensile strength of bituminous specimens. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2004.
- [12] EN 12697-22: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2008.
- [13] EN 12697-25, method B: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 25: Cyclic compression test. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2006.
- [14] EN 12697-26, annex C: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 26: Stiffness. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2012.
- [15] EN 12697-24, annex D: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 24: Resistance to fatigue. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2012.
- [16] EN 12697-46: Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Low temperature cracking and properties by uniaxial tension tests. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 2013.
- [17] Moreno-Navarro, F., Rubio-Gámez, M.C. 2013. UGR-FACT test for the study of fatigue cracking in bituminous mixes. Construction and Building Materials, 43, pp. 184-190.
- [18] Moreno-Navarro, F., Rubio-Gámez, M.C. 2014. Mean

damage parameter for the characterization of fatigue cracking behavior in bituminous mixes. *Materials and design*, 54, pp. 748-754.

- [19] Shen, S., Carpenter, S. H. 2007. Dissipated energy concepts for HMA performance: fatigue and healing. Center of Excellence for Airport Technology, COE Report No. 29, Technical Report of Research, Federal Aviation Administration. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL.
- [20] Xu, Q., Chen, H., Prozzi, J.A. 2010. Performance of fiber reinforced asphalt concrete under environmental temperature and water effects. *Construction and Building Materials*, Vol. 24, pp. 2003-2010.
- [21] Anurag, K., Xiao, F., Amirkhanian, S. 2009. Laboratory investigation of indirect tensile strength using roofing polyester waste fibers in hot mix asphalt. *Construction and Building Materials*, Vol. 23, pp. 2035-2040.
- [22] Ye, Q., Wu, S., Li, N. 2009. Investigation of the dynamic and fatigue properties of fiber-modified asphalt mixtures. *International Journal of Fatigue*, Vol. 31, pp. 1598-1602.
- [23] Oda, S., Fernandes, J.L., Ildefonso, J.S. 2012. Analysis of use of natural fibers and asphalt rubber binder in discontinuous asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, Vol. 26, pp. 13-20.

Química verde



Innovative Asphalt Chemicals

Especialistas en productos químicos y mejoras tecnológicas para la industria asfáltica global, con dedicación exclusiva y asesoramiento personalizado.

Total compromiso con la innovación y desarrollo de alternativas ecológicas.

Fabricación y suministro de Aditivos para mezclas bituminosas y ligantes asfálticos.



Nosbur®

Especialidades para aplicaciones asfálticas

Fibras de celulosa granulares, **Pigmentos de alto rendimiento** para mezclas en caliente, **Ligante sintético** granular, **ECO-aditivo** para la fabricación de mezclas en frío ensacables, **Ceras**, **Espumantes** y **Tensoactivos** para la fabricación de mezclas Semicalientes, **Antiadherentes** y limpiadores de base vegetal (alternativos al gasóleo), **Activantes de adhesividad** (activa y pasiva), **Asfalto natural** y **Endurecedores**, **Acidificantes**, **Rejuvenecedores (RAP)**, **Polímeros**, **Estabilizantes**, **Caucho NFU** y resinas, aditivo **Antihielo**, **Emulgentes**, dispersiones SBR (**Látex**), **Solventes ecológicos**, revestimientos **Antiqueroseno**, **Pinturas** decorativas resistentes al tráfico, **sistemas para Impresión** de pavimentos, tratamientos **Protectores** de gran desempeño, **Estabilizantes** para suelos, tratamientos **Antipolvo...**



Grupo
Campi y Jové
Dept. Asfáltica

c/ Venezuela, 103 • 08019 BARCELONA • Tel. +34 934 769 220 • carreteras@cyjjsa.com • www.cyjgroup.com
ESPAÑA • ARGELIA • FRANCIA • HOLANDA • MARRUECOS • POLONIA • PORTUGAL • RUMANIA • TUNEZ

También presentes en ARGENTINA • BOLIVIA • BRASIL • COLOMBIA • CHILE • GUATEMALA • PARAGUAY • PERU

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas:

4. Extendido de la mezcla bituminosa

Andrés Costa, acosta@ohl.es
Asfaltos y Construcciones ELSAN, S. A.

1. Definición de la actuación

La extensión de la mezcla bituminosa es una actividad clave en el proceso de ejecución de una obra de pavimentación. Esta operación abarca desde la recepción y descarga de la mezcla desde los medios de transporte, hasta completar la materialización de la capa del firme que se está construyendo, a falta de ejecutar la fase de compactación de la mezcla bituminosa colocada.

Su objetivo es conseguir una capa en la que la mezcla mantenga sus características de un modo homogéneo y que se cumplan los requisitos exigidos de acabado en cuanto a textura, geometría (anchura, espesor, pendientes) y regularidad superficial.

Probablemente sea la fase más importante en cuanto a su repercusión sobre la calidad final de la capa del firme construida con ella. De su correcta ejecución depende que se logre o no una superficie de capa con la geometría, textura y regularidad superficial precisa, que la capa tenga o no una homogeneidad térmica en el rango adecuado para la posterior compactación convencional y que se mantengan o alteren de modo importante las características de composición de la mezcla si se generan segregaciones.

En el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España, esta actividad se describe de la forma siguiente:

En los artículos 542 y 543 del vigente PG-3, en los apartados 542.5.6 y 543.5.6, relativos a la extensión la mezcla bituminosa, se indica que "la extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales, salvo que el director de las obras indique otro procedimiento. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la



anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendidora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para carreteras con calzadas separadas con superficies a extender superiores a setenta mil metros cuadrados (> 70.000 m²), se realizará la extensión de cualquier capa bituminosa a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos (2) o más extendidoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales.

En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactada; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendidora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en los epígrafes 542.7.2. y 543.7.2.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendidora a la producción de la central de fabricación, de modo que sea constante y no se detenga. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva de la extendidora y debajo de ésta no baje de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se ejecutará una junta transversal".

Específicamente en el artículo 543, para las capas de rodadura con mezclas drenantes o discontinuas, se especifica

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

lo siguiente: "En capas de rodadura con mezclas bituminosas drenantes se evitarán siempre las juntas longitudinales. Únicamente para las categorías de tráfico pesado T2 y T3 o pavimentación de carreteras, en las que no sea posible cortar el tráfico, se podrán aceptar, haciéndolas coincidir en una limesa del pavimento.

Las juntas transversales de una mezcla bituminosa drenante se deberán realizar, preferiblemente, en la dirección de la línea de máxima pendiente del pavimento".

Los equipos mecánicos que pueden intervenir en la operación de extendido de una mezcla bituminosa son los siguientes:

- Equipos móviles de transferencia.
- Extendedora de mezcla asfáltica.
- Sistema de nivelación.

A continuación se analiza cada uno de estos dispositivos.

Equipos móviles de transferencia

De forma general, se puede definir equipo de transferencia como todo dispositivo móvil que se sitúa entre la extendedora y el camión de transporte de la mezcla bituminosa para independizar el funcionamiento y el movimiento de ambas máquinas y que permite pasar dicha mezcla desde el vehículo de transporte a la extendedora de manera continua. Una primera función de este dispositivo es permitir desvincular el camión de la extendedora, evitando los golpes entre ambos y permitiendo el avance a velocidad constante de la misma, mejorando sensiblemente la regularidad superficial final. En el proceso se consigue una cierta homogenización granulométrica y térmica de la mezcla en mayor o menor grado, según el equipo de transferencia utilizado. Hay que tener mucho cuidado al elegir el dispositivo de transferencia, pues, según la forma de funcionar, algunos pueden no mejorar la homogeneidad granulométrica de la mezcla y lo que producen es una mayor heterogeneidad. Es recomendable utilizar aquellos dispositivos que permiten mejorar la homogeneidad granulométrica y térmica de la mezcla bituminosa en el proceso de transferencia.

Los dispositivos de transferencia que existen actualmente en el mercado español se pueden clasificar en dos grandes grupos:



Imágenes de distintos tipos de tr nsfer.

- **Tr nsfer.** Se trata de unos dispositivos que se sitúan entre el camión y la extendedora y que permiten regular en cierta medida la velocidad. Al menos, evitan paradas prolongadas entre camiones consecutivos, dan cierta continuidad a la alimentación y, sobre todo, eliminan el impacto del camión sobre la extendedora en la aproximación. Algunos modelos de transfer de última generación consiguen un cierto grado de rehomogeneización de la mezcla, pero su eficacia en ningún caso llega a la que se obtiene con los silos móviles de transferencia. La imagen superior muestra algunos tipos existentes en el mercado.
- **Silo móvil de transferencia.** Este dispositivo realiza las mismas funciones que el tr nsfer en cuanto a permitir el vertido de la mezcla bituminosa en la extendedora desde el camión de transporte sin existir contacto físico entre ambas máquinas, pero además tiene otras características importantes. La más destacable es la capacidad de almacenar entre 20 y 25 toneladas de mezcla en caliente. Este almacenamiento aporta una ventaja, al permitir una cierta rehomogeneización térmica de la mezcla bituminosa. Por otro lado, los silos móviles que hay en España disponen de un sistema de movimiento de la mezcla, mediante un sinfín de triple paso, que proporciona a la mezcla



Imágenes de silos móviles de transferencia.

movimientos en horizontal y en vertical simultáneos, remezclándola y logrando una buena homogenización térmica y granulométrica.

Las zonas segregadas, bien sea granulométrica o térmicamente, que se concentran en el contorno de la masa transportada por el camión, entran en contacto con el gran volumen central que ha preservado la temperatura y la composición adecuada. Durante el remezclado efectuado en el interior del silo, se produce la transferencia de calor hacia las partes frías, así como la recolocación de las partículas segregadas durante la carga del camión y el transporte.

Extendedora de mezcla bituminosa

- La máquina extendedora está compuesta esencialmente por dos unidades principales claramente diferenciadas:
 - La parte tractora, donde se ubica la tolva de recepción, los puntos de arrastre de la regla y los cilindros de suspensión, el túnel de alimentación y el sinfín de reparto transversal.
 - La regla de extendido.



Tolva de recepción de la mezcla y sistema de alimentación a la regla de extendido.



Esquema de la regla de extendido.

Esta última debe entenderse como un elemento flotante remolcado por la parte tractora y conectado a ella en los puntos de arrastre. La regla dispone de diversos sistemas que, junto con su peso propio, colaboran en la precompactación de la mezcla y que están basados en un tãmpor simple o doble a la entrada de la misma, así como en el uso de vibradores de superficie. Se equipan con un sistema de calefacción para evitar el arrastre de material por parte de la regla y su anchura puede ser fija o variable. La sección transversal de la regla puede modificarse al estar articulada en su parte central. Un tornillo de ajuste permite regular su posición y una escala indica el valor de bombeo alcanzado.

El espesor de la capa y, por lo tanto, la regularidad de la rasante a obtener dependen directamente de la posición que adopte la regla sobre la mezcla que la sustenta. Esta posición está determinada por un equilibrio de fuerzas mantenido entre la resistencia de la mezcla a ser compactada y la capacidad de compactación de la regla. Las variables fundamentales que influyen en este equilibrio son: el ángulo de ataque de la regla, la velocidad de avance, el ajuste de los sistemas de compactación, el volumen de mezcla bituminosa frente a la regla y las propiedades de la mezcla como fluido que, a su vez, vienen marcadas por la temperatura de la misma. De todos ellos, la que permite una acción más directa sobre el espesor es el ángulo de ataque, si bien no debe despreciarse la influencia que el resto de variables tienen sobre el acabado final del firme.

El ángulo de ataque puede ser aumentado o reducido subiendo o bajando los puntos de ajuste. Cualquier movimiento de los puntos de ajuste implica una subida o bajada de la regla, incorporando más o menos material bajo la misma. Dada la capacidad de torsión de la regla y el hecho de que los dos puntos de ajuste tengan circuitos de control independiente, permite un gobierno separado de ambos lados de la regla. El punto de ajuste se regula para el espesor requerido de material. Entonces, su posición debe ser fina y continuamente ajustada para mantener el nivel adecuado. Es ahí donde interviene el sistema de nivelación automático.

Además de la rasante, la regla también determina la anchura del firme extendido. Las reglas tienen una anchura básica que puede ser modificada, bien con extensiones para conseguir una mayor anchura o usando una zapata de corte para reducir la anchura de extendido. La mayoría de reglas disponen de tramos telescópicos que permiten una adapta-

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas



ción a la anchura de extendido de modo continuo y sin detener la máquina.

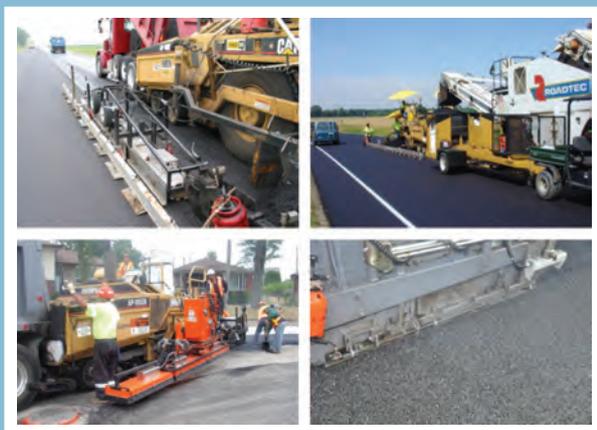
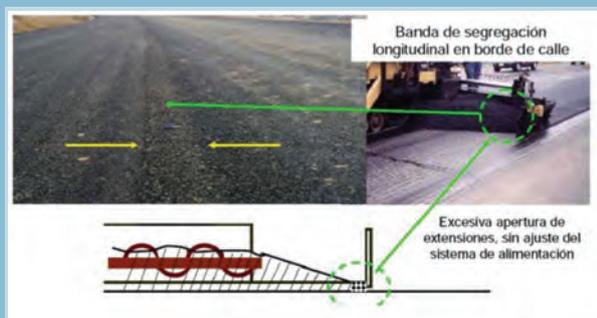
La apertura y cierre de los tramos telescópicos puede gobernarse manualmente, por parte del reglista, o comandarse de modo automático mediante un sensor ultrasónico que ajusta la regla a la rigola o a otra capa previamente extendida. Un correcto gobierno de la apertura y cierre de regla permite un perfecto acabado en las juntas y por tanto un mejor aspecto y durabilidad del conjunto de la obra.

En el caso de emplear extensiones, manuales o telescópicas, debe prestarse especial atención a la alineación de las mismas con respecto a la regla base, así como asegurar que la

mezcla bituminosa llegue por igual a todo el ancho de la regla de extensión, prolongando el sinfín de la misma para asegurar este reparto homogéneo en toda la superficie que se está pavimentando.

Si dicha alineación no es correcta, se apreciarán marcas en las juntas entre secciones. En este caso, deben modificarse los ángulos de ataque relativos entre las extensiones y la regla base que, dado que no se encuentran alineadas, no tienen por que ser coincidentes. Esta diferencia de ángulos de ataque entre la regla base y las extensiones depende del espesor de extendido, por lo que, frente a cambios de espesor importantes, deberá modificarse en consecuencia.

Por otro lado, en los artículos 542 y 543 del PG-3, en sus apartados 4.3, relativos a las prescripciones del equipo de extendido, se exige que la extendidora disponga de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Estos elementos se han desarrollado para mejorar la calidad de la junta cuando la capa adyacente se encuentra por debajo de los 85 °C. Su función es elevar la temperatura de la franja de pavimento existente que conformará la junta con la nueva mezcla asfáltica recién extendida, de modo que permita una compactación conjunta y una buena adherencia entre ambas franjas extendidas.



Distintos tipos de elementos calefactores para ejecución de la junta longitudinal.



Sensor analógico.



Distintos tipos de sensores digitales.

Diseño de mezclas asfálticas a partir de la determinación de su resistencia a la fisuración y energía de fractura mediante el Ensayo Fénix

Félix Pérez, edmundoperez@upc.edu
Rodrigo Miró, r.miro@upc.edu
Adriana Martínez, adriana.martinez@upc.edu

Ramón Botella, ramon.botella@upc.edu
Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

El diseño de las mezclas asfálticas tipo Asphalt Concrete se ha basado fundamentalmente en el ensayo Marshall; asegurar la resistencia a las deformaciones plásticas de la mezcla es un parámetro que siempre hay que tener en cuenta en su diseño. Pero hay otras propiedades también muy importantes que habría que considerar, como su resistencia a la fisuración y su energía de fractura. El tipo y contenido ligante son los que proporcionan a la mezcla su flexibilidad, ductilidad y resistencia a la fisuración; propiedades todas ellas muy importantes que sin embargo no se tienen en cuenta en el diseño.

En este artículo se analizan varios ensayos para determinar el efecto del tipo y contenido de betún sobre la resistencia y energía de fractura de una mezcla bituminosa tipo hormigón bituminoso. Los ensayos usados han sido: Marshall, tracción indirecta, módulo resiliente y Fénix.

El ensayo Fénix es un nuevo ensayo a tracción directa, implementado por el Laboratorio de Caminos de la Universidad Politécnica de Cataluña, que permite determinar la energía de fractura de la mezcla y valorar su respuesta dúctil o frágil mediante un índice de tenacidad. Se incluyen, por último, los criterios a tener en cuenta en el uso de este nuevo ensayo para el diseño de mezclas bituminosas tipo Asphalt Concrete.

Palabras clave: Diseño de mezclas asfálticas, resistencia a la fisuración, energía de fractura, ensayo Fénix

The design of Asphalt Concrete type asphalt mixtures is mainly based on the Marshall test; ensure resistance to plastic deformation of the mixture is a parameter that must always be looked at on their design. But there are other very important properties that should be considered, as its cracking resistance and fracture energy. Type and binder content provide flexibility to the mixture, ductility and resistance to cracking; all of them very important properties. However they are not taken into account in the design. This paper discusses several tests in order to determine the effect of the type and content of bitumen on the strength and fracture energy of asphalt mix bituminous concrete type. The used tests were: Marshall, indirect tensile strength, resilient and Phoenix module. The Phoenix test is a new test to direct drive implemented by the Roads Laboratory of the Polytechnic University of Catalonia, which allows to determine the fracture energy mix and assess its ductile or brittle response by an index of toughness. They include, finally, the criteria to be considered in using this new assay for the design of asphalt mixtures Asphalt Concrete type.

Keywords: Design of asphalt mixes, cracking resistance, fracture energy, ensayo Fénix

Diseño de mezclas asfálticas a partir de la determinación de su resistencia a la fisuración y energía de fractura mediante el Ensayo Fénix

1. Introducción

En el diseño y dosificación de las mezclas asfálticas deben considerarse diferentes propiedades; así como en un hormigón hidráulico prácticamente sólo se analiza su módulo y resistencia, en el caso de las mezclas asfálticas deben considerarse, además de su módulo y resistencia mecánica, su resistencia a la deformación y a la fisuración, así como su resistencia a la disgregación o a la acción del agua. Además, estas propiedades varían con la temperatura de ensayo. Por lo tanto, para poder considerar todas estas propiedades en el diseño de las mezclas, se tiene que recurrir a una amplia gama de ensayos, a partir de los que se estudia la variación de las propiedades de la mezcla en función de la temperatura y del porcentaje y tipo de betún utilizado.

Todo esto lleva a que en el diseño y dosificación de una mezcla bituminosa se dé prioridad a una propiedad, que se considera fundamental para esa mezcla en función de su ubicación y uso. Se fija la granulometría y el tipo de ligante, y se estudia la variación de esa propiedad con el contenido de betún; posteriormente, se evalúan las otras propiedades de la mezcla para la fórmula y dosificación seleccionada. El ensayo elegido como base del método de dosificación tiene una gran incidencia tanto en la calidad del procedimiento, como sobre las características de la mezcla diseñada, pues de alguna manera se está dando prioridad a las propiedades o características de la mezcla que este ensayo evalúa.

Así, el método Marshall, el método de diseño hasta hace poco tiempo empleado en España, se basaba en diseñar la mezcla teniendo en cuenta principalmente su estabilidad, que es la propiedad que se determina en este ensayo. Al exigir una estabilidad mínima a 60°C, lo que se va buscando es diseñar mezclas que resulten resistentes a las deformaciones plásticas a altas temperaturas, que ha sido uno de los problemas que siempre ha preocupado en nuestro país en el uso de las mezclas bituminosas.

El método consideraba también, además de una deformación máxima de la mezcla, una deformación mínima para evitar el uso de mezclas excesivamente frágiles, que se fisurarían con facilidad, e indicaba una cantidad mínima de betún para así tener una cohesión mínima que evitase la rápida disgregación de la mezcla por la acción del tráfico y del agua.

Analizando la variación de los parámetros Marshall (estabilidad y deformación) y los volumétricos (% huecos en mez-

cla y % de huecos rellenos) con el contenido de betún se definía el porcentaje óptimo y, con posterioridad, se determinaba para la mezcla seleccionada su resistencia a las deformaciones plásticas, mediante el ensayo de pista, y su resistencia a la acción del agua, mediante el ensayo de inmersión-compresión. Este método llevó al diseño de mezclas estables y resistentes a las deformaciones plásticas, pero que con frecuencia han resultado excesivamente frágiles y fisurables al no tenerse en cuenta esta propiedad en el diseño de la mezcla.

A partir del año 2008, tras la normalización europea, el ensayo Marshall ha dejado de utilizarse, por lo que el diseño de las mezclas tipo Asphalt Concrete (densas, semidensas y gruesas) ha tenido que establecerse a partir de otros ensayos: además de los parámetros volumétricos, se introduce la aplicación del ensayo de tracción indirecta, dirigido fundamentalmente al estudio de la sensibilidad al agua de la mezcla, al comparar las resistencias antes y después de mantener las probetas sumergidas en agua [1]. De nuevo, el procedimiento de diseño no tiene en cuenta cómo el tipo y porcentaje de betún pueden afectar a propiedades mecánicas de la mezcla tan importantes como el módulo y la resistencia a la fisuración.

Un procedimiento sencillo para la dosificación de la mezcla que podría tener en cuenta sus propiedades volumétricas y también algunas de sus propiedades mecánicas, en especial su resistencia a la fisuración, podría ser el procedimiento que se presenta a continuación basado en el ensayo Fénix [2, 3, 4]. Este ensayo ya ha sido propuesto por los autores como ensayo complementario en el procedimiento de diseño de las mezclas tipo Asphalt Concrete, habiéndose establecido unos criterios de diseño, que fueron presentados en el marco de la IX Jornada Nacional Asefma 2014 [5].

El objetivo de este trabajo es corroborar la validez de estos criterios de diseño, analizando el efecto de diferentes tipos y contenidos de betún sobre los distintos parámetros obtenidos a partir del ensayo Fénix, comparando los resultados con los obtenidos a partir de los ensayos Marshall, tracción indirecta y módulo.

2. Ensayo Fénix. Propiedades evaluadas y criterios de diseño propuestos

El ensayo Fénix, al igual que el ensayo Marshall, es un ensayo experimental, que como el Marshall tiene relación y sirve para valorar ciertas propiedades de la mezcla. En esencia con-

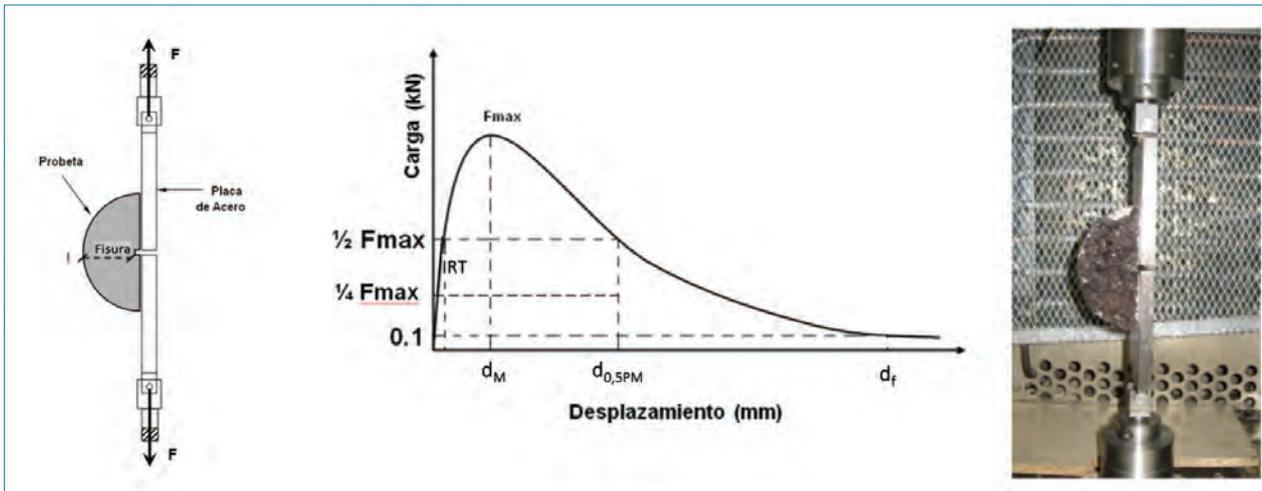


Figura 1. Esquema del ensayo Fénix y curva carga-desplazamiento obtenida.

siste en determinar el esfuerzo necesario para fisurar una probeta semicilíndrica, aplicando un esfuerzo de tracción en su plano diametral, Figura 1. El esfuerzo se aplica mediante dos placas pegadas a la probeta en su plano diametral que van sujetas a los anclajes de la prensa. El ensayo se realiza a una velocidad de desplazamiento constante del pistón de 1 mm/min. Durante el ensayo se registra el esfuerzo aplicado en función del desplazamiento. La probeta presenta una pequeña ranura entre las dos placas para inducir el inicio de la fisuración de la probeta.

Al analizar la curva carga-desplazamiento resultante del ensayo, se pueden definir distintos parámetros relacionados con las características mecánicas y resistentes de la mezcla.

En primer lugar, se observa un aumento casi lineal del esfuerzo aplicado, que depende de la rigidez de la mezcla. En el ensayo Fénix se determina un índice de rigidez a tracción, IRT, que es la pendiente de la curva carga-desplazamiento entre el 25 y el 50% de la carga máxima. Este parámetro se relaciona muy bien con el módulo dinámico de la mezcla.

$$IRT = \frac{F_{50} - F_{25}}{d_{50} - d_{25}} \quad (1)$$

donde

IRT: índice de rigidez a tracción, en kN/mm

F₅₀: 50% de la carga máxima, en kN

F₂₅: 25% de la carga máxima, en kN

d₅₀: desplazamiento en el 50% de la carga máxima, en mm

d₂₅: desplazamiento en el 25% de la carga máxima, en mm

Por otra parte, está la resistencia máxima de la curva carga-desplazamiento que estaría asociada con la cohesión proporcionada por el mástico asfáltico a la mezcla.

$$T_{\max} = F_{\max} S \quad (2)$$

donde

T_{max}: tensión máxima, en MPa

F_{max}: carga máxima, en kN

S: superficie de fractura, en m²

Relacionada también con la cohesión de la mezcla está la energía empleada por la máquina para la fisuración total de la probeta, energía de fractura. Esta energía se corresponde con la integral del área bajo la curva de carga-desplazamiento, dividida por la superficie de fractura. Cuanto mayor es la energía de fractura, G_D, mayor es la resistencia a la fisuración de la mezcla. Este parámetro resulta más interesante a la hora de valorar la cohesión de la mezcla que el de la resistencia máxima, pues tiene en cuenta todo el proceso de rotura del material tras la carga máxima, que en los materiales bituminosos es de gran importancia.

$$G_D = \int_0^{d_f} F(x) \cdot dx \cdot S \quad (3)$$

donde,

G_D: energía de fractura, en J/m²

F: fuerza en función de la desplazamiento, en N

Diseño de mezclas asfálticas a partir de la determinación de su resistencia a la fisuración y energía de fractura mediante el Ensayo Fénix

x: desplazamiento, en m

S: superficie de fractura, en m²

df: desplazamiento final del ensayo, en m

Es precisamente esta respuesta dúctil de la mezcla bituminosa la que interesa tener en cuenta en el diseño de mezclas resistentes a la fisuración. No sólo se necesita una alta energía de fractura, sino que, además, ésta provenga en su mayoría de la zona de rotura de la probeta, después de la carga máxima. Esto indicaría que la mezcla es capaz de alcanzar una mayor deformación hasta su rotura, manteniendo parte de su resistencia desde que se inicia su fallo hasta que éste realmente se produce. Con el fin de valorar el comportamiento más o menos dúctil de la mezcla se ha definido un índice de tenacidad en donde se multiplica el área de la curva postpico por el desplazamiento realizado por la prensa hasta reducir la carga al 50% de la máxima.

$$IT = d_M \int_{df} F(x).dx \cdot S \cdot (d_{0.5PM} - d_M) \quad (4)$$

donde

IT: índice de tenacidad, en (J/m²).mm

F: fuerza aplicada en función del desplazamiento, en N

S: superficie de fractura, en m²

d_M: desplazamiento correspondiente a la F_{max}, en m

d_{0.5PM}: desplazamiento en la parte descendente correspondiente al 0.5 de la F_{max}, en mm

Como parámetro alternativo al Índice de Tenacidad se usa también el desplazamiento (deformación) correspondiente al 50% de la carga máxima en la zona postpico para valorar también la ductilidad y tenacidad de la mezcla.

A partir del estudio de diferentes mezclas densas, semidensas y gruesas, se han establecido unos criterios de diseño para las mezclas AC, Tabla 1, basados fundamentalmente en la tenacidad de la mezcla, evaluada a partir del IT y de la d_{0.5PM}, proponiendo al mismo tiempo un mínimo para el IRT y la energía de fractura G_D, ya que, en principio, tener un elevado índice de rigidez o una elevada energía de fractura será beneficioso para la mezcla, siempre que ésta mantenga un índice de tenacidad mínimo.

En resumen, se propone un método de diseño basado en las características volumétricas de la mezcla y en los paráme-

Tabla 1. Criterios de diseño propuestos para las mezclas AC (Pérez-Jiménez, F. et al., 2014 [5]).

Huecos (%)		> 4
IRT (kN/mm)		> 2.5
GD (J/m ²)		> 200
IT (J/m ²).mm	Admisible	> 75
	Recomendable	> 150
	Mezclas dúctiles	> 200
d _{0.5PM} (mm)	Admisible	> 0.4
	Recomendable	> 0.8
	Mezclas dúctiles	> 1.0

tros obtenidos en el ensayo Fénix a 20°C, que permite evaluar las mezclas desde el punto de vista de su compacidad, e indirectamente sobre su estabilidad y resistencia a las deformaciones plásticas, y de forma más directa, mediante el ensayo Fénix, sobre su tenacidad y resistencia a la fisuración.

Estos criterios pretenden garantizar la resistencia a la deformación de la mezcla, asegurando un mínimo porcentaje de huecos y rigidez, así como una energía, tenacidad y deformación de rotura mínimas, para asegurar la resistencia a la fisuración. Esto permitirá seleccionar mezclas tenaces y resistentes a la fisuración, incluso con módulos elevados.

3. Validación de los criterios de diseño. Efecto del tipo y contenido de betún

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el ensayo Fénix sobre una mezcla semidensa tipo AC16S (Orden FOM/2523/2014, Ministerio de Fomento [1]), con granulometría centrada en huso, Tabla 2, fabricada con árido calizo, y tres diferentes betunes: un betún de penetración 50/70, un betún mejorado con caucho (BC 50/70) y un betún de baja penetración o betún de alto módulo (15/25). Las características básicas de los betunes se recogen en la Tabla 3.

Las probetas se han fabricado con diferentes contenidos de betún (3, 4, 5 y 6% sobre peso de mezcla) en el compactador giratorio, utilizando 100 giros, con una presión de 0.6 MPa y un ángulo interno de 0.82°. Se ha utilizado una temperatura de compactación específica para cada betún, de acuerdo a sus características: entre 150 y 155°C para el 50/70, entre 155 y 160°C para el BC 50/70, y entre 160 y

Tabla 2. Granulometría de la mezcla AC16S.

Tamiz (mm)	22	16	8	4	2	0.5	0.25	0.063
% Pasa	100	95	67.5	42.5	31	16	11	5

Tabla 3. Características de los betunes utilizados.

Betún	Unidad	Norma	B 50/70	BC 50/70	B 15/25
Penetración a 25°C	0.1 mm	UNE EN 1426	65	61	20
Punto de reblandecimiento A&B	°C	UNE EN 1427	50.2	53.6	66.5
IP		NLT-181	-0.49	0.2	0.26
Recuperación elástica	%	NLT-329	-	28	-

165°C para el 15/25. El ensayo se ha realizado a una temperatura de 20°C.

Como el contenido de huecos tiende a disminuir al aumentar el contenido de betún, el porcentaje mínimo exigido condiciona, para cualquiera de los betunes utilizados, el contenido máximo de betún que puede utilizarse, Figura 2.

En cuanto a los parámetros Fénix se observa que las mezclas analizadas tienen, en general, suficiente rigidez y suficiente energía de fractura, especialmente la fabricada con el betún de baja penetración que presenta valores muy elevados tanto de IRT, como de G_D , Figuras 3 y 4. Sólo en el caso de utilizar betunes más deformables, el IRT podría condicionar el contenido máximo a utilizar y la G_D el contenido mínimo.

En relación a la tenacidad, atendiendo al criterio establecido para este parámetro, pueden diferenciarse claramente los comportamientos de cada mezcla, Figura 5. En principio,

todas las mezclas, para cualquier tipo y contenido de betún, cumplirían con el valor mínimo admisible. Pero si se desea obtener una mezcla dúctil, se observa que para el betún 50/70 prácticamente se conseguiría con cualquiera de los

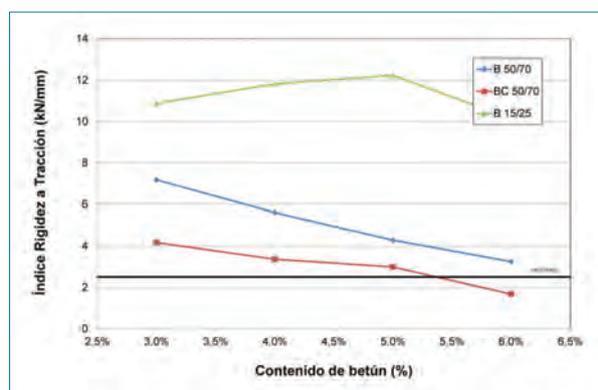


Figura 3. Variación del Índice de Rigidez a Tracción con el tipo y contenido de betún.

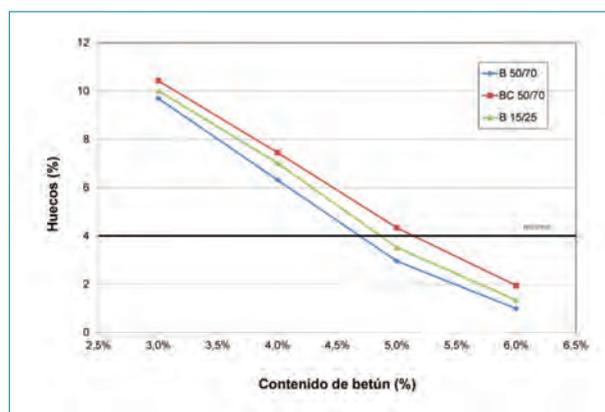


Figura 2. Variación del contenido de huecos con el tipo y contenido de betún.

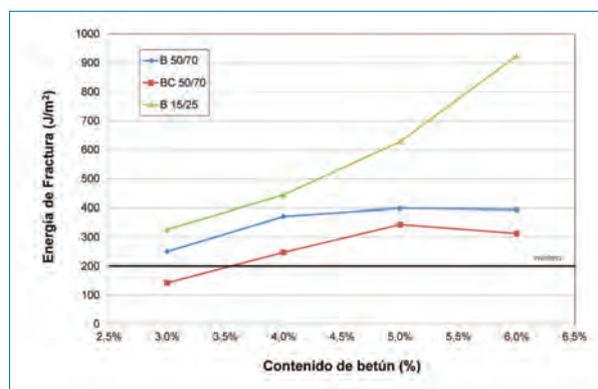


Figura 4. Variación de la Energía de Fractura con el tipo y contenido de betún.

Diseño de mezclas asfálticas a partir de la determinación de su resistencia a la fisuración y energía de fractura mediante el Ensayo Fénix

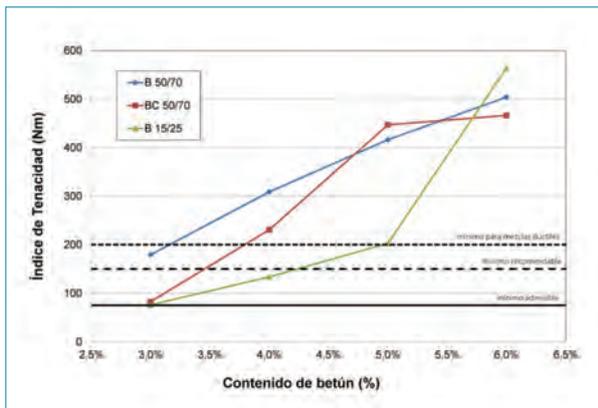


Figura 5. Variación del Índice de Tenacidad con el tipo y contenido de betún.

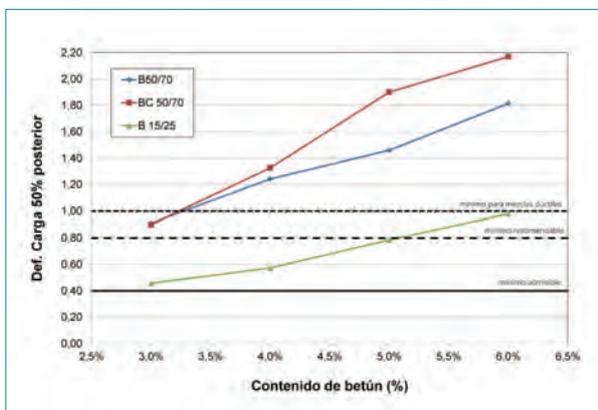


Figura 6. Variación de la Deformación al 50% de la carga post-pico con el tipo y contenido de betún

contenidos de betún utilizados; en cambio, si se utiliza el betún de baja penetración, el contenido de betún debería ser, como mínimo, del 5,0%. Es decir, con el betún convencional se obtendría una mezcla dúctil con cualquier porcentaje de betún, mientras que para un betún más duro, que rigidiza más la mezcla, el porcentaje debería ser bastante más alto.

Las tendencias observadas en la deformación de rotura al 50% de la carga máxima ponen de manifiesto, aún mejor que el IT, las diferencias entre los betunes ensayados, Figura 6. Aunque se conseguirían mezclas admisibles para cualquier contenido de cualquiera de los betunes utilizados, la figura pone claramente de manifiesto que con el betún de baja penetración sería imposible conseguir una mezcla dúctil, excepto si se utilizara un contenido de betún muy elevado, superior al 6,0%; en cambio, para los otros dos betunes, esta condición de la mezcla se podría alcanzar con un contenido de betún bastante más bajo.

En las figuras anteriores se pone claramente de manifiesto cómo los parámetros de tenacidad o de deformación de rotura condicionan el contenido mínimo de betún, especialmente si se desea obtener mezclas dúctiles, mientras que el contenido de huecos (y posiblemente en algún caso, también la rigidez) condiciona el contenido máximo de betún a utilizar.

Así, las curvas para el betún B50/70, indican que para obtener una mezcla dúctil el contenido de betún debería estar entre 3,2 y 4,7%, mientras que para el betún mejorado con caucho BC50/70, el contenido de betún debería ser ligeramente superior, entre 3,9 y 5,1%. El contenido óptimo de betún en cada caso correspondería a los valores más altos del intervalo, ya que éstos permitirían alcanzar la mayor energía de fractura posible y la mayor tenacidad de la mezcla.

En el caso del betún de baja penetración, mucho más rígido que los anteriores (la curva correspondiente al IRT es mucho más alta), sólo para el contenido del 6% la mezcla sería suficientemente dúctil, aunque para ese contenido de betún la mezcla se cerraría considerablemente. No obstante, en estas mezclas se considera admisible un menor porcentaje de huecos, ya que resisten mejor las deformaciones por rodadura a altas temperaturas.

En cambio, si para mezcla con el betún de baja penetración, en lugar de considerar las especificaciones para mezclas dúctiles (ya que claramente no se trata de una mezcla de este tipo), se consideran las especificaciones recomendables para el IT y la d0.5PM, se observa que la mezcla con un contenido de betún del 5%, cumpliría con el requerimiento de huecos, pero sería menos dúctil.

Además, el ensayo Fénix puede realizarse a distintas temperaturas, por lo que es posible tener una idea mucho más amplia del comportamiento de la mezcla, especialmente si el ensayo se realiza a bajas temperaturas, en las que el fenómeno de la fisuración puede ser más crítico.

En las Figuras 7 a 9 se presentan los resultados obtenidos para una mezcla AC16D fabricada con un betún B50/70 (5% de betún s.m.), ensayada a 20, 5, -5 y -15°C. Al disminuir la temperatura, se observa un aumento de la rigidez de la mezcla, mientras que la energía de fractura muestra un máximo en torno a los 5°C. Por su parte, la tenacidad tiende a disminuir al disminuir la temperatura, pudiéndose apreciar si esta disminución es más o menos rápida, por lo que este último parámetro, junto con los criterios establecidos, permite tener una idea de la temperatura a la que la mezcla dejará de tener una tenacidad admisible.

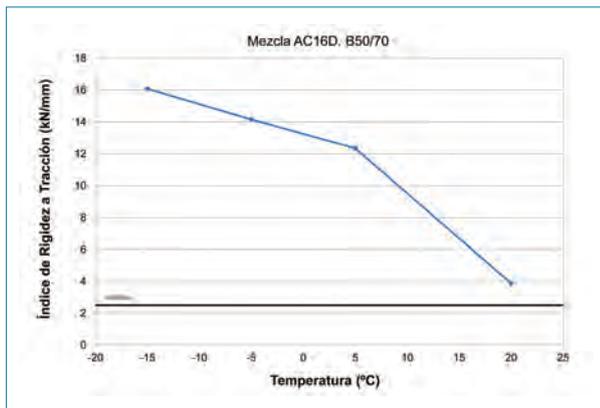


Figura 7. Variación del Índice de Rigidez a Tracción con la temperatura. B50/70.

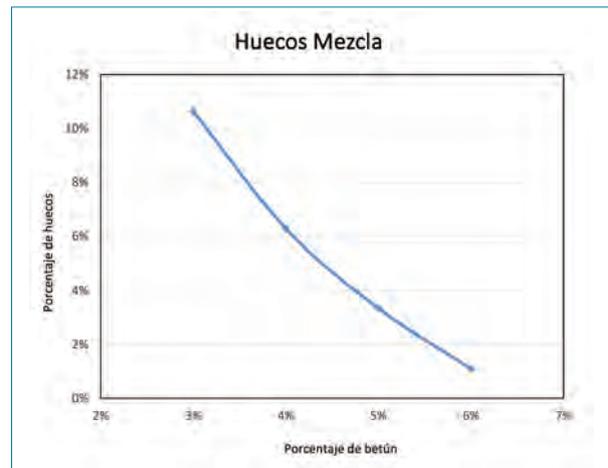


Figura 10. Variación del contenido de huecos con el contenido de betún.

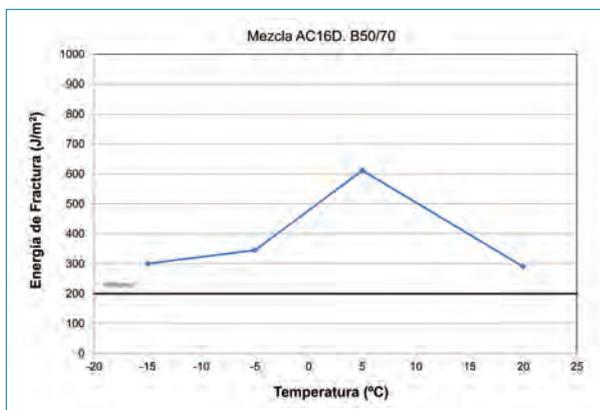


Figura 8. Variación de la Energía de Fractura con la temperatura. B50/70.

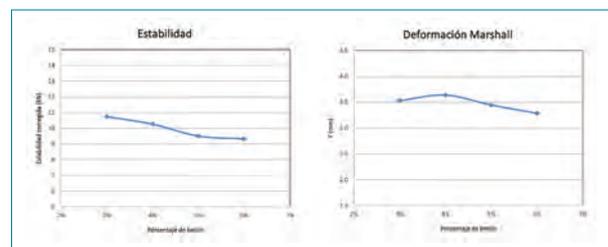


Figura 11. Variación de la estabilidad y deformación Marshall con el contenido de betún.

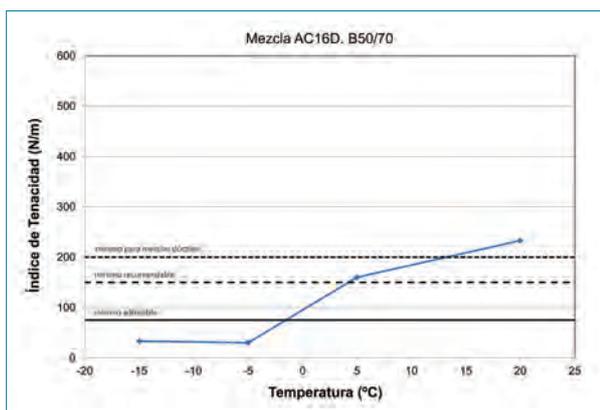


Figura 9. Variación del Índice de Tenacidad con la temperatura. B50/70.

4. Comparación con otros procedimientos de diseño

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos Marshall, tracción indirecta y módulo dinámico,

sobre la misma mezcla AC16S, fabricada en las mismas condiciones, utilizando únicamente el betún de penetración 50/70, Figuras 10 a 13.

Aunque en este caso, tanto la variación de la estabilidad como de la deformación Marshall, Figura 11, son poco sensibles a la variación del contenido de betún, puede observarse que sólo con un contenido de betún por debajo del 4% la estabilidad sería superior a los 10 kN especificados para una mezcla AC16 S destinada a tráfico ligero (Orden FOM/891/2004 [6]).

Si se representa el módulo Marshall (el cociente entre la estabilidad y la deformación Marshall) en función del contenido de betún, para los dos métodos de compactación utilizados, Figura 12, se puede obtener una primera idea de cómo varía la rigidez de la mezcla. Esta tendencia prácticamente coincide con la obtenida para el módulo de rigidez, determinado a partir de la norma UNE-EN 12697-26.

Actualmente, el ensayo de tracción indirecta se utiliza para evaluar la sensibilidad al agua de la mezcla. La Orden FOM/2523/2014 especifica que, para una mezcla AC16S, la resistencia conservada a tracción indirecta, a 15°C, debe ser

Diseño de mezclas asfálticas a partir de la determinación de su resistencia a la fisuración y energía de fractura mediante el Ensayo Fénix

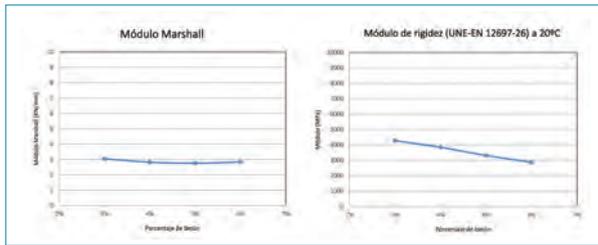


Figura 12. Variación del módulo Marshall y módulo de rigidez con el contenido de betún.

superior al 85%. En este caso la especificación se cumple sobradamente para cualquier contenido de betún, indicando que la mezcla no presenta problemas de adhesividad árido-ligante. No obstante, si se analiza la variación de los valores de resistencia con el contenido de betún, se observa que entre el 4.5 y el 5.0 % de betún, se obtienen los valores más altos, Figura 13.

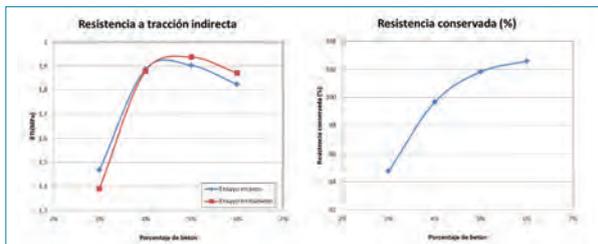


Figura 13. Variación de la resistencia a tracción indirecta (en seco y en húmedo) y de la resistencia conservada con el contenido de betún

Esto pone de manifiesto cómo los criterios relativos al ensayo Marshall priorizan la resistencia a las deformaciones plásticas de la mezcla, proporcionando contenidos óptimos de betún relativamente bajos; en cambio, cuando se incorporan criterios relativos a la resistencia a la fisuración, bien sea a partir de la resistencia a tracción indirecta o bien a partir de los parámetros del ensayo Fénix, el porcentaje óptimo de betún tiende a ser algo superior.

5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha sido comprobar la validez de los criterios de diseño establecidos sobre los diferentes parámetros obtenidos a partir de un nuevo ensayo a tracción directa,

el ensayo Fénix. Estos criterios permiten garantizar la resistencia a la deformación de la mezcla, asegurando un mínimo porcentaje de huecos y una mínima rigidez, al mismo tiempo que exigen una energía, tenacidad y deformación de rotura mínimas, para asegurar su resistencia a la fisuración, propiedad ésta última actualmente no considerada en la etapa de diseño de las mezclas.

Para ello se ha analizado el efecto de diferentes tipos y contenidos de betún de una mezcla semidensa tipo hormigón bituminoso sobre los parámetros obtenidos a partir del ensayo Fénix. Los betunes utilizados han sido un betún de penetración 50/70, un betún mejorado con caucho (BC 50/70) y un betún de baja penetración (15/25). Los resultados obtenidos permiten validar el procedimiento propuesto para la dosificación de este tipo de mezclas, al mismo tiempo que se pone de manifiesto que los criterios establecidos serían perfectamente admisibles para las mezclas ensayadas.

Si además, el ensayo se realiza a diferentes temperaturas, es posible tener una idea mucho más amplia del comportamiento de las mezclas, especialmente si el ensayo se realiza a bajas temperaturas, en las que el fenómeno de la fisuración puede ser más crítico, pudiéndose determinar hasta qué temperatura, al ir disminuyendo ésta, las mezclas mantendrán un comportamiento suficientemente dúctil.

Al comparar los resultados con los obtenidos a partir de los ensayos Marshall, tracción indirecta y módulo, se pone de manifiesto cómo los criterios relativos al ensayo Marshall priorizan la resistencia a las deformaciones plásticas de la mezcla, proporcionando contenidos óptimos de betún relativamente bajos, mientras que cuando se incorporan criterios relativos a la resistencia a la fisuración, a partir de los parámetros del ensayo Fénix, el porcentaje óptimo de betún tiende a ser algo superior.

En cualquier caso, los resultados obtenidos han puesto de manifiesto la bondad y sensibilidad del ensayo Fénix cuando se utiliza tanto en la etapa de diseño de las mezclas, como en la caracterización de su comportamiento, especialmente en relación a una propiedad tan importante como la resistencia a la fisuración de las mezclas; por tanto, el ensayo podría ser incorporado como ensayo complementario en el procedimiento de diseño de las mezclas para evaluar esta propiedad, especialmente a bajas temperaturas, que actualmente no es evaluada de una forma directa.

6. Referencias

- [1] Artículo 542: mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso. Orden FOM/2523/2014.
- [2] F. Pérez-Jiménez, G. Valdés, R. Miró, A. Martínez y R. Botella, "Fénix. Test Development of a new test procedure for evaluating cracking resistance in bituminous mixtures", Transportation Research Record, Journal of Transportation Research Board, nº 2181, pp. 36-43, 2010.
- [3] Pérez-Jiménez, F.; Botella, R.; Martínez, A. y Miró, R. "Analysis of the mechanical behaviour of bituminous mixtures at low temperatures". Construction and building materials, Vol. 46, pp. 193-202, 2013.
- [4] Miro, R.; Martínez, A.; Pérez-Jiménez, F. y Botella, R. "Analysis of cracking resistance of bituminous mixtures using Fenix test". Construction and building materials, Vol 59, pp. 32-38, 2014.
- [5] Pérez-Jiménez, F.; Valdés, G.; Muñoz, M.; Miró, R.; Martínez, A.; Botella, R. y Amorós, J. "Criterios y especificaciones para el uso del ensayo Fénix en el diseño de mezclas bituminosas tipo AC". IX Jornada Nacional ASEFMA 2014. Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Madrid, 2014.
- [6] Artículo 542: mezclas bituminosas en caliente. ORDEN FOM/891/2004.

#48

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

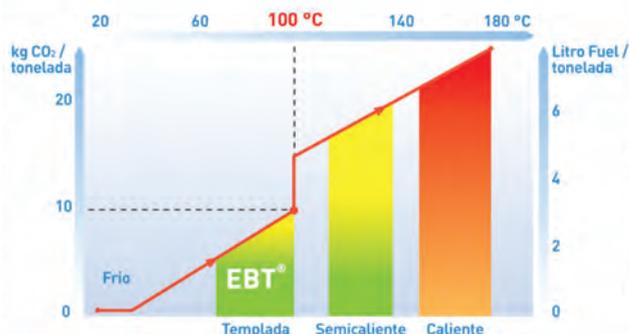
“La tecnología de espumación de betun reduce costes, al permitir mayor tasa de reutilización del RAP con menor consumo de energía y generación de emisiones” (Art. Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún, número 21)

#HECHOS_ECONÓMICOS

Con las Mezclas Templadas con Betún,
el código de la circulación ha cambiado.



Crédito foto : Getty Images, arenaas*



Mezclas Templadas con Betún, una nueva generación de mezclas asfálticas

Para un futuro más responsable, Eiffage Infraestructuras ha desarrollado las mezclas templadas con betún. Fabricada a menos de 100°C y aplicada hasta 75°C, esta mezcla templada a baja temperatura posee cualidades excepcionales :

- un consumo de energía dos veces inferior al de una mezcla convencional,
- una disminución del 50% de las emisiones de gas de efecto invernadero,
- un confort de aplicación inigualable.

Premio Mundial AIPCR 2007
del desarrollo sostenible

www.infraestructuras.eiffage.es

EIFFAGE
INFRAESTRUCTURAS

RUS
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

TRIALSA
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

PANASFALTO
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

LOS SERRANOS

UNE-EN 12697-40:2013. Drenabilidad “in situ”

En esta sección se describen métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente.

Javier Loma, jloma@ohl.es

Asfaltos y Construcciones ELSAN

1. Objeto y principio del ensayo

Determinación de la conductividad hidráulica relativa (capacidad de drenar agua) in situ de un pavimento de carretera que ha sido diseñado para ser permeable, a partir del tiempo para percolar 4 litros de agua a través de una superficie anular en condiciones de carga conocidas.

El valor de la conductividad se calcula a partir del valor inverso del tiempo de drenaje.

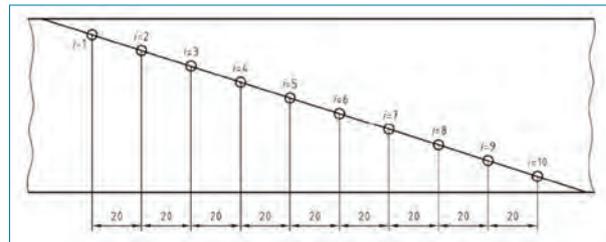
2. Método operativo

El pavimento sobre el que se realiza el ensayo debe estar limpio y no debe tener hielo.

Se precisa realizar previamente al ensayo una calibración del equipo que viene descrito en el anexo A de la Norma de ensayo. Esta operación debe realizarse al menos una vez al año y consiste en verificar un volumen de 1 y 5 litros de agua, midiendo el tiempo de evacuación con el equipo con abertura libre (tiempo de resistencia en serie, r) sobre una superficie impermeable que presente un valor de macrotextura medido con el círculo de arena entre 0,8 y 1,2 mm.

En la zona de ensayo a medir la permeabilidad, se señalan diez puntos con la disposición que aparece en la Figura 2 de la Norma de ensayo (ver imagen adjunta).

Se coloca el permeámetro (con el pistón sobre el orificio de salida de agua) y la base sobre el pavimento a medir ejerciendo una carga vertical uniforme sobre la misma, que puede alcanzarse colocándose dos operadores (uno en cada extremo) con un peso similar. La superficie del ensayo debe estar saturada, para lo cual se puede dejar vaciar el agua del permeámetro antes de comenzar con el ensayo real,



Disposición típica de los puntos e ensayo a lo largo de la anchura del pavimento.

anotando la temperatura del agua durante la realización del mismo.

Se llena el depósito completamente eliminado las burbujas, al menos 50 mm por encima de la marca de 5 litros. Se retira el pistón y se mide el tiempo de drenaje (t_i), es decir, el tiempo de evacuación de agua desde la línea de 5 litros al paso por la línea de 1 litro en el equipo, redondeando el valor a 0,1 s.

Se realiza un segundo ensayo de comprobación y se calcula el promedio.

El tiempo medio de drenaje es el promedio de los 10 valores obtenidos en los ensayos realizados en cada punto.

La conductividad hidráulica (HC, redondeada a 0,001 s⁻¹) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$HC = \frac{1}{(t-r)}$$

Donde t es el tiempo de drenaje expresado en segundos y r es el tiempo de resistencia en serie expresado en segundos.

3. Equipamiento

Se utiliza un permeámetro de carga variable y flujo radial, que consiste en un tubo de material transparente que permita en todo momento visualizar la altura del agua, con las dimensiones que indica la tabla adjunta.

La junta de caucho celular debe tener una dureza de 30 a 45 medida con un durómetro de tipo 00 (ASTM D2240).

UNE-EN 12697-40:2013. Drenabilidad “in situ”

Diámetro interior del depósito	125 ± 0,5 mm	Diámetro de la bola de caucho fijada al pistón	51 ± 0,5 mm
Longitud del depósito	560 ± 20 mm	Diámetro exterior de la junta de caucho celular bajo la base	300 ± 2 mm
Diámetro del orificio base	± 0,1 mm	Diámetro interior de la junta de caucho celular bajo la base	100 ± 2 mm
Conicidad hacia el orificio	15 ± 0,5°		

Base de apoyo rectangular de 450 mm. x 800 mm. con un orificio circular central.

Cronómetro que permita medir hasta 0,1 segundo y termómetro que pueda medir ± 1°C en un rango de 0 a 30 °C.

4. Puntos críticos

Este ensayo se ha realizado durante muchos años con el permeámetro LCS de la norma de ensayo NLT 327, estableciendo una correlación entre los valores de permeabilidad y el contenido de huecos de la superficie a medir. Estos datos no son reproducibles con este equipo por lo que se debería estudiar la correlación real entre ambos.

La comunicación entre los huecos de la mezcla no se puede determinar con este ensayo, por lo que debería apoyarse en el ensayo de permeabilidad de probetas en el laboratorio (UNE-EN 12697-19).



5. Comentarios

Es un ensayo rápido y sencillo que permite verificar la conformidad de la drenabilidad de un pavimento permeable como también para determinar las variaciones que se producen en el tiempo, garantizando así el mantenimiento de esta propiedad en el tiempo.

6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-8. Contenido de huecos.
- UNE-EN 12697-19. Permeabilidad de probetas en laboratorio.
- UNE-EN 12697-40. Drenabilidad in situ.
- NLT.- 327. Permeabilidad in situ de pavimentos drenantes con el permeámetro LCS.
- UNE-EN 13036-1. Macrotextura.

Aunque no se cita en la norma de ensayo, es un método rápido que permite verificar la correcta puesta en obra de un pavimento permeable o drenante, así como la capacidad de drenabilidad del mismo.

Debería establecerse una correlación entre los segundos de evacuación y el contenido de huecos de un pavimento.

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

En esta sección se lista la actualización de la legislación y otras disposiciones, las normas EN que se han publicado, así como las nuevas normas que se han incluido para su revisión y que se encuentran en proyecto, para diferentes materiales relacionados con las mezclas bituminosas (áridos, ligantes bituminosos y mezclas). En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 22 de abril hasta el 19 de septiembre de 2016.

NORMATIVA EN PROYECTO

Áridos (Comité Técnico AEN/CTN 146)

- **PNE-prEN 1097-2 (última publicación año 2010):** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-prEN 1097-8 (última publicación año 2012):** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004):** Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
- **PNE-prEN 16236 (Norma nueva):** Evaluación de conformidad de los áridos. Ensayos iniciales de tipo y control de producción en fábrica

Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **PNE-prEN 1431 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas
- **PNE-prEN 12591 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación Especificaciones de betunes para pavimentación
- **PNE-prEN 13075-1 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de del comportamiento a la rotura. Parte 1: Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas. Método de la carga mineral
- **PNE-prEN 13075-2 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de de3l comportamiento a la rotura. Parte 1: Determinación del tiempo de mezclado con finos de las emulsiones bituminosa catiónicas
- **PNE-prEN 13588 (última publicación año 2008):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el ensayo del péndulo
- **PNE-prEN 13303 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la pérdida de masa por calentamiento de los betunes industriales
- **PNE-prEN 13398 (última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de los betunes modificados
- **PNE-prEN 13399 (última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la estabilidad al almacenamiento de los betunes modificados
- **PNE-prEN 13587 (última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de los ligantes bituminosos por el método del ensayo de tracción
- **PNE-prEN 13588 (última publicación año 2008):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el ensayo del péndulo
- **PNE-prEN 13589 (última publicación año 2008):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método fuerza-ductilidad
- **PNE-prEN 13702 (última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa
- **PNE-EN 13924-1 (norma nueva):** Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de la especificación de los betunes especiales para pavimentación. Parte 1: Ligantes bituminosos de grado duro
- **PNE-EN 15626 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de los ligantes bituminosos fluidificados y fluxados por inmersión en agua. Método en el que se utilizan áridos
- **PNE-prEN 16849 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método por evaporación en termobalanza

NORMATIVA EN PROYECTO (CONTINUACIÓN)

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2)

- **PNE-prEN ISO 11819-2 (Norma nueva):** Acústica. Medida de la influencia de la superficie de la carretera en el ruido de rodadura. Parte 2: Método de proximidad (ISO/DIS 11819-2:2015)
- **PNE-prEN 12274-1 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- **PNE-prEN 12274-2 (última publicación año 2003):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de muestras
- **PNE-prEN 12274-3 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-prEN 12274-4 (última publicación año 2003):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-prEN 12274-5 (última publicación año 2003):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-prEN 12274-6 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **PNE-prEN 13108-1 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- **PNE-prEN 13108-2 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-prEN 13108-3 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-prEN 13108-4 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-prEN 13108-5 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-prEN 13108-6 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-prEN 13108-7 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-prEN 13108-8 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
- **PNE-prEN 13108-9 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezcla bituminosa tipo AUTL
- **PNE-prEN 13108-20 (última publicación año 2009):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-prEN 13108-21 (última publicación año 2009):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-prEN 12697-10 (última publicación año 2010):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-12 (última publicación año 2009):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-13 (última publicación año 2001):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **PNE-prEN 12697-16 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-prEN 12697-17 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de una probeta de mezcla bituminosa drenante
- **PNE-prEN 12697-18 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento de ligante
- **PNE-prEN 12697-23 (última publicación año 2004):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-24 (última publicación año 2013):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a la fatiga
- **PNE-prEN 12697-25 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-prEN 12697-26 (última publicación año 2012):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-prEN 12697-27 (última publicación año 2001):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras

NORMATIVA EN PROYECTO (CONTINUACIÓN)

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2) (Continuación)

- **PNE-prEN 12697-35 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio
- **PNE-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial al corte
- **PNE-prEN 12697-52 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para tratar el envejecimiento oxidativo
- **PNE-prEN 12697-53 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Control del incremento de la cohesión mediante el método del manejabilímetro
- **PNE-prEN 14187-1 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la tasa de polimerización
- **PNE-prEN 14187-2 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del tiempo de pegajosidad
- **PNE-prEN 14187-3 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de las propiedades autonivelantes
- **PNE-prEN 14187-4 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la variación de masa y volumen después de la inmersión en carburante de ensayo y en productos químicos líquidos
- **PNE-prEN 14187-6 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de las propiedades de adherencia y cohesión después de la inmersión en combustibles de ensayo y en productos químicos líquidos
- **PNE-prEN 14187-8 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del envejecimiento artificial por radiación ultravioleta (UV)
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005):** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío

NORMATIVA TRABAJOS DE PAVIMENTACIÓN

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2) (Continuación)

Se adjunta a continuación una relación de la Normativa Técnica publicada por el Ministerio de Fomento relacionada con los trabajos de pavimentación publicadas en el presente año y actualizado hasta el mes de mayo de 2016

- **Orden Circular 37/2016, de 29 de enero:** Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras
- **Nota de servicio 1/2016, de 28 de enero de 2016:** Para la implantación del sistema de gestión de conservación ordinaria en los sectores de conservación: TEREX GSM
- **Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero de 2016:** Por la que se aprueba la Norma 3.1-IC "Trazado" de la Instrucción de Carreteras (BOE del 4 de marzo de 2016)
- **Orden FOM298/2016, de 15 de febrero (BOE del 10 de marzo de 2016):** Por la que se aprueba la Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial
- **Nota de servicio 2/2016:** Instrucciones para la emisión de los informes preceptivos y vinculantes relativos a solicitudes de autorización de transportes especiales a los que hace referencia el artículo 108.3 del Reglamento General de Carreteras

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

- Se recoge una descripción de toda la normativa que se encuentra en la actualidad pendiente de aprobación
- Destacar como entradas nuevas para los diferentes materiales las siguientes:
 - Áridos: Norma para la determinación de la resistencia al pulimento acelerado
 - Betunes y ligantes bituminosos: Norma de especificaciones para los betunes duros así como algunas de las normas de ensayo para la caracterización de las lechadas bituminosas
 - Mezclas bituminosas: Se incluyen dos nuevas normas (51 y 53) sobre ensayo de resistencia al corte y control de la cohesión por el método del manejabilímetro respectivamente. También se listan la normativa sobre productos de sellado aplicados en frío y de sellado de juntas.

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

Legislación y otras disposiciones (actualizada a 26 de septiembre de 2016)

CONVOCATORIA EUREKA ENTRE CHILE Y ALEMANIA, AUSTRIA, ESPAÑA, FRANCIA, SUECIA Y TURQUÍA

Como parte de sus actividades de internacionalización, Eureka ha decidido lanzar una convocatoria entre Eureka y Chile para la presentación de proyectos de cooperación en materia de I+D entre empresas de Chile y de algunos países Eureka. La convocatoria tiene como objetivo estimular proyectos conjuntos de I+D con el fin de llevar a cabo actividades y medidas coordinadas para fomentar intercambios tecnológicos y colaboración en investigación e innovación entre empresas de Chile y de los países de Eureka que están interesados en participar en esta convocatoria.

Los consorcios promotores de las propuestas presentadas a esta convocatoria deben estar compuestos por, al menos, un socio en Chile y uno en uno país miembro de Eureka. Los países Eureka participantes en esta convocatoria son: Alemania, Austria, España, Francia, Suecia y Turquía. Las agencias gestoras, por su parte, son las siguientes: DLR-Project Management Agency, FFG, CDTI, BPI France, VINNOVA y TUBITAK. La agencia gestora por parte de Chile es CORFO (Corporación de Fomento de la Producción).

Los proyectos pueden abarcar cualquier temática aunque se dará especial énfasis a algunos sectores (uso sostenible de recursos naturales, minería sostenible, acuicultura, alimentos saludables y funcionales, vitivinícola, energía solar, construcción sostenible, TIC aplicada a esos sectores) y, como todos los proyectos Eureka, deben tener las siguientes características:

- Los proyectos Eureka se caracterizan por tener como resultado un producto, proceso o servicio innovador orientado a mercado consecuencia de la cooperación tecnológica de los participantes.
- El proyecto debe tener participantes de ambos países y debe ser relevante para todos los socios (ningún país debe tener más del 70% de presupuesto).
- Se permite que los proyectos hagan uso de cualquier área tecnológica y sean de aplicación a cualquier sector del mercado.
- Los resultados deben tener fin civil.
- El presupuesto debe ser coherente a los desarrollos a realizar y a la capacidad técnica/financiera de los participantes.
- Los participantes deben firmar un acuerdo de consorcio que especifique los derechos y obligaciones de las partes respecto al desarrollo realizado y los posibles derechos de propiedad intelectual, explotación y comercialización de los resultados.

Procedimiento de presentación de proyectos. Se han definido 2 fases de presentación de propuestas:

- En la primera fase, las entidades participantes presentarán una Expresión de Interés en inglés (vía Eureka Project Application Form) en la cuenta de email: globalstars.chile2016@eurekanetwork.org (antes del 25 de Noviembre de 2016, 17:00 CET). Los participantes obtendrán a mediados del mes de diciembre comentarios o recomendaciones sobre esta versión preliminar del application form por parte de las agencias de sus países.
- En la segunda fase, se hará la solicitud formal (antes del 31 de Enero de 2017). Los participantes cuyas propuestas encajen en el programa serán contactados en el mes de septiembre por CDTI para indicarles los pasos a seguir en la presentación de la propuesta Eureka. Todos los participantes españoles contactados tendrán que registrar en CDTI la solicitud Eureka a través de la aplicación de solicitud de proyectos on-line. En esta solicitud, además del formulario web, deberán incluir el application form firmado por todos los participantes, un borrador de acuerdo de consorcio y una memoria preliminar (en castellano) en la que se describan las tareas a realizar por la entidad española. El plazo límite para presentar la solicitud formal en CDTI finaliza el 31 de Enero de 2017 (17:00 CET).

La financiación de los proyectos en España se hará a través del instrumento CDTI disponible para proyectos I+D en colaboración internacional.

CERTIFICADO BIOPYME

Estado de la convocatoria

Abierta

Plazos de solicitud

01/03/2016-31/03/2016 • 03/05/2016-02/06/2016 • 05/09/2016-05/10/2016

Descripción general

La Orden regula la expedición de una certificación para PYMES de alta intensidad inversora en I+D+i, para acompañar a la presentación de solicitudes de aplazamiento o fraccionamiento con dispensa de garantía a la Delegación de Hacienda competente, identificando las entidades y deudas que se acogen a esta orden. El objetivo es proporcionar a las Delegaciones de Economía y

CERTIFICADO BIOPYME (CONTINUACIÓN)

Hacienda documentación que les permita analizar el carácter transitorio de las dificultades económico-financieras de las empresas y su futura viabilidad.

Objetivos específicos y actividades que se financian

La Orden reglamenta:

- a) La expedición de una certificación por parte del Ministerio de Economía y Competitividad cuya finalidad será la identificación de los expedientes que entran dentro del ámbito de su aplicación.
- b) La identificación de determinados documentos para que las PYMES comprendidas en dicho ámbito de aplicación puedan presentar en los procedimientos de aplazamiento y fraccionamiento, con dispensa de garantía, para contribuir a entender cumplidos los requisitos exigidos en los apartados 3.c) y 5.d) del artículo 46 del Reglamento General de Recaudación aprobado por Real Decreto 939/2005, de 20 de julio.
- c) La concreción de algunos términos y condiciones de dichos aplazamientos o fraccionamientos con dispensa de garantía acordados, en su caso, por la Delegación de Economía y Hacienda competente.

El certificado se podrá solicitar para las cuotas pendientes de devolución de ayudas en forma de préstamo, concedidos en las convocatorias del subprograma de Investigación aplicada Colaborativa y el subprograma INNFACTO, correspondientes a los sectores o acciones estratégicas del Plan Nacional 2008-2011: Biotecnología (010000), Farmacéutico (090000), Salud (300000) y Actuación especial Salud (900000).

Beneficiarios

Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de alta intensidad inversora en I+D+i

APOYO A CENTROS DE EXCELENCIA "SEVERO OCHOA" Y A UNIDADES DE EXCELENCIA "MARÍA DE MAEZTU", 2016**Estado de la convocatoria**

Abierta

Plazos de solicitud

07/09/2016-06/10/2016

Descripción general

El objetivo es doble. En primer lugar, impulsar la calidad de la investigación científica española mediante el reconocimiento de los mejores centros y unidades que destacan por la relevancia e impacto, a nivel internacional, de los resultados de investigación obtenidos durante el período anterior de referencia.

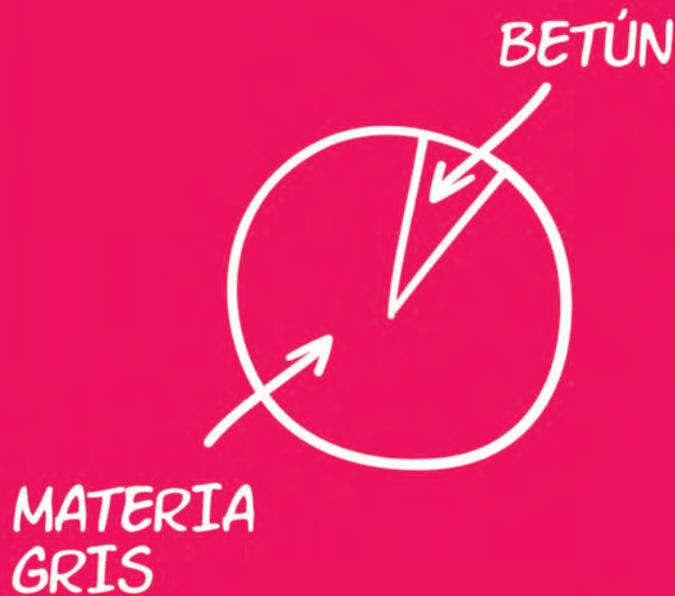
Además del reconocimiento de los mejores centros y unidades de investigación de nuestro país, la convocatoria financia los planes estratégicos o los programas estratégicos de investigación propuestos, respectivamente, por los centros o las unidades, destinados a consolidar sus capacidades científicas, contribuir al liderazgo de la investigación española y actuar como polos de atracción de talento a nivel internacional. La acreditación y la ayuda para la ejecución del plan estratégico o del programa estratégico de investigación tienen una duración de cuatro años y se obtienen a través de un proceso de evaluación y selección basado en criterios científicos y de acuerdo con los más exigentes estándares internacionales.

Objetivos específicos y actividades que se financian

Se contemplan dos tipos de actuación. La primera dirigida a centros de investigación y la segunda dirigida a unidades de investigación, cuya distinción se establece en función de: (1) el grado de autonomía en la gestión administrativa y económica, y (2) la masa crítica de investigadores. Los centros de investigación seleccionados quedarán acreditados como «Centros de Excelencia Severo Ochoa» y las unidades de investigación seleccionadas recibirán la acreditación «Unidades de Excelencia María de Maeztu». Los planes estratégicos de los centros y los programas estratégicos de investigación de las unidades acreditadas serán objeto de financiación en base a la cuantía establecida en la convocatoria.

Beneficiarios

La actuación está dirigida a centros y unidades de investigación del sector público, así como de instituciones privadas de investigación sin ánimo de lucro, cuyo liderazgo científico esté contrastado a nivel internacional, con capacidades para contribuir decisivamente a avanzar en la frontera del conocimiento y generar resultados de alto impacto para el conjunto del Sistema.



En realidad, construir una carretera necesita muy poco betún.

¿Tienen idea de cuanta inteligencia contiene una carretera? Probisa construye carreteras que desactivan los gases contaminantes, drenan la lluvia, absorben el ruido. Carreteras más seguras que mejoran la frenada, que resisten al calor, al hielo, a la intemperie. Carreteras ahorradoras de recursos naturales. Carreteras inteligentes gracias a la suma del talento de nuestros colaboradores.

Probisa
Abrimos paso a nuevas ideas

Calendario de eventos

AÑO 2016

10-14 de octubre PPRA	National Pavement Preservation Conference	Nashville, Tennessee (EEUU) www.ppralliance.org
16-19 de octubre IALCEE	Fifth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering. IALCEE 2016	Delf (Holanda) www.ialcee2016.org
17-21 de octubre Corasfalto	VII Semana Técnica del Asfalto	Bucaramanga (Colombia) www.semanatecnicadelasfalto.com
18-20 de octubre ERF	1st European Roas Infrastructure Congress	Leeds (Reino Unido) www.eric2016.eu
20 de octubre ATEB	III Jornada Nacional de ATEB	Madrid (España) www.ateb.es
20-21 de octubre ACEX - Colegio ITOP Madrid	Curso sobre Señalización de Obras en Vías Públicas	Madrid (España) www.acex.ws
24-26 de octubre AEC	29ª Semana de la Carretera. Innovación para una movilidad segura y eficiente	Úbeda / Baeza (España) www.aecarretera.com
24-28 de octubre Comisión Permanente del Asfalto	XXXVIII Semana del Asfalto	Rosario (Argentina) www.cpasfalto.org
1-4 de noviembre IBEF	6th International Symposium on Asphalt Emulsion Technology, ISAET'16	Arlington, Virginia (EEUU) www.aema.org
2-3 de noviembre The Scrap Tire Research and Education Foundation	7th Rubber Modified Asphalt Conference	Ann Arbor, Michigan (EEUU) www.stref.org
7-9 de noviembre AEC	V Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV)	Santiago de Chile (Chile) www.aecarretera.com
16-17 de noviembre Arizona State University	13th Arizona Pavement Conference	Tempe, Arizona (EEUU) http://pavement.engineering.asu.edu

AÑO 2017

8-12 de enero TRB	TRB 96th Annual Meeting	Washington DC (EEUU) www.trb.org
23-26 de enero ISSA	Slurry Systems Workshop	Las Vegas, Nevada (EEUU) www.slurry.org
29 de enero - 1 de febrero NAPA	NAPA Annual Meeting	Orlando, Florida (EEUU) www.asphaltpavement.org
14-17 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Tucson, Arizona (EEUU) www.aema.o
22-25 de febrero SITEB	Asphaltica 2017	Verona (Italia) www.siteb.it
7-11 de marzo CONEXPO	CONEXPO	Las Vegas, Nevada (EEUU) www.conexpoconagg.com
12-14 de junio EATA	7th EATA Conference	Dübendorf (Suiza) http://eata2017.empa.ch
12-16 de junio Politecnico Milano 1863	WCPAM 2017. World Congress on Pavement and Asset Management	Milán (Italia) www.wcpam2017.com
28-30 de junio BCRRA	10th International Conference on Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields	Atenas (Grecia) www.bcrra2017.com
13-16 de agosto AAPA	XVII AAPA International Flexible Conference. "Roads of the Future – Embracing Disruption"	Melbourne (Australia) https://www.aapa.asn.au



REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

OCTUBRE 2016

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas

[f /asefma](#) [@asefma_es](#) [/company/asefma](#)

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24/31	25	26	27	28	29	30



REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

NOVIEMBRE 2016

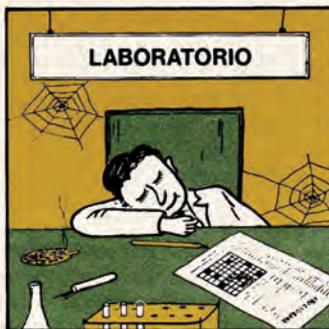
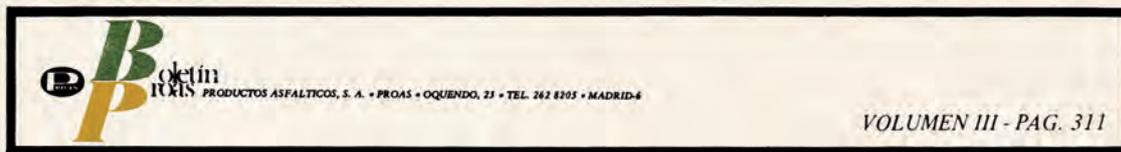
Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas

[f /asefma](#) [@asefma_es](#) [/company/asefma](#)

L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Mirando al pasado

Documento publicado en junio-julio de 1982.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

En las obras de pavimentación se reciben cantidades importantes de materiales asfálticos que deben ser objeto de unos ensayos de recepción para comprobar que el material corresponde a las especificaciones exigidas en el proyecto. Naturalmente, las especificaciones comprenden un número relativamente elevado de descripciones y no resulta posible, en los plazos disponibles y con los medios que se pueden utilizar en un laboratorio de obra, realizar la totalidad de los ensayos en todos los materiales recibidos. Generalmente, los ensayos de recepción pueden limitarse a la comprobación de un par de propiedades características del material en la casi totalidad de los

envíos, realizando los ensayos completos en ocasiones mucho más separadas en el tiempo.

A veces, sin embargo, sorprende el verdadero exceso de confianza en la calidad de los materiales que se observa por parte del personal de las obras, ya que es muy frecuente el caso de que no se realice absolutamente ningún ensayo de recepción de los materiales. Esto, que alguien podría suponer beneficioso para los suministradores, ya que elimina aparentemente la posibilidad de reclamaciones de calidad, es, en realidad, perjudicial para todos, ya que, a veces, da lugar a que, al surgir problemas en la obra, se atribuya su causa a cualquier motivo, sin que existan ensayos que permitan acotar los verdaderos motivos de los problemas.

Los ensayos de recepción son necesarios, deben realizarse sistemáticamente y deben realizarse bien. Es muy frecuente que el único ensayo de recepción que se realiza con los asfaltos sea el de penetración. Con este ensayo es muy frecuente en el verano que, por carencia en los laboratorios de obra de medios eficaces para evitar que la temperatura de los baños termostáticos se mantenga por debajo de los 25°, se obtengan resultados erróneos. En cualquier época del año es frecuente que los penetrómetros se encuentren en mal estado de conservación, que las agujas estén sucias, que hayan sido afiladas en el laboratorio, alterando de este modo sus características, etc. Ya en el terreno de la anécdota, citaremos el caso de un penetrómetro que había sido engrasado con aceite procedente de una lata de sardinas, del que también estaba impregnada la aguja, con la alteración que es imaginable en los resultados obtenidos.

En resumen, los ensayos de recepción son importantes, deben realizarse con toda la frecuencia necesaria y los laboratorios de obra deben contar con el equipamiento necesario para que sus resultados sean confiables. Sin que se requieran grandes inversiones, sencillamente la consciencia por parte de todos de la importancia de estos ensayos puede permitir una mejora considerable en las condiciones de recepción de los materiales en las obras.

Lecturas recomendadas

Protocolos Aleas para el ensayo de sensibilidad al agua y para la compactación de probetas mediante el compactador giratorio. Abril 2016

El grupo Aleas está elaborando protocolos de los ensayos de mezclas asfálticas con el fin de mejorar la reproducibilidad de dichos ensayos. Para ello, un grupo de expertos han detallado todos los elementos de las normas de ensayo que no estaban suficientemente especificados en el texto normativo.

<http://www.asefma.es/protocolos-de-ensayo-de-aleas/>



Informe NCHRP 818: "Comparing the Volumetric and Mechanical Properties of Laboratory and Field Specimens of Asphalt Concrete". Enero 2016. 89 pp.

La importancia de este trabajo radica en que estudia de forma simultánea la caracterización de mezclas preparadas en el laboratorio frente a resultados en obras. Esta investigación pretende cuantificar la magnitud y la causa de las diferencias de los parámetros medidos habitualmente en los distintos tipos de mezclas asfálticas (el estudio incluye 10 tipos de mezclas en diversos estados de EEUU).

http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_818.pdf

Informe "Tack Coat Best practices". FHWA. Abril 2016. 17 pp.

<http://www.fhwa.dot.gov/pavement/asphalt/pubs/hif16017.pdf>

Los riegos de adherencia son un elemento crucial para garantizar la durabilidad de los pavimentos. En esta nota técnica se realiza un repaso a los daños que puede generar una incorrecta aplicación de los riegos de adherencia y se detallan una serie de recomendaciones para garantizar su correcto uso. Sobre la misma temática existe una presentación altamente didáctica que se puede descargar del siguiente enlace:

http://www.asphalt pavement.org/PDFs/Engineering_ETGs/Mix_201409/Blow_Tack%20Coat%20Best%20Practices.pdf



Lecturas comentadas:

Tesis doctoral ‘La herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida en el estudio de secciones de firme’

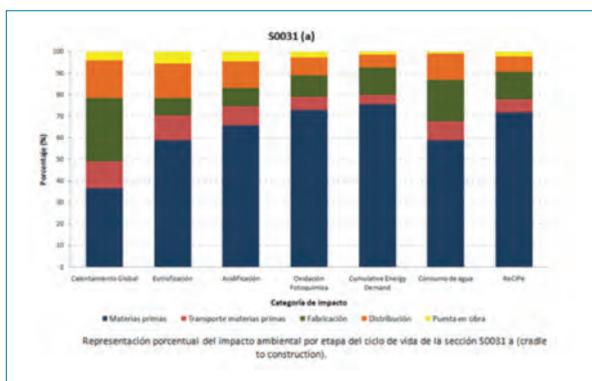
Evaluación ambiental de varias secciones de firme de categoría de tráfico Too A T2 conforme a la norma 6.1-IC

Autor: Alberto Moral Quiza

En esta nueva sección se analizan textos que, consideramos, pueden tener un interés especial. No se solapa, en absoluto, con la sección inmediatamente anterior, Lecturas recomendadas, que tan sólo pretende informar de la aparición de nuevas publicaciones y en la que el comentario se limita a una reseña.

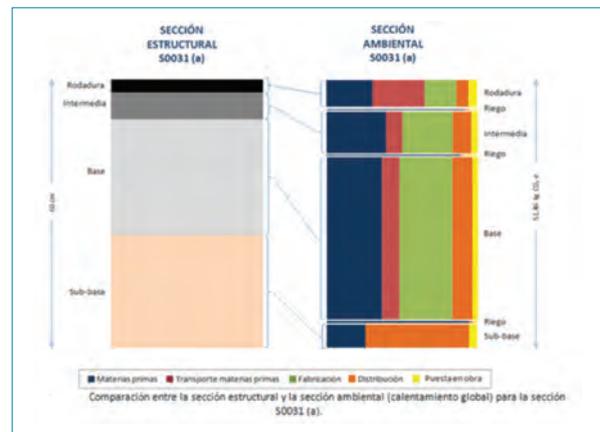
A lo largo de los últimos años, estamos siendo testigos de la lenta incorporación de las temáticas medioambientales en el mundo de la pavimentación. El análisis de ciclo de vida es una metodología que permite cuantificar una gran diversidad de impactos medioambientales, suministrando a administraciones de carreteras, investigadores y empresas datos válidos para la toma de decisiones relativas a modelos constructivos, materiales, procesos de fabricación, etc.

En la tesis doctoral objeto de esta sección, dos son los elementos que la hacen especialmente reseñable: la cantidad y calidad de los datos experimentales recopilados, especialmente adaptados al entorno de España, y la correlación con el potencial de durabilidad de las diversas secciones de firmes analizadas.



Uno de los reproches más comunes a las declaraciones ambientales de productos es que muchas veces comparan productos con distintas funcionalidades, por lo que se introduce un sesgo muy importante en el proceso de análisis.

En el trabajo del Dr. Alberto Moral, investigador del área de Gestión Sostenible del Centro Tecnológico CARTIF, dicha



problemática se aborda de una forma estructurada, comparando las diversas funcionalidades de algunas de las secciones de firmes incluidas en la Norma 6.1-IC, junto con el impacto medioambiental en el que se incurre durante su construcción y mantenimiento. Otro detalle que hace especialmente interesante esta tesis es la inclusión de las operaciones de mantenimiento, temática que pocas veces se ve tratada en la bibliografía, que se ha introducido de acuerdo a unos criterios que pueden ser cuestionados (recomendaciones de la Junta de Andalucía).

Desde un punto de vista metodológico, el estudio realizado incluye los siguientes puntos: sistema de producto a estudiar; funciones del sistema producto; la unidad funcional; los límites del sistema; los procedimientos de asignación; los criterios de interpretación; las suposiciones; las limitaciones; los requisitos de la calidad de los datos; revisión crítica.

Finalmente, también merece destacar el capítulo dedicado a la evaluación del impacto ambiental de las secciones incluidas en el estudio. En él se tratan las categorías de impacto, los indicadores de categoría y modelos de caracterización.

Tesis doctoral ‘La herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida en el estudio de secciones de firme’

Las principales conclusiones extraídas por el autor son:

- Los transportes, tanto de materias primas como la distribución de los componentes elaborados, pueden llegar a tener una relevancia importante en este tipo de producto.
- Para ninguna de las 20 secciones estudiadas la puesta en obra ha resultado ser una etapa especialmente impactante, aunque sí puede tener gran importancia en el comportamiento final del pavimento. Independientemente del volumen de material que ha sido puesto en obra, la puesta en obra nunca ha representado una etapa determinante en ninguno de los casos.
- Para todas las secciones, la etapa de materias primas es la etapa del ciclo de vida más impactante (sin tener en cuenta la etapa de mantenimiento y conservación). Esto implica que, en caso de desear minorar el ciclo de vida de la sección, el punto más importante en el que incidir es, sin duda, la etapa de materias primas. Esto puede lograrse mediante dos opciones:
 - Reciclabilidad: La incorporación de material reciclado es uno de los campos en los que más cantidad de trabajo se ha realizado, valorando distintos porcentajes de introducción de material reciclado, comportamiento de los betunes y adición de rejuvenecedores. El transporte, en este caso, puede ser crucial para que el reciclado se convierta en una opción viable desde el punto de vista ambiental y económico.
 - Desmaterialización: Desarrollo de secciones menos voluminosas. Es el proceso de ofertar una solución estructura equivalente a la convencional, pero con una cantidad de material menor. Existen varias tendencias a este respecto, tales como las mezclas de alto módulo o las más novedosas capas de rodadura Asphalt Ultra Thin Layer (AUTL). Estas acciones no sólo mejorarían la etapa de materias primas, sino que tendrían repercusión positiva en los transportes de materias primas y distribución, así como en los procesos de fabricación y puesta en obra.
- Los principales impactos asociados a los procesos de fabricación van directamente asociados a los procesos de fabricación de mezclas bituminosas. En concreto, el proceso de calentamiento de áridos es el elemento ambientalmente más demandante en la fabricación de aglomerado asfáltico. Existen diversos tipos de mezclas (templadas, semicalientes) que favorecen una menor temperatura de operación, lo que permite un ahorro importante en el coste ambiental de la etapa de fabricación de mezcla bituminosa.
- Con respecto a qué elementos de las secciones de firme presentan mayor impacto, se puede aseverar que, en líneas generales, van directamente relacionados con la masa de los mismos. Los riegos, por su pequeña cantidad volumétrica, presentan un impacto muy poco relevante en el estudio. Las sub-bases son el elemento más impactante, siempre que esté compuesto por un material aglomerado. En el caso de la zahorra, su impacto es considerablemente menor, si bien su transporte hasta la obra puede tener relativa importancia. Por regla general, según se asciende en la sección, las capas de firme son menos voluminosas y, por tanto, menos impactantes, aunque no hay una relación directa entre masa e impacto ambiental.
- Para los indicadores de calentamiento global y consumo de agua, las secciones que el impacto ambiental aumenta según aumenta la cantidad de cemento incluido en la sección. Es una tendencia que se observa en todas las secciones estudiadas y merece la pena ser reseñada, ya que son dos de los indicadores más “populares” y valorados actualmente.
- El impacto de las secciones disminuye paulatinamente según disminuyen las exigencias del firme, es decir, según las categorías del tráfico van siendo menores.
- La etapa de mantenimiento, de acuerdo al protocolo de conservación que se ha introducido en el estudio, y que puede diferir mucho de los realmente aplicados en la práctica, es la etapa más impactante del Ciclo de Vida de la sección de firme. Por regla general, en torno a los 20 años (momento en el que se produce la operación de conservación de más envergadura), el impacto de las operaciones de mantenimiento supera al impacto ambiental de la sección de firme original (salvo en un par de casos concretos).
- La etapa de fin de vida, que ha sido valorada resaltando que es un tipo de actuación poco frecuente en la carretera, demuestra que presenta una gran dependencia de la distancia existente desde la obra hasta el vertedero de inertes. Como se ha comentado, no es una práctica habitual, ya que las infraestructuras se mantienen y conservan de forma indefinida.

Descarga en <https://goo.gl/D1YXk5>

I+D+i. Proyectos destacados

En esta ocasión, la sección Proyectos destacados de I+D+i no se centra en un proyecto en concreto sino en el conjunto de actividades de investigación y desarrollo llevadas a cabo por Austroads (la asociación de las agencias de tráfico y transporte por carretera de Australia-Asia).



Es común encontrar publicaciones de esta organización, las cuales son el resultado de un trabajo programado y sistemático. El conjunto de proyectos en vías de desarrollo se enumera a continuación:

2015-16 proyectos plurianuales

TT1817	Maximising the Use of Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mix Design
TT1819	Characterisation and Performance Evaluation of Granular Bases
TT1820	Maximising the Performance of Sprayed Seals
TT1823	Binder Characterisation Properties for Enhanced Performance
TT1824	Strategic Review of Pavement Design Practice
TT1825	Mix Design and Field Evaluation of Foamed Bitumen Stabilised Pavements
TT1826	Improved Design Procedures for Asphalt Pavements
TT1898	Delivery of a Robust Pavement Design Software Tool
TT1908	High Modulus Asphalt Mix Design and Structural Design
TT1897	Increasing the Use of Low-cost Modified Granular Materials in New and Rehabilitated Pavements

Proyectos que se inician en 2015-16

TT2017	Performance Based Specifications for Binders
TT2037	Development of a Sprayed Seal Binder Cracking Test
TT2058	Properties of General Purpose Cement with Increased Percentages of Limestone
TO1993	Standards Australia – Bitumen and Related Materials for Roads
TP1969	Implementation of New Pavement Design System through Publication of an Updated Guide to Pavement Technology (AGPT) Part 2
TO2052	Minor Reviews of Existing CPEE Distance Learning Units: Pavement Management, Fundamentals of Road Construction, Road Maintenance, and Construction Contract Law/Risk
TO2053	Major Review of Existing CPEE Distance Learning Unit: Introduction to Pavements

Más información sobre dichos proyectos se puede encontrar en el siguiente enlace:

<http://www.austroads.com.au/road-construction/pavement-technology/technology-program-pavements>

1988 - 2013
25 AÑOS

VIATOP®

El "Pellet".

Liderando las SMA desde 1988

inside

VIATOP®

RETTENMAIER IBÉRICA
S.L. Y CIA. S. COM.



Fibras diseñadas
por la naturaleza
Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia, 56, 2ªa
08006 Barcelona

Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897
www.jrsiberica.com • info@jrsiberica.com

Marcando récords de influencia

El sector del asfalto en nuestro país ha sido pionero en la utilización de las redes sociales para la difusión de su actividad.

Como viene siendo habitual, las últimas Jornadas organizadas por Asefma batieron nuevas marcas en cuanto a su repercusión de las redes sociales. Así, la Jornada Nacional de este año tuvo un impacto de 13 millones de impresiones, lo cual se debe al interés del evento, al seguimiento online y al ámbito internacional en el que se está desarrollando esta convocatoria.

Pero la comunicación 2.0 se supera día a día y recoge diferentes iniciativas que sirven para dar más visibilidad aún al sector. La mejor prueba de ello han sido el II InterCILA y el evento Blogueros del Asfalto.

En este sentido, Madrid acogió, el pasado mes de junio, el segundo encuentro interCILA, reunión de alto nivel de alcance en los países iberoamericano, que aborda cuestiones de la práctica, la innovación y la sostenibilidad en mezclas asfálticas y analiza los progresos de la digitalización del sector. El evento, retransmitido vía *streaming*, contó con un debate paralelo en Twitter, en el que participaron 218 usuarios

(Tweet Binder). Logró ser, además, tendencia en España, ocupando a media tarde la séptima posición entre los hashtags más utilizados en Twitter por los usuarios conectados desde el territorio español. Este es un hecho sin precedentes hasta el día de hoy.

Bajo el hashtag #interCILA se registraron 2.058 tweets procedentes de 218 cuentas distintas, lo que se tradujo en un alcance estimado en 350.099 usuarios y 9.743.621 impresiones. Semejantes registros suponen un importante avance respecto al alcance obtenido en la anterior edición posicionando así al interCILA como uno de los eventos españoles vinculados al sector viario con mayor repercusión en las redes.

Por otro lado, el Premio "Blogueros del Asfalto" es una iniciativa sectorial que promueve el uso de herramientas de comunicación social por empresas, entidades de I+D, profesionales y técnicos del sector. El lanzamiento de la primera edición del premio Blogueros del Asfalto tuvo una acogida superior a la prevista por la organización.



Marcando récords de influencia

El primer día de su apertura al público se registraron 30 blogs, nominados por usuarios mediante Twitter (con hashtag #BloguerosdelAsfalto), correo electrónico (comunicacion@asefma.com.es) y también directamente desde la web habilitada al efecto: blogosferadelasfalto.asefma.es.

En el primer encuentro online en Twitter mediante el hashtag #BloguerosdelAsfalto, celebrado el 7 de abril, participaron 52 usuarios, que generaron 371 tweets y 1,1 millones de impresiones. En el segundo, con fecha de 14 de abril, se volvió a superar la barrera del millón de impresiones gracias a las aportaciones de 60 participantes.

Como puede verse, el sector del asfalto se mueve en unas cifras de impactos en RRSS que dan auténtico vértigo. A día de hoy se sigue sin ver dónde puede estar el techo, y tecnologías como Big Data van a ser necesarias para, algún día no muy lejano, poder analizar con detalle este fenómeno liderado por Asefma...



#49

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Los pavimentos con mezclas asfálticas drenantes bicapa permiten laminar los caudales de agua con ocasión de tormentas, avitando sobrecargas en redes de saneamiento” (Editorial, número 20)

#INGENIERÍA

*"reforzamos el firme,
consolidamos el futuro"*

*"by reinforcing pavements,
we guarantee the future"*



asefma

**La asociación del sector con más
impacto del mundo en redes sociales
(índice de Klout 60)**

**The asphalt industry association
with major impact worldwide on social
networks (Klout Score 60)**

Síguenos en: / Follow us on:



@asefma_es
(9,700 followers)



/asefma

www.asefma.es

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS
OF ASPHALT MIXES

Avda. General Perón, 26
28020 Madrid (Spain)
www.asefma.es

T.: +34 911 293 660
F.: +34 911 293 566
E.: asefma@asefma.com.es





Innovar está en nuestros genes

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



REPSOL

Inventemos el futuro

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