

ASFALTO

Y PAVIMENTACIÓN

Número 18 · Volumen V · Tercer trimestre · 2015

número **18**



INTRAME

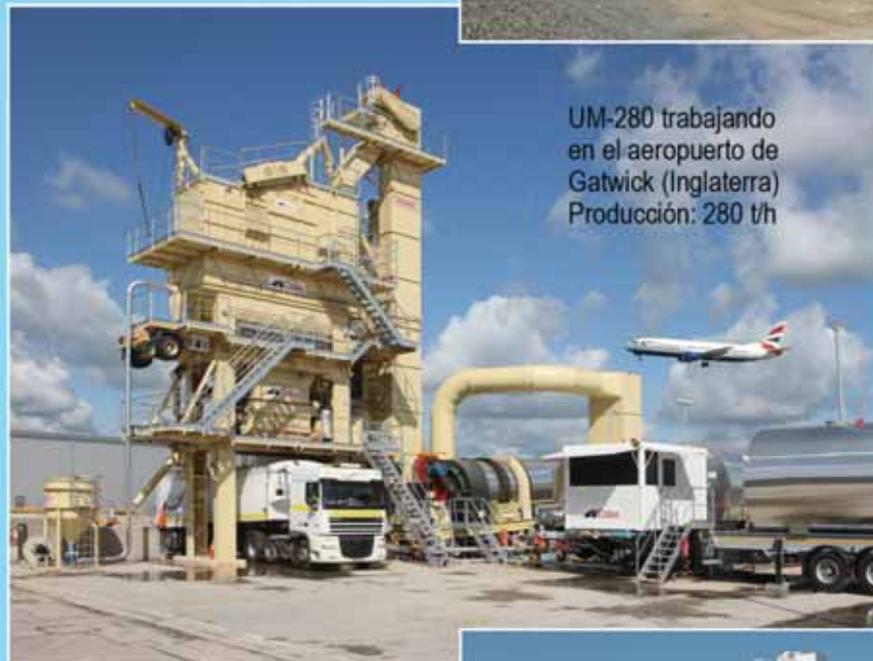
PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ DEL TIPO ESTACIONARIO

Producciones de 80 a 400 t/h.

Equipos de reciclado en frío y en caliente como accesorios.



InNova 350 trabajando
en Polonia
Producción: 350 t/h



UM-280 trabajando
en el aeropuerto de
Gatwick (Inglaterra)
Producción: 280 t/h

◀ PLANTAS ASFÁLTICAS ULTRA-MÓVILES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Todas las unidades
principales montadas
sobre ruedas

Equipos móviles de reciclado
en frío y en caliente como
accesorios

PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ MODULARES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Transporte y montaje rápidos.
Todas las unidades montadas
sobre repartidores de carga.

INTRAME

Industrial de Transformados Metálicos S.A.

Oficina Comercial:

Núñez de Balboa, 85 - 28006 Madrid
Tel.: 91 577 60 08 - Fax: 91 576 09 37
e-mail: comercial@intrame.com



M-280 trabajando
en Gerona
Producción: 280 t/h



Número 18 · Volumen V
Tercer trimestre · 2015

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

Alberto Bardesi, Andrés Costa,
Jesús Felipo, Jacinto Luis García
Santiago, Lucía Miranda, Jorge Ortiz,
Anna París, José Luis Peña,
Nuria Querol, 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.asfaltoypavimentacion.com
asfalto@asfaltoypavimentacion.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 18 · Volumen V · Tercer trimestre · 2015

Editorial

XVII Congreso Iberoamericano del Asfalto

05

Tribuna

José Antonio Soto

07

Tribuna

Andrés Pérez de Lema

09

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

11

Jacinto Luis García Santiago

Captación de energía en la carretera mediante transductores piezoeléctricos

25

Antonio Pérez Lepe, Silvia Hernández Rueda, María Ángeles
Izquierdo Rodríguez, José Francisco Fernández Lozano,
Alberto Moure Arroyo, María Pilar Ochoa Pérez, Domingo
Urquiza Cuadros

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

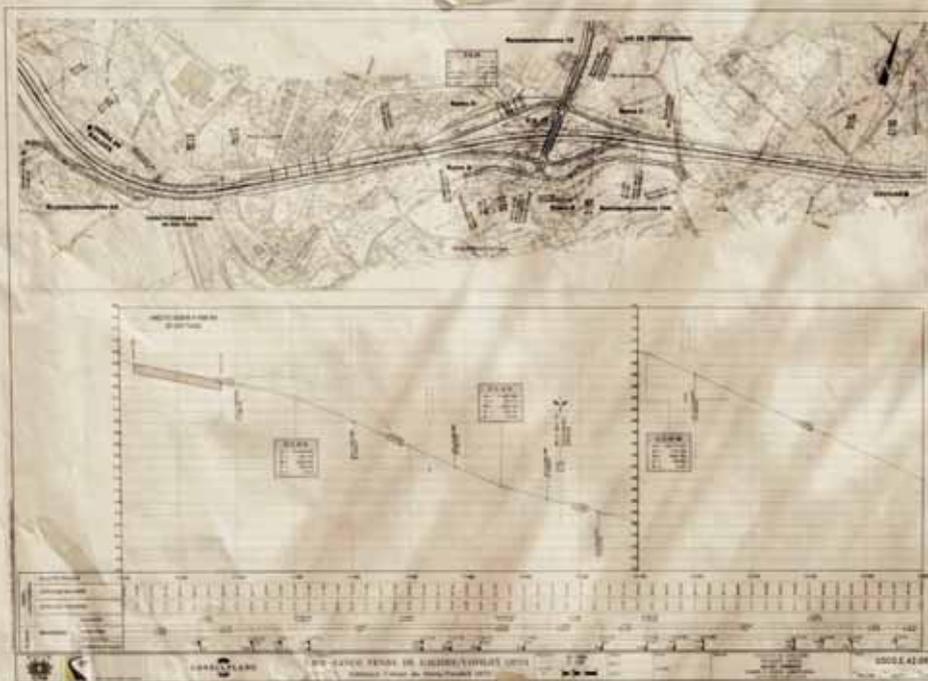
29

Andrés Costa

Secciones fijas

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

33



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@galpenergia.com



XVIII Congreso Iberolatinoamericano del Asfalto

 El próximo mes de noviembre tendrá lugar la celebración del XVIII Congreso Iberolatinoamericano del Asfalto (CILA) en la ciudad de Bariloche, en la Patagonia argentina. Más allá de los atractivos turísticos que posee esta ubicación, al decir de todos aquellos que la han visitado, este encuentro proporcionará a técnicos y empresas españolas dos importantes alicientes.

Por un lado, los encuentros CILA han ido ganando importancia desde su arranque en Río de Janeiro (Brasil), en 1981, hasta llegar a convertirse en lo que hoy día son: el mayor evento técnico en materia de ligantes y mezclas bituminosas en español (y portugués). Y si exceptuamos el Congreso Mundial de la AIPCR, en el que el español se emplea también como lengua oficial, seguramente los CILA constituyen los congresos hispanos más importantes en materia de ingeniería civil. Su éxito ha servido de ejemplo para la creación de otros, como el Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV), que con el impulso, entre otras, de la Asociación Española de la Carretera (AEC), está sirviendo para la difusión e implantación de las mejores prácticas en materia de seguridad vial en todo el ámbito latinoamericano.

La importancia que hemos referido sobre el CILA afecta tanto a los asistentes, más de mil en el encuentro celebrado en Sevilla en 1999, como al nivel de las conferencias y las comunicaciones presentadas. Si se nos permite la licencia, hablando en términos flamencos, en Bariloche se oirá cantar en todos los palos del conocimiento asfáltico. Presentaciones de todos los países americanos, Incluidos los de habla inglesa, y, por supuesto, Portugal y España. Los más modernos ensayos y aplicaciones serán objeto de comunicaciones y debates. Una oportunidad única para los que quieren presentar sus trabajos o, quizás más importante, para aprender y/o contrastar conocimientos. Y ocasión también de contactar y acordar proyectos de investigación entre universidades y otros centros de investigación.

El segundo punto de interés es algo menos científico, pero igualmente importante, sobre todo para las empresas del sector. El CILA acoge a investigadores, profesores y demás

especialistas del asfalto, pero también a numerosos profesionales que desarrollan su labor en las administraciones públicas de vialidad y en las concesionarias de infraestructuras de transporte terrestre de todos estos países. Y no es necesario recordar el peso que hoy día tienen para nuestras empresas contratistas y concesionarias los proyectos de construcción, conservación y explotación de carreteras en el ámbito latinoamericano. Conocer los programas y proyectos, las modalidades de contratación, contactar con sus responsables técnicos, descubrir nuevas oportunidades de negocio... constituye ese segundo aspecto de interés para estar en noviembre en Bariloche.

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, **Antiadherentes** y limpiadores de base vegetal (alternativos al gasóleo), **Ceras** y **Tensoactivos** para la fabricación de mezclas semicalientes, **Activantes de adhesividad** (activa y pasiva), **Asfalto natural** y endurecedores de ligante, **Polímeros**, **Caucho NFU** y resinas, **Acidificantes**, **Rejuvenecedores (RAP)**, aditivo **Antihielo**, **Emulgentes (Anio y Cat)**, 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

El betún



José Antonio Soto
Vocal de la revista
Asfalto y Pavimentación

El betún, conocido desde hace miles de años en sus yacimientos naturales o impregnando determinadas rocas, hasta el obtenido por la destilación del crudo petrolífero en la actualidad, es un producto en el que se basan la mayoría de las soluciones en los pavimentos de carreteras de todo el mundo, tanto desde el punto de vista económico, medioambiental y funcional.

Son ya muchos años disfrutando, con “blancas excepciones”, de la confortabilidad y seguridad de sus pavimentos, de la versatilidad de sus aplicaciones y hasta de su olor y color.

No vamos a descubrir ni describir ahora sus muchas cualidades, ni tampoco vamos a cargar las tintas sobre el deficiente estado de nuestras carreteras a pesar de disponer de un material capaz de aglomerar, con un pequeño porcentaje, al resto de componentes de las diferentes técnicas bituminosas.

El betún, material viscoelástico de color negro, con el que podemos elaborar emulsiones bituminosas, modificarlo para mejorar sus prestaciones, espumarlo para trabajar a bajas temperaturas además de tener la posibilidad de aditarlo y rectificarlo para cambiar su “genética”, todo ello hace de él uno de los materiales más utilizados en el mundo de las carreteras.

No sé si habrá algún material de construcción, tanto en su formulación original como en sus diferentes versiones, con tal gama de posibles aplicaciones. Porque amén de las utilizadas en pavimentación de carreteras, con el betún y sus derivados impermeabilizamos nuestras casas, sellamos nuestros embalses y canalizaciones de agua para evitar pérdidas, con emulsión bituminosa se protege la siembra de los taludes para evitar su erosión e incluso sirve como apósito para evitar que la savia de los frutales se pierda por las ramas rotas.

¿Os imagináis qué sería de la construcción y conservación de nuestras carreteras si no dispusiésemos de betún as-

fáltico? El panorama sería muy complicado. Si en un futuro cercano las empresas petroleras decidiesen destinar el crudo de petróleo a la destilación de otros productos más rentables y cesara el suministro de betún, no solo muchas empresas dejarían de existir si no que tendríamos que empezar a utilizar otras soluciones con las que, de momento, no estaríamos tan familiarizados. Habría que contestar a muchas cuestiones:

¿Cómo haríamos la Conservación de los actuales pavimentos flexibles? ¿Y los nuevos proyectos, tendríamos soluciones tan económicas? Hay que resaltar que hablamos de la Conservación de miles de kilómetros de caminos rurales, carreteras secundarias, autovías y autopistas. Sinceramente opino que, en el hipotético caso de que se llegara a esa coyuntura, la contestación a estas preguntas pasaría por una reconversión de las empresas del sector muy traumática y los presupuestos para carreteras tendrían que ser mucho mayores.

Sin embargo, a pesar de la fortaleza de este sector estratégico, no se nos trata con la misma consideración que a otras infraestructuras y no es porque seamos conformistas ni poco beligerantes. Se ha insistido y mucho de la poca inversión en carreteras durante el último lustro, se han llamado a las puertas adecuadas y se han celebrado reuniones al más alto nivel de responsabilidad, se han realizado Jornadas Técnicas y de información, publicaciones en prensa y otras muchas acciones y a pesar de esa fortaleza intrínseca, estamos en un bache del que se tardará bastante en salir.

Lo que si tenemos claro los técnicos y empresas de este sector es que, a pesar de las enormes dificultades por la que ha pasado, se han mostrado y se siguen mostrando tan unidos y cohesionados como las carreteras están con el betún y seguiremos trabajando para que continúe así.

Ahí reside nuestra fortaleza.

Con PROAS
vuelve a estrenar
carretera.

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

Más información en www.proas.es

 **CEPSA**

El asfalto, el material con el que se forjan los sueños



Andrés Pérez de Lema
Editor de la revista
Asfalto y Pavimentación

Al término de la novela Dashiell Hammett, cuando le preguntan al detective privado Sam Spade (Bogart) de qué material está hecha la pesada y enigmática figura del Halcón Maltés que todos ansiaban, éste responde, con la mirada perdida en el infinito: “está hecha con el material que se forjan los sueños”.

Hemos interiorizado el uso Asfalto de una manera tan natural, que a veces banalizamos la trascendencia de su utilidad. Son infinitas las posibilidades que nos ofrece la madre de “la red de redes”, desde las más prosaicas hasta las más trascendentales. Esta pérdida del componente mágico nos hace vulnerables a torticeros cantos de sirena.

El disparate nacional consistente en arrinconar reiteradamente a las Carreteras, con la mitad de presupuesto (2.383 millones de euros frente a los 5.460 que se “apachambra” el ferrocarril; 67% AVE) es una prueba más de que hemos perdido la batalla.

La alta velocidad es el equivalente a las pirámides de nuestra era. Nuestros gobernantes nos obligan a empujar un bloque de arenisca, cuando podríamos desplazarnos de forma más eficiente, económica, práctica y ecológica.

El coste que supone cada medio de transporte con respecto al retorno de la inversión es tan insultante que sólo un componente “mágico” y desconocido puede justificar tales decisiones.

Durante todo el primer semestre de 2015 se desplazaron en AVE 9,5 millones de viajeros. Sólo en agosto, el avión desplazó a más de 24 millones de viajeros. Pero es que, sólo el día 1 de agosto, la carretera sirvió para realizar ¡43,2 millones de desplazamientos!

Si realizamos un poco exigente ejercicio intelectual matemático, se puede observar cómo la mitad de nuestro presupuesto de Fomento, 5.460 millones de euros, ha servido para que desplazemos en AVE durante seis meses el mismo número de personas que se desplazaron en coche durante cinco horas del día 1 de agosto, con sólo 2.383 millones de euros. La incalculable suma de desplazamientos que se realizaron con los cinco meses, 29 días y 19 horas que completan este semestre de AVE, lo regalo.

#26

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“La temperatura de la mezcla, durante la ejecución de un reciclado en frío con ligante bituminoso, es un factor influyente en sus prestaciones” (Art. Influencia de la temperatura de mezcla en las propiedades mecánicas de los reciclados en frío con emulsión, número 2)

#INGENIERÍA

HA NACIDO NOVAFIR

Nueva publicación
sobre firmes y pavimentos



Novafir es una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos científicos, estados del arte, artículos de divulgación y casos prácticos aplicados tanto a explanadas como a pavimentos bituminosos y de hormigón.

YA A LA VENTA EL PRIMER NÚMERO - www.cinter.es

Una edición de David Hernando,
con Manuel G. Romana y Miguel Ángel
del Val como editores adjuntos.

NOVAFIR

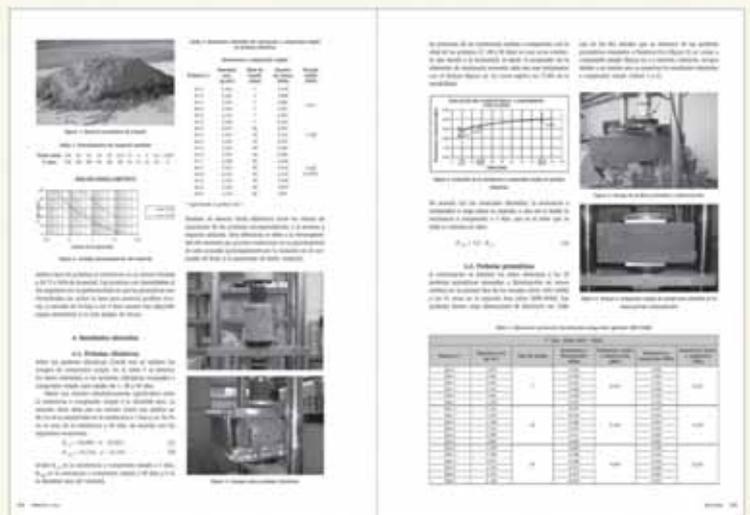
Nace como una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos sobre firmes y pavimentos que recogen aspectos novedosos sobre los materiales, los deterioros, el dimensionamiento, la fabricación, la conservación y la tecnología de pavimentación, y de artículos que, a pesar de no desarrollar aspectos novedosos, llevan a cabo un análisis de la información existente que sirve como base para avanzar en el conocimiento.

EL NÚMERO UNO

Este primer volumen incluye 19 artículos clasificados en 9 capítulos: explanadas, mezclas bituminosas en caliente, mezclas bituminosas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, mezclas bituminosas fabricadas a baja temperatura, pavimentos de hormigón, firmes especiales, puesta en obra, auscultación y reciclado de firmes.



Editado por CINTER
con la colaboración de ASEFMA



Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

Jacinto Luis García Santiago, jacintoluis@outlook.com
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

La puesta en obra de mezclas asfálticas en tiempo frío suponen un reto para la calidad y el comportamiento de las mezclas en caliente extendidas en esas condiciones. Las densidades de la capa y su uniformidad son muy sensibles a la temperatura de la mezcla durante su compactación.

Cuando las condiciones climáticas son de bajas temperaturas, es necesario conocer y gestionar los factores clave que afectan a la temperatura de la mezcla durante su compactación, para poder asegurar que las operaciones de puesta en obra logran un resultado satisfactorio.

En condiciones climáticas adversas pueden llevarse a cabo, de un modo razonable, actividades de puesta en obra de mezclas asfálticas en caliente aplicando, con cuidado, metodologías adecuadas.

Palabras clave: asfalto, extendido, compactación, temperatura, tiempo frío, inclemencia, enfriamiento

Asphalt paving operations in cold weather is a difficult challenge for the quality and performance of hot mix asphalt laying under this conditions. Uniformity and mix densities are too sensitive to the mix temperature during laying and compaction operations.

It is necessary to know and manage the key factors that affect compaction temperature, to make sure that paving operations are successful when cold temperatures are presents on the field.

Paving can be done under adverse conditions if care and practices applied are adequate.

Keywords: asphalt paving, compaction, mix temperature, cold weather, cooling

1. Ejecución con mal tiempo

La puesta en obra de las mezclas bituminosas en caliente (MBC) debe planificarse para que se ejecute siempre en condiciones climáticas favorables, en cuanto a temperaturas, viento y lluvia, de modo que su compactación se realice en el rango adecuado de temperaturas, y también que las condiciones de humedad de la superficie de apoyo no agraven la velocidad de enfriamiento de la capa, ni afecten a la calidad y

adherencia de la nueva capa al soporte. De esta forma se favorece, o posibilita, no solo que se alcance la densidad exigible, sino que ésta se consiga en buena temperatura, sin reducir ni prestaciones mecánicas ni cohesivas.

Sin embargo, esto no siempre es así y hay ocasiones en las que su ejecución se lleva a cabo en situación de bajas temperaturas, presencia de viento o de lluvia, o con humedad en la superficie de apoyo, lo que dificulta en gran manera la compactación de la mezcla y que ésta se realiza en un rango

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

correcto de temperaturas y sin presencia de segregaciones térmicas, además de repercutir negativamente en otras propiedades de la capa como regularidad superficial, textura, etc.

1.1 Influencia de la temperatura en las propiedades de la mezcla y comportamiento de la capa

La temperatura de la mezcla influye directamente sobre la viscosidad de su ligante y, por tanto, sobre la viscosidad de la propia mezcla, determinando su compactabilidad y, consecuentemente, influye en la densidad y volumen de huecos que finalmente tiene la capa tras su compactación.

Según se va perdiendo temperatura, el ligante se va volviendo más viscoso y resistente a la deformación, por lo que la reducción de volumen de aire con un mismo esfuerzo de compactación, se va volviendo más y más reducida. Así, llega un momento en que la temperatura de mezcla es ya lo bastante baja como para que la rigidez del ligante impida cualquier aumento de densidad, con dicho esfuerzo de compactación.

Esta temperatura límite inferior, denominada comúnmente **temperatura de cese o fin de compactación (TfC)**, es aquella, por debajo de la cual, la fricción interna y la cohesión de la mezcla son ya tan altos que la aplicación de esfuerzos de compactación adicional únicamente provocaría pequeños aumentos de densidad. Pero no sólo esto, sino que podría llegar a ser contraproducente continuar la compactación y esas pasadas de rodillos, excepto los utilizados para eliminar marcas, pueden dar lugar a fisuras en la mezcla y una disminución de su densidad; esto es particularmente importante en el caso de rodillos vibratorios, en los que el umbral mínimo de temperatura para aplicar la vibración es más alto que el de la TfC (en función de espesor de capa y tipo de mezcla). La TfC se sitúa en el entorno de los 80-85°C, para mezclas comunes de hormigón asfáltico (D, S, G) con ligantes usuales, como 50/70

En general, con compactación convencional, en la que se aplica un esquema de compactación fijo, se estima un enfriamiento gradual de la capa extendida, en función de su espesor y de las condiciones ambientales, y con ello, el tiempo disponible para la compactación. En la estimación de este TdC, no se tienen en cuenta anomalías localizadas de temperatura, debidas a segregaciones térmicas, por lo que la uniformidad de temperatura de la mezcla en la capa extendida, medida

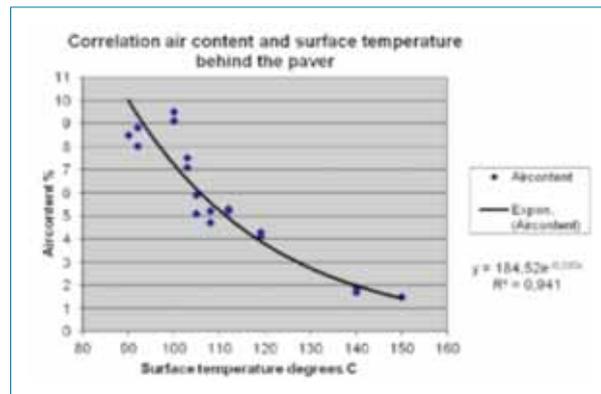


Figura 1. Relación entre temperatura inicial de capa extendida y contenido de huecos (densidad) tras la compactación. [Ref. 1]

antes de su compactación, tras su salida de la regla de la extendidora, predetermina, en un alto grado, la uniformidad de densidades alcanzada en la capa y, por tanto, la uniformidad o heterogeneidad de comportamiento y durabilidad de la misma, como se muestra en la Figura 1.

Las áreas más frías, con segregación térmica, presentarán mayor dificultad para obtener una densidad correcta tras su compactación, quedando con un mayor contenido de huecos, lo que reduce la resistencia a la acción de agua, su impermeabilidad, cohesión, etc., en definitiva su durabilidad.

Es bien conocido que las propiedades y comportamiento de una mezcla, con una composición dada, están caracterizados por el contenido de huecos, es decir por su densidad, que por ello se adopta como parámetro clave para la recepción de la capa compactada. No obstante, es algo menos conocido que en muchas mezclas no basta con la densidad y que, aun llegando a un nivel de densificación adecuado y un contenido de huecos correcto, las mezclas compactadas a temperaturas más bajas presentan deficiencias en su cohesión y características mecánicas, respecto a las compactadas a temperaturas más altas.

En los últimos años se han publicado varios estudios que han mostrado la negativa repercusión que tiene, en propiedades significativas relacionadas con sus prestaciones (como son la cohesión y el módulo), la compactación de una mezcla bituminosa en caliente a temperaturas más bajas del rango óptimo y ello, y es lo significativo, a pesar de que se alcance la densidad especificada. [Ver referencias Ref. 2 y Ref. 3].

Tendremos así, para esas mezclas, un rango óptimo de compactación, en el que se maximizan las propiedades cohesivas y mecánicas de la capa

Por ello, ha de tenerse en cuenta que la densidad (volumen de huecos) no es, en sí misma, el parámetro clave para caracterizar las prestaciones de la mezcla en la capa, sino que hay que tener en cuenta el **binomio densidad-temperatura de compactación**, que es el que fija el nivel de su comportamiento mecánico y cohesivo en muchas de las mezclas.

Por tanto, debe remarcarse que la actuación de los compactadores debe hacerse a la temperatura más alta posible, según las propiedades de la mezcla, para alcanzar la densidad necesaria con el mínimo esfuerzo de compactación, ya que ello redundará favorablemente en alcanzar mejores características mecánicas (módulo) y cohesión de la mezcla. En especial, la primera pasada, la del rodillo de cabeza, es la que logra una mayor densificación de la mezcla y es la que influye, de manera importante, en esa mejora de propiedades, con independencia de la densidad real finalmente alcanzada.

Existiría, entonces, otro **límite de temperatura mínima recomendable para completar la primera pasada y para maximizar las propiedades mecánicas y cohesivas de la mezcla**, y la durabilidad de la capa. Límite que se tendría en cuenta para la primera pasada del compactador de cabeza (que es la que produce el mayor incremento de densidad, ver fig 5, en el contexto del apartado 4.4), en especial con equipos vibratorios, y cuya temperatura es sensible al tipo de mezcla, a su contenido de mortero y al tipo de ligante. Este límite figura, a título indicativo, marcado en verde en alguno de los gráficos de este artículo (Fig 3, 4, 6 y 8), y en ellos se aprecia con claridad cómo se acorta el tiempo disponible respecto al genérico de fin absoluto de compactación (TfC), resultando inviable lograr dar esa primera pasada en situaciones desfavorables. En esos casos, debe optarse por lograr un nivel alto de densificación a buena temperatura, mediante la precompactación dada por la regla, bien reduciendo velocidad y maximizando actuación de támara y vibración, bien optando por equipos con reglas con Sistemas de Alta Compactación (SAC).

2. Aspectos normativos

Todas las normativas establecen limitaciones en forma de condiciones de tipo ambiental (temperatura, viento, lluvia, heladas,..) para poder proceder al extendido de mezclas asfálticas en caliente, a fin de prevenir una calidad inaceptable en la capa ejecutada. Estas limitaciones están definidas, con

mayor o menor precisión o alcance, en unas normativas respecto a otras.

En la normativa española más general, el PG-3 [Ref.4], las limitaciones establecidas en los artículos 542 y 543 son las siguientes:

“Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente:

- *Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5° C), salvo si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros (5 cm), en cuyo caso el límite será de ocho grados Celsius (8° C). Con viento intenso, después de heladas, y especialmente sobre tableros de puentes y estructuras, el Director de las Obras podrá aumentar estos límites, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.*
- *Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas”.*

En la normativa de algunos países con climatología más desfavorable se distingue, en cuanto a las limitaciones por precipitaciones, si se trata de capas de rodadura o de capas inferiores, admitiendo su extendido en caso de precipitaciones ligeras ligadas a unos mínimos en la temperatura ambiente y de la superficie de apoyo y estado de humedad de ésta (por ejemplo, la de los países sajones. [Ref 5].

Asimismo, en cuanto a viento, algunas normativas llegan a fijar unas velocidades límite para permitir el extendido, que son función de la capa y de la temperatura del aire, como se ve en la Figura 2 que muestra dos ejemplos, tomados de [Ref 5], aplicables a capas de mezclas bituminosas continuas (tipo AC) y a mezclas porosas, en las que diferencian la especificación en función del ligante modificado con caucho empleado.

En otras especificaciones de regiones de climas fríos, además, se suele limitar la época de ejecución, como en las del DOT de Washington [Ref 6] en las que indica:

5.04.3 (16) Limitaciones climáticas

Las MBC para capas de rodadura no se podrán colocar en ninguna carretera abierta al tráfico entre el 1

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

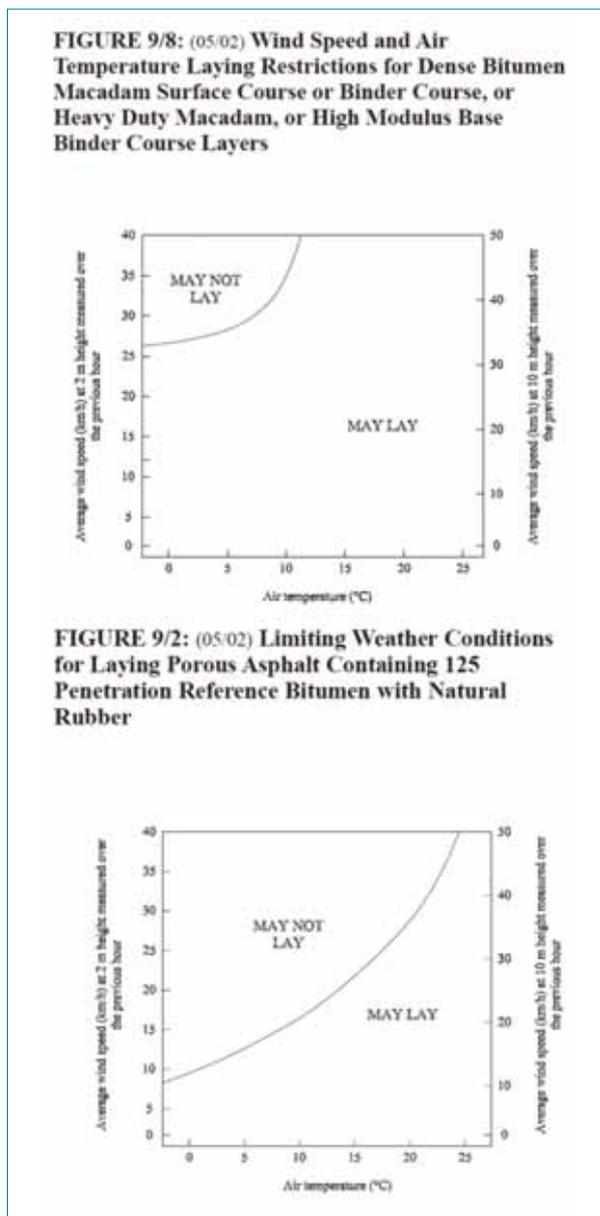


Figura 2. Limitaciones climáticas para puesta en obra [Ref 5].

de Octubre de cualquier año y el siguiente 1 de abril, sin la aprobación por escrito del Ingeniero responsable del proyecto.

El riego de imprimación no se ejecutará con temperaturas por debajo de 50°F (10°C) sin la aprobación por escrito del Ingeniero responsable del proyecto.

Las MBC no se extenderán sobre ninguna superficie húmeda, o cuando las temperaturas medias son inferiores a las especificadas en la tabla siguiente, o cuando otras condiciones del tiempo impidan un adecuado manejo y acabado de las mezclas bituminosas.

Tabla 1: Limitación de la temperatura de la superficie

Surface Temperature Limitation		
Compacted thickness (feet)	Wearing course	Other courses
Less than 0.10	55° F	45° F
0.10 to 0.20	45° F	35° F
0.21 to 0.35	35° F	35° F
More than 0.35	(Not applicable)	25° F

Only on dry subgrade, not frozen and when air temperature is rising.

3. Puesta en obra con bajas temperaturas

El extendido de mezclas en caliente con bajas temperaturas ambiente es una operación delicada o desaconsejable, tanto más cuanto menos espesor tenga la capa, o con superficie de apoyo mojada, dada la sensibilidad que el enfriamiento de la capa recién extendida tiene a la temperatura en el aire y en la superficie de apoyo.

Las temperaturas mínimas que fijan las normativas son un límite a respetar, pero no es suficiente. Aun haciéndolo, ello no evita tener que adoptar precauciones específicas en el procedimiento de puesta en obra, cuando las temperaturas están próximas a ese límite.

En la Figura 3 se muestran las curvas de enfriamiento para las dos situaciones límite que en el PG-3 se indican como admisibles, en cuanto a la temperatura del aire, de 8°C cuando la capa tiene un espesor inferior a 5 cms y de 5°C en los demás casos. En el cálculo con el programa MultiCool¹, se ha supuesto que la temperatura de la superficie de apoyo es la misma que la del aire y que la velocidad del viento es moderada, de 15 km/h.

Se puede apreciar que, en estas circunstancias, "legales" o acordes a la normativa, es muy reducido el tiempo de que se dispone para compactar la mezcla, en especial para que el rodillo de cabeza pueda realizar su primera pasada en el rango óptimo de temperatura, ya que dispondría de menos de 4 minutos antes de la que la mezcla se enfríe a 120°C. Por ello, el procedimiento de puesta en obra de condiciones normales, no resultaría adecuado y habrá que adaptarse a estas circunstancias.

¹ MultiCool, promovido por la NAPA, disponible en <http://www.asphalt pavement.org/multicool>

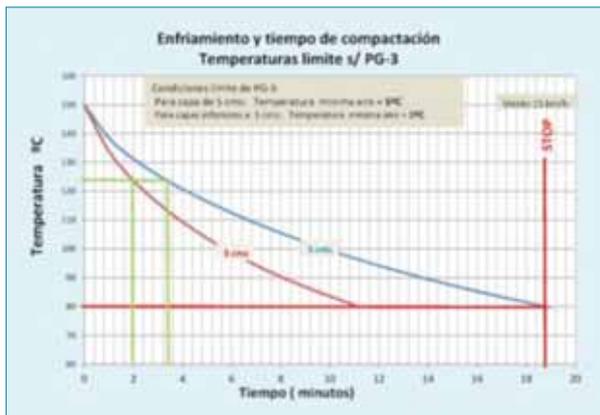


Figura 3. Enfriamiento de capa en condiciones límites de PG-3.

Pero, a veces, se presentan circunstancias todavía más extremas de clima, con temperaturas por debajo de los límites aceptados en la normativa, en las que, a pesar de ello, es preciso proceder a la puesta en obra de mezclas en caliente, en condiciones térmicas muy desfavorables.

Es por ello, aún más necesario, tener muy en cuenta todos los factores que inciden en el enfriamiento de la capa y en su compactación, para adecuar el procedimiento habitual de puesta en obra, o para diseñar una metodología más específica para esas condiciones de clima, de modo que se minimicen los riesgos de calidad en la capa terminada.

Como regla general, se puede señalar que será muy difícil compactar la mezcla hasta alcanzar un nivel de densidad adecuado, y no debe plantearse el extendido, si el tiempo disponible para realizar la compactación en un rango adecuado de temperaturas, no va a superar los 10 minutos.

4. Aspectos y factores influyentes a tener en cuenta con bajas temperaturas

En lo que sigue se analiza el tiempo disponible para la compactación de la mezcla en estas condiciones desfavorables y los diversos factores que lo determinan

4.1 Segregaciones térmicas

Con bajas temperaturas los riesgos de segregaciones térmicas se multiplican, por lo que deben minimizarse los tiempos de transporte, proteger adecuadamente la carga durante el mismo (lo mínimo son lonas en buen estado para cubrir totalmente la carga, pero pueden ser necesarios aislamientos

térmicos de la propia caja²) y minimizar los tiempos de entrada/salida del camión en la extendidora, dado el peligro de enfriamiento de la mezcla expuesta en tolva y tras la regla en las paradas, siendo difícil evitar áreas con fuerte segregación térmica en la capa.

Por ello, en estos casos, el empleo de Dispositivos de transferencia de material (DTM) rehomonizadores se vuelve crucial.

4.2 Tiempo disponible para la compactación

Con temperaturas bajas, el enfriamiento de la mezcla extendida se acelera, por lo que el tiempo disponible para su compactación se reduce sustancialmente y aumentan los riesgos de compactar fuera del rango de temperaturas adecuado.

Ello hace necesario bajar la velocidad de avance de la extendidora, reduciendo así el tiempo de exposición de la superficie extendida y el área de trabajo de los rodillos, acercando éstos a la extendidora. En su caso, será preciso aumentar el número de compactadores

Entre los distintos factores influyentes en el tiempo disponible para la compactación, además de la temperatura ambiente y viento, son determinantes el espesor de capa y la temperatura de la capa subyacente, aspectos que condicionan sobremanera la viabilidad de extendido en tiempo frío

4.3 Espesor de capa

El factor más crítico en el enfriamiento de la capa extendida es el espesor de la capa. Con espesores gruesos se puede mantener más tiempo la temperatura, mucho más que una capa delgada, en la que el tiempo disponible para su compactación, puede ser notoriamente insuficiente..

En la figura Fig 4 se muestran las curvas de enfriamiento, en condiciones de tiempo frío extremo (0°C en la superficie de apoyo y en el aire) de capas de varios espesores, una delgada de 3 cms, una de AC de 5 cms y una de AC 8 cms de espesor, y la gran diferencia de los tiempos disponibles para su compactación, hasta llegar al fin de la misma a 80°C.

Partiendo del empleo de regla de alta compactación y pudiendo bajar el umbral de la primera pasada de rodillo a

² Las cajas aisladas térmicamente son habituales en los países nórdicos y, desde de 2015, obligatorias en Alemania para extendidos mayores de 18.000 m².

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

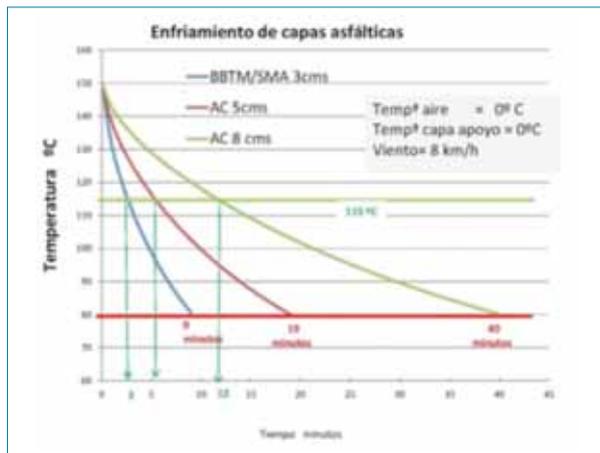


Figura 4. Curvas de enfriamiento de mezclas de distinto espesor (Multicool).

un valor en el entorno de 115°C, los tiempos disponibles para dar las pasadas iniciales en capas de poco espesor, antes de que la mezcla se enfríe por debajo de esa temperatura, son escasísimos y nada viables en capas delgadas; así en las capas de 3 cms de espesor se dispondría de solamente de 3 minutos y el cese de compactación en la misma debería producirse antes de 9 minutos, mientras que en una capa de AC de 5 cms suben a 5 minutos para la primera pasada y 19 minutos para el fin de compactación.

La conclusión es que, en condiciones extremas, la puesta en obra de capas delgadas, de 5 cms o menos de espesor, solo es razonablemente viable si, con reglas con Sistema de Alta Compactación (SAC), se consiguen niveles de densificación en la precompactación muy próximos al final requerido.

Resalta, en cambio, la gran ventaja de la solución bicapa equivalente, la de 8 cms., al aumentar la inercia térmica de la capa conjunta, haciendo viable el extendido de capas delgadas y ultradelgadas en buenas condiciones térmicas, ya que el tiempo disponible para esa primera pasada sube a 12 minutos y el de cese de compactación llega a 40 minutos.

4.4 Precompactación de regla y rodillo de cabeza

Con reglas convencionales, el rodillo de cabeza juega un papel fundamental en la compactación y se podría decir, para mezclas tipo AC habituales, que si la primera pasada se da por debajo de 130/120 °C, puede haber importantes dificultades para alcanzar la densidad requerida. En circunstancias

de temperaturas bajas y capa subyacente fría, el tiempo disponible para dar esa primera e importante pasada por encima de esa temperatura es muy reducido o, incluso, llegar a ser inviable el que se consiga.

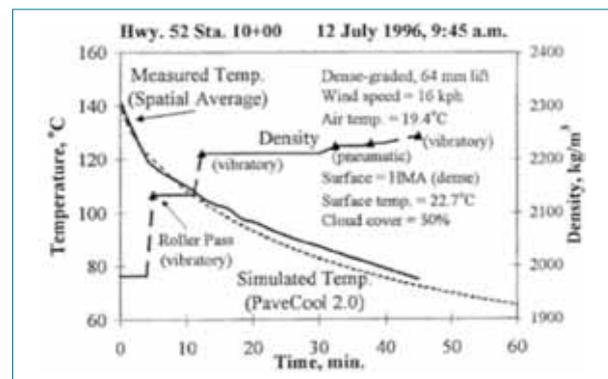


Figura 5. Temperatura y densificación obtenida en cada pasada (Ref.7).

El gráfico de la Figura 5 es muy descriptivo de la importancia de esa primera pasada del rodillo de cabeza en el rango alto de temperatura.

Por ello, cobra especial importancia el maximizar la precompactación de la regla, sustituyendo parcialmente la función de esa primera pasada, para lo cual ha de bajarse velocidad de avance, aunque el modo más eficaz, que puede ser imprescindible, es el de emplear reglas con SAC.

4.5 Temperatura de capa de apoyo

Hay que tener en cuenta que el enfriamiento de la capa se produce, no sólo por la superficie expuesta al aire (en lo que influye la temperatura de éste y el viento) sino también, y en medida algo mayor, en su contacto con la capa de apoyo, contacto que favorece la transmisión de calor entre ambas hasta llegar a una temperatura de equilibrio. Si la superficie de apoyo está muy fría, absorbe gran parte del calor de la capa provocando un rápido enfriamiento de ésta.

En casos delicados, de temperaturas muy bajas o aquellos en los que, a las circunstancias anteriores, se suma el extendido de capas sensibles, como pueden ser las de poco espesor, se puede recurrir a precalentar la superficie de apoyo, con equipos de gas caliente o infrarrojos, del tipo de los habitualmente usados en reciclado en caliente in situ. Ello permi-

te obviar cualquier pérdida de calor en el contacto íntimo de ambas capas y aumenta sensiblemente los tiempos útiles para compactar la capa.

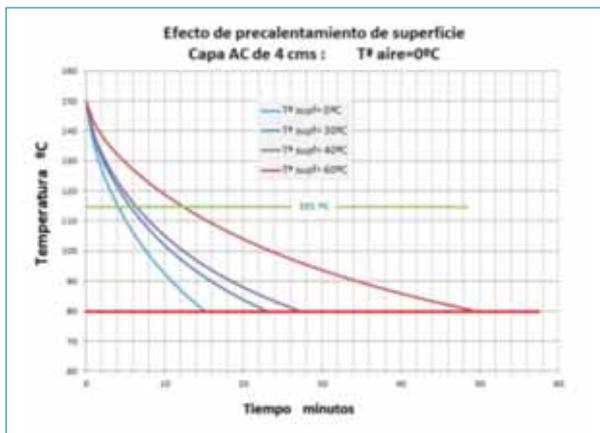


Figura 6 - Efecto de la temperatura de la superficie de apoyo.

El gráfico de la Figura 6 muestra el efecto del precalentamiento en una situación extrema, con temperatura de aire y de la superficie de 0°C y el efecto de precalentar la capa de apoyo, en el extendido de una capa de mezcla tipo AC de 5 cms de espesor. Es una técnica de empleo relativamente frecuente en los países nórdicos, como se muestra en la Figura 7.

4.6 Temperatura de mezcla

En situaciones de bajas temperaturas, no solo hay que superar la dificultad de fabricar la mezcla a la temperatura a

adecuada, a pesar de que los áridos están más fríos y, frecuentemente, más húmedos, sino que es conveniente elevar esa temperatura habitual hasta el límite superior del rango admisible, para compensar la mayor velocidad de enfriamiento en el transporte y en el extendido. En la Fig. 8 se comparan las curvas de enfriamiento de dos mezclas de 5 cms., con temperaturas iniciales de 150°C y de 135°C, en las condiciones límites aceptables según la normativa, ya citadas.

La creciente expansión de las mezclas de baja temperatura atempera algo el problema de enfriamiento, al reducir las temperaturas de puesta en obra y también su velocidad de enfriamiento. Así, con el mismo caso anterior, una típica mezcla semicaliente (WMA), con una reducción de temperatura de 20°C respecto a la AC equivalente y temperatura inicial de 130°C, aunque aplicada con temperaturas ambiente y de superficie de 0°C (por debajo de los límites aceptables por PG.3), tendría unos tiempos disponibles para compactar (rebajando el rango de temperaturas de compactación en 15°C) similares a los de la anterior AC (en una situación límite, aún aceptable por PG3), con una primera pasada a 105°, en vez de los 125° de la AC (Figura 9).

5. Apoyo en capas granulares congeladas

Un caso singular puede presentarse cuando la superficie de apoyo es de tipo granular o permeable, en la cual la infiltración de agua (o nieve) puede haber saturado sus poros, y una situación de temperaturas muy bajas continuadas haya llegado a producir su congelamiento, con la consiguiente ex-



Figura 7- Precalentamiento de superficie, delante del extendido, con equipos con calentadores de gas.

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

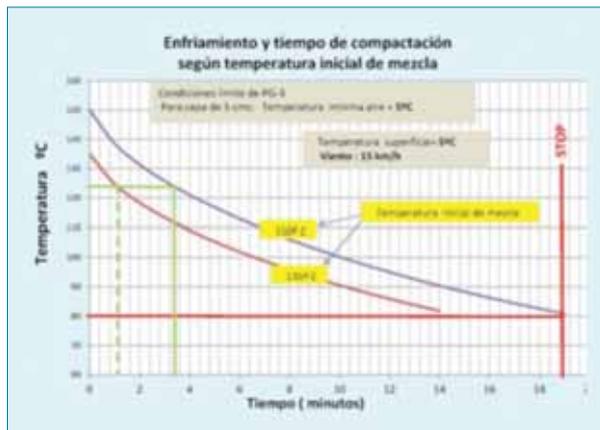


Figura 8. Efecto de la temperatura inicial de mezcla en el TdC.

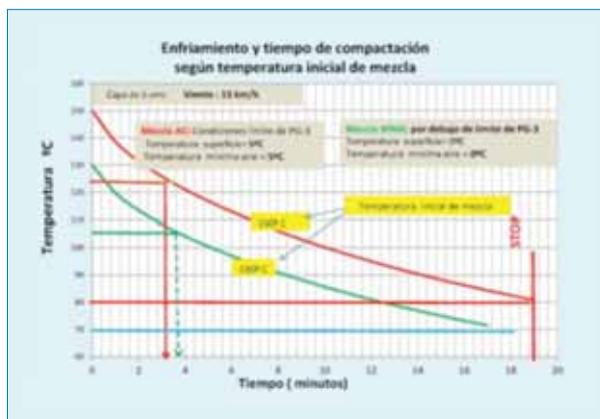


Figura 9. Comparación de WMA a 135°C y AC convencional.

pansión al helarse, de dicha agua de saturación. En ese estado, evidentemente no es aceptable como superficie de apoyo de nuevas capas, siendo necesaria una adecuación previa de la misma una vez que se haya descongelado, recompactando la capa.

Una solución posible, si las temperaturas se mantienen bajas, es aplicar equipos de calentamiento por infrarrojos, como los antes citados, para provocar su descongelación y poder anticipar el reacondicionamiento de la capa. (Fig 9).

6.- Soluciones no convencionales para casos extremos

Hay situaciones extremadamente desfavorables, como ocurre con heladas y viento, además de temperaturas muy bajas, en las que un extendido convencional es absolutamente implan-teable porque los riesgos de calidad serían inasumibles.

Sin embargo, las técnicas disponibles hoy día permitirían otros planteamientos de la metodología de extendido, cuya aplicación es capaz de realizar la puesta en obra de las mezclas en caliente, de modo que la calidad obtenida sea razonablemente buena.

Uno de los procedimientos válidos comprende aplicar un conjunto de medidas como las siguientes:

- Precalentamiento de la superficie helada
- Empleo de DTM rehomonizador, tipo silo móvil para reducir/eliminar paradas de extendido y con vertido protegido de la mezcla a la tolva específica situada en la extendidora.



Figura 10. I-80/I-90/I-94/IL Route 394 Interchange.

- Extendedora con regla de alta compactación, con velocidad reducida y regulada para maximizar densidad inicial
- Número de rodillos aumentado para trabajar en menos número de pasadas y muy cerca de la extendedora en tramos de corta longitud, con disposición en paralelo, si el ancho de calle lo permite.

Con este método, la caída de temperatura se produce sólo en la transferencia de material del DTM a la extendedora, de ahí el proteger la misma y en la pérdida de calor en su contacto con la capa subyacente.

Por ello, si se alcanza un nivel de precompactación próximo al nivel final justo al salir de la regla, la fase de compactación convencional es menos crítica.

Un caso extremo de condiciones adversas en las que hubo que realizar la colocación de MBC, es el que se muestra en la Figura 10, ocurrido durante la construcción de I-80/I-90/I-94/IL Route 394 Interchange, del DOT de Illinois, en 2005. Además de retirar la nieve, se descongeló la subbase granular con equipos de calentamiento de reciclado en caliente in situ, se recompactó la misma y se extendieron MBC con un DTM tipo silo de transferencia, con la compactación reforzada y muy próxima a la extendedora.

Referencias

- Ref. 1 Information about thermal imaging of asphalt paving. Connie Andersson [www.adelo.se].
- Ref. 2 Efecto de la temperatura de compactación sobre el módulo resiliente de las mezclas asfálticas. P.Limon et alt. [Revista Carreteras Nº 163].
- Ref. 3 Influencia de las segregaciones térmicas en el comportamiento mecánico de las mezclas bituminosas Proyecto Fénix. Ramón Botella, García Santiago et alt. [Web Proyecto Fenix].
- Ref. 4 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3 (Actualización FOM 2523/2014).
- Ref. 5 Manual of contract documents for highway works. Volume 1 Specification for highway works. Series 900 Road pavements. Bituminous bound materials.
- Ref. 6 Washington State Department of Transportation. Standard Specifications for Road, Bridge and Municipal Construction [2008].
- Ref. 7 An asphalt pavement tool for adverse conditions MnDOT Chadbourn, Newcomb 1998.

#27

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El estado de conservación influye directa y exponencialmente en los costes de uso de los vehículos. Las mezclas asfálticas permiten su rápida adecuación” (I Congreso Multisectorial-AIPCR, número 18)

#HECHOS_ECONÓMICOS

1988 - 2013
25 AÑOS

VIATOP®

El "Pellet".

Liderando las SMA
desde 1988



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



Fibras diseñadas
por la naturaleza
Una compañía del grupo JRS

C/ Venezuela, 103, 4ª planta., 08019 Barcelona
Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897
www.jrsiberica.com • info@jrsiberica.com

Captación de energía en la carretera mediante transductores piezoeléctricos

Antonio Pérez Lepe, aperezlepe@repsol.com
Centro de Tecnología Repsol

Silvia Hernández Rueda
Centro de Tecnología Repsol

María Ángeles Izquierdo Rodríguez
Centro de Tecnología Repsol

José Francisco Fernández Lozano, jfernandez@icv.csic.es
CSIC Instituto de Cerámica y Vidrio

Alberto Moure Arroyo, alberto.moure@icv.csic.es
CSIC Instituto de Cerámica y Vidrio

María Pilar Ochoa Pérez, pilar.ochoa@upm.es
Universidad Politécnica de Madrid

Domingo Urquiza Cuadros, durquiza@ceis.es
Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (CEIS)

El diseño de las carreteras se centra fundamentalmente en la función de soporte a los vehículos (necesidades mecánicas) y las funciones de seguridad y confort. En las últimas décadas, otras funcionalidades y propiedades, una vez superadas las anteriores, han cobrado importancia: disminución de la huella ambiental en todo el ciclo de vida, rodaduras especiales, eliminación de gases nocivos (NO_x), captación de energía... Es esta última línea la que explora el presente trabajo, donde se presentan los resultados más relevantes del proyecto REC (Roads as energetic roads), el cual intenta cambiar el concepto de infraestructura de transporte hacia el concepto de infraestructura activa e inteligente. El reto acometido es el de captar energía mecánica vibracional mediante la incorporación de elementos piezoeléctricos bajo la rodadura de la carretera. El trabajo concluye con que la tecnología de almacenamiento de energía a partir de pulsos generados por el tránsito de vehículos es viable y competitiva.

Palabras clave: energía, inteligente, piezoeléctricos, carretera

The design of a highway is mainly focused on the structural or mechanical needs to sustain traffic as well as safety and comfort issues. Over the past few decades, other properties and functionalities have called the attention for many research groups: low-CO₂ footprint, special surfacing and wearing courses, NO_x reduction, energy harvesting... The latter line is explored in the present work, where the main results of project REC (Roads as energetic crops) are delivered. The project tries to shift a surface transport infrastructure towards the concept of active and intelligent infrastructure. The challenge is to harvest vibrational mechanical energy through piezoelectric elements under the surface of the road. The main conclusion is that the technology for the storage of energy upon the generation of single pulses under vehicle traffic is viable and competitive.

Keywords: energy, intelligent, piezoelectric, highway

1. Introducción

Las carreteras convencionales se centran en dar soporte a los vehículos, atendiendo únicamente (salvo casos excepcionales) a las necesidades mecánicas necesarias para cumplir esta función, y además a la seguridad y el confort, dos de los factores más valorados por los usuarios finales de la carretera. Existen en la actualidad proyectos y tendencias tecnológicas innovadoras que tratan de dotar a las carreteras con nuevas propiedades y características, más allá de su uso tradicional como soporte del tráfico rodado. Ejemplo de ello lo constituyen las numerosas funcionalidades de que se están dotando las capas de rodadura de las carreteras: eliminación de gases nocivos, disminución de ruido, drenabilidad del agua, menor consumo de combustible, mayor durabilidad, color, etc. Una referencia clara de estos esfuerzos en I+D fue el proyecto cénit "Fénix", en España, y otros proyectos en Europa, EEUU o Latinoamérica.

El objetivo a largo plazo del presente artículo es cambiar y extender el concepto de infraestructura de transporte hacia el concepto de infraestructura activa e inteligente. Para ello se han evaluado todas las opciones de captura de energía, aprovechando todos los factores y posibilidades energéticas que posee la infraestructura, además de los usos potenciales de dicha energía.

Así, en el caso del asfalto, en la carretera nos encontramos con una estructura multicapa, con una superficie oscura expuesta al sol, con un movimiento continuo de vehículos transmitiendo presión y energía cinética, con unas presiones que bajan hasta el terreno a través de sus capas semi-rígidas, con una fricción importante entre el neumático y la superficie, y con una red física interconectada de muchos kilómetros cuadrados.

Cuando un vehículo pasa por encima de una carretera, se genera una pérdida de energía por parte del vehículo (unos 400-500 kilovatios por kilómetro), que de ser recuperada equivaldría al consumo medio de entre 600 y 800 hogares o sería suficiente para alimentar 9 vehículos eléctricos pequeños. Al igual que este tipo de energía mecánica, también es aprovechable la energía cinética de los vehículos, el rozamiento, la acumulación de calor, etc. Muchos son los esfuerzos tecnológicos por parte del sector automovilístico para capturar parte de esta energía por el propio vehículo, pero pocos o ninguno han invertido esfuerzo innovador en la infraestructura.

De este modo, mediante la incorporación de nuevas tecnologías en la construcción de cualquier tipo de vía de forma que se pudiera recuperar y canalizar la energía "perdida" por los vehículos, las carreteras cumplirían con los principios de un desarrollo energético sostenible. El proyecto REC "Roads as energetic crops" se enmarca dentro de la disciplina de captación de energía residual, o Energy Harvesting. Como si de un campo de cultivo se tratara, la carretera se sembrará de receptores y captadores de energía de bajo voltaje, desde los cuales se irá recolectando energía, que de otro modo se perdería, para alimentar diferentes dispositivos. Pero, ¿de qué energía puede disponerse en la carretera y para qué usos sería conveniente?

- Posibles Fuentes aprovechables de energía: Energía Solar Térmica; Energía Solar Fotovoltaica, Energía Mecánica: fricción superficial; Energía mecánica: vibración aprovechada desde el vehículo; Energía mecánica: vibración aprovechada sobre la carretera; Energía mecánica cinética: elementos circundantes a la carretera o en el propio vehículo; Energía Electromagnética por Inducción: alimentación de baterías de coche eléctrico en movimiento; Energía Termoeléctrica por gradientes de temperatura.
- Posibles Usos de la energía recuperada: Independientemente del proceso captador de energía, ésta puede ser empleada para diversos usos, entre los que se contemplan los siguientes, en función de la cantidad y lo más fundamental como se verá a lo largo del trabajo, la calidad de esa energía: Alumbrado, señalización y elementos circundantes a la carretera; Alimentación de coche eléctrico (durante su movimiento o acumulando en puntos de recarga); Transporte de energía hasta acumuladores; Elementos circundantes en zonas urbanas: Ascensores, escaleras mecánicas, etc.; Alimentación de dispositivos sensores embebidos y autónomos: daños del material, radares, densidad del tráfico, localizaciones GPS, TICs, smart-grids...; Traslación de tecnologías a transporte terrestre por raíles: tren, metro, tranvía, etc.; Desplazamientos de personas o vehículos ligeros en recintos cerrados,...

Piezolectricidad para captación de energía

Todo vehículo transitando sobre carreteras y firmes semi-rígidos genera deformaciones instantáneas en el pavimento

que actúan de forma negativa en la durabilidad del mismo. En situaciones de tráfico lento, sobre todo en entornos urbanos, la vibración continuada que ejerce el vehículo sobre la carretera supone una cantidad de energía no aprovechada. Si la energía producida por esas deformaciones y vibraciones se pudiese recuperar, contribuiría en gran medida a la conservación de las carreteras, y aún más importante, se podría generar energía eléctrica aprovechando dichas deformaciones que harían de las carreteras infraestructuras no sólo de transporte sino de obtención de energía.

Cuando un vehículo pasa por encima de una carretera, la carretera se deforma verticalmente debido al peso del vehículo. Se genera así una pérdida de energía por parte del vehículo. Una manera de recuperar esta energía sería empleando materiales piezoeléctricos (Curie y Lippmann, 1880-81), los cuales recogerían la energía transmitida por el vehículo al firme y la transformarían en corriente eléctrica (o diferencia de potencial eléctrico).

Una definición clásica de piezoelectricidad (término griego para electricidad a partir de presión) es la generación de polarización eléctrica de un material como respuesta a una tensión mecánica. Cuando el material es sometido a una tensión mecánica aparece una diferencia proporcional de potencial eléctrico entre dos caras del material, produciendo una variación del momento dipolar dentro del material (sin que exista ningún campo eléctrico externo que lo induzca), que da lugar a la aparición de un campo eléctrico en el interior. Este fenómeno se conoce como efecto directo (Lippmann, 1881) o efecto generador y se aplica fundamentalmente en la fabricación de sensores, así como en captación energética, en un estado aún incipiente. El efecto inverso (Curie, 1880) es ampliamente utilizado en actuadores piezoeléctricos para dispositivos electrónicos.

Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría. El efecto de una compresión o de un cizallamiento consiste en disociar los centros de gravedad de las cargas positivas y de las cargas negativas, apareciendo entonces dipolos elementales en la masa y, por influencia, cargas de signo opuesto en las superficies enfrentadas. La recuperación de energía vibracional por parte de elementos piezoeléctricos incorporados en el asfalto de vías urbanas, estructuras viarias y carreteras puede suponer un hito en el desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte y gestión de la movilidad. Sin embargo, los mate-

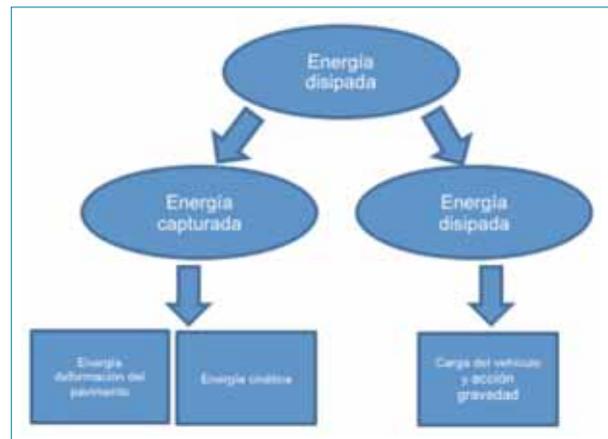


Figura 1: Figura 1. Disipación de energía potencial desde el vehículo.

riales cerámicos piezoeléctricos tienen varias limitaciones, entre ellas: su baja estabilidad mecánica al ser sometidos a tensiones mecánicas; la pérdida de eficiencia por altas pérdidas dieléctricas y procesos de despolarización; la mejor respuesta (mayor entrega de energía) se produce en unos rangos de frecuencias de excitación concretos; y la última pero no menos importante, se trata de compuesto con un contenido mayoritario en plomo, >65% en peso. Sin embargo, los materiales cerámicos piezoeléctricos presentan enormes ventajas como son: su producción a bajo coste en diferentes formas; su facilidad de ajuste de las propiedades mediante modificaciones de la composición de los mismos. El proyecto REC aborda el desarrollo de materiales cerámicos piezoeléctricos encapsulados en estructuras metálicas que permiten soslayar algunas de las limitaciones antes mencionadas y su validación como elementos para el aprovechamiento de la energía vibracional en la carretera.

2. Resultados

2.1 Diseño de los transductores embebidos

En la propuesta de proyecto se fijó como prioritario situar bajo la rodadura un transductor piezoeléctrico tal que no dañara la propia infraestructura, entendiendo como transductor cualquier elemento capaz de transformar la energía desde una forma (mecánica) a otra (eléctrica). Así se valoraron 2 alternativas para dichos transductores: discos y fibras piezoeléctricas. De estas dos se selecciona la opción de discos ya

Captación de energía en la carretera mediante transductores piezoeléctricos

que maximiza la conversión de presión a electricidad presentando un mayor volumen localizado bajo el impacto de un vehículo. Es por ello, que se decide seleccionar esta vía como clave decisiva para el prototipado.

La mejor respuesta piezoeléctrica (mayor entrega de energía) se produce en un rango de frecuencias concreto, el llamado modo fundamental de resonancia del piezoeléctrico. Sin embargo a la frecuencia de impacto de los vehículos nos situamos muy por debajo de esta frecuencia óptima. De acuerdo con un diseño publicado por el Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC) la disposición en discos embebidos puede ser la solución más prometedora para casos de embebido total en una matriz. Por tanto, se opta por incluir en el prototipo estructuras con piezo-cerámicas compuestas con acoplamiento mecánico integrado, para el ajuste de las propiedades requeridas en el contexto de las carreteras: recuperación de energía en un amplio espectro de frecuencias, mejora de la solitud mecánica, reducción de las pérdidas dieléctricas, estabilidad en condiciones de uso e instalación. Existen diferentes métodos para maximizar la conversión de energía mecánica en eléctrica en una cerámica. Los llamados acoplamientos mecánicos son sistemas que hacen transmitir la presión ejercida sobre ellos de forma generalmente direccionada hasta la cerámica. En el proyecto se han puesto en juego acoplamientos mecánicos llamados integrados, llamados así porque constituyen una misma pieza junto con la cerámica. Se trata de címbalos o platillos de metal que pegados en ambas caras de un disco cerámico hacen re-direccionar la fuerza, incluso la difusa, en la dirección de expansión radial del disco, maximizando la eficiencia de la conversión.

El material piezoeléctrico seleccionado para el prototipo es un disco cerámico comercial (de circonato-titanato de plomo (PZT). La temperatura de Curie, definida como la tempe-

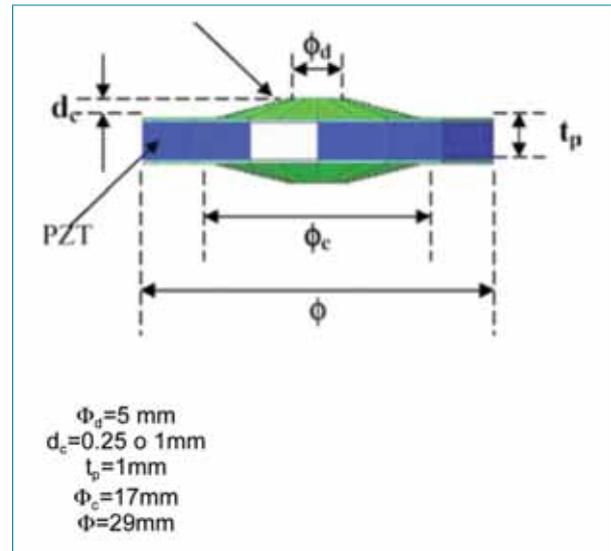


Figura 2. Esquema y dimensiones de los címbalos preparados.

ratura a la cual el material piezoeléctrico pierde sus propiedades piezoeléctricas, fue un factor importante a tener en cuenta en la elección del material piezoeléctrico empleado, dado que la temperatura de procesado de las mezclas bituminosas en las que debía ser integrado el sistema es superior a 150°C habitualmente. Para la cerámica PZT seleccionada la temperatura de Curie se sitúa entorno a los 340°C , garantizando su adecuado comportamiento a las temperaturas de trabajo en carretera.

El diseño de los címbalos se realizó con base en el análisis de la respuesta estructural del sistema címbalo-disco piezoeléctrico mediante aproximación mediante elementos finitos. Finalmente, y aunque el diseño se ha ido modificando durante la etapa de prototipado, se concluye en un diseño de discos de 29mm de diámetro, 1mm de espesor y un címbalo de chapa de latón de 0.3 mm de espesor y 1mm de altura (dc), según el esquema que recoge la Figura 2.

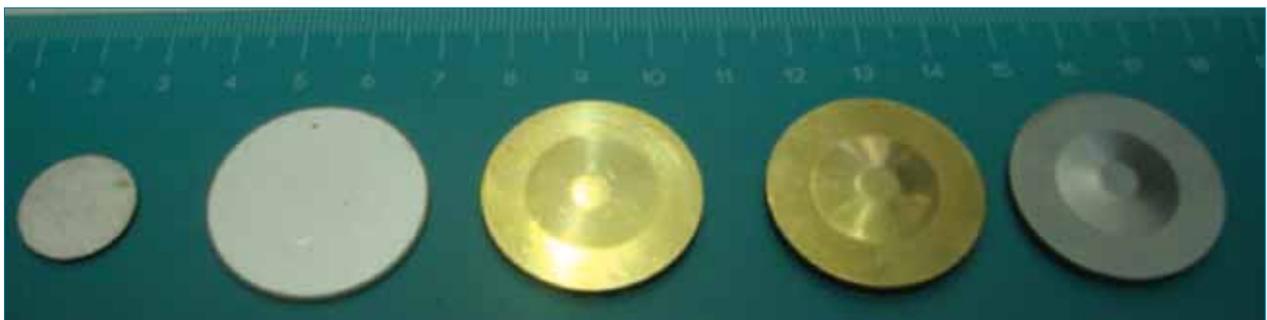


Figura 3. Vista de los diferentes discos y címbalos ensayados en el prototipo Wheel Track.

2.1 Diseño del equipo de ensayo de laboratorio

Tomando el equipo Wheel-Track test, que consiste en una rueda con peso equivalente a vehículo apoyada en un banco con movimiento de vaivén donde se soporta la probeta asfáltica, se ha cableado hacia afuera de la cámara climática hasta un osciloscopio, en primera instancia. Una vez se inicia el ensayo, la rueda pasa rodando encima de la probeta y se puede registrar el pulso eléctrico generado por el piezoeléctrico enterrado bajo la superficie de la probeta. En una segunda fase, se ha sustituido el osciloscopio por una tarjeta de adquisición de datos y un circuito eléctrico, con una presentación en PC de la energía acumulada con el paso continuo de rueda. La rueda de ensayo es metálica y con banda de rodadura de goma maciza de 5 cm de ancho y 2 cm de espesor. La frecuencia de la rodadura es de 42 pasadas por minuto, con un recorrido de 23 cm por sentido. La presión de contacto de la rueda es de 0,9 Mpa.

2.3 Diseño de capas asfálticas para acoger los discos

1. Diseñar un mástico bituminoso (host layer) que contenga el disco piezoeléctrico en su interior.
2. Diseñar la capa que se sitúa bajo la rueda y la capa de rodadura sobre la capa host.

1. Diseño de host layer

La integración de los piezoeléctricos en el asfalto se ha realizado mediante un host layer consistente en un mástico bituminoso compuesto por betún 70/100 y distintos porcentajes de filler silíceo.

Las primeras láminas se realizaron embebiendo los piezoeléctricos en betún y amasando todo el conjunto. Posteriormente el procedimiento consistió en el amasado de la lámina sin piezoeléctricos, colocándose los piezoeléctricos en agujeros realizados una vez enfriado el mástico. Los piezoeléctricos se conectaron a través de cinta adhesiva de cobre con el osciloscopio para las medidas de voltaje. Tras probar varias configuraciones, con la que se obtienen mejores resultados es con aquella donde se colocan tres piezoeléctricos con címbalo en sentido perpendicular al movimiento de la rueda. El porcentaje de filler no llega a

ser determinante, obteniendo resultados similares con porcentajes de filler del 5 al 15%. Tampoco llega a ser determinante el tipo de betún.

2. Diseño de capas de rodadura

Para el prototipo se han desarrollado diferentes capas con el objetivo de simular una capa inferior y una capa de rodadura superior, en medio de las cuales irá colocada la lámina bituminosa con los piezoeléctricos embebidos. Se han estudiado diferentes formulaciones y diferentes espesores de capa.

Para el caso de la capa inferior o base del prototipo la mezcla utilizada ha sido una AC16 con árido silíceo y calizo y betún 35/50 (ver Tabla 1). El espesor seleccionado ha sido 4 cm.

Para el caso de la capa de rodadura superior se han utilizado diferentes formulaciones teniendo en común todas ellas un espesor de 2 cm. Las características de cada una son:

- Capa cerrada con betún 35/50, arena caliza y silícea
- Capa cerrada con betún 70/100, arena caliza y silícea
- Capa abierta con betún 35/50, arena caliza y silícea

El mejor comportamiento lo ofrecen las capas cerradas. Se ha elegido un espesor de capa de 2 cm para que el piezoeléctrico viera reflejada la máxima presión posible, ya que la capa de rodadura puede amortiguar el efecto producido por el paso de la rueda.

Tabla 1. Formulación utilizada para la preparación de las probetas de rodadura inferior.

	Porcentajes			
	12/20	6/12	0/6 sílice	0/6 caliza
22,4-16	5,0			
16-8	10,0	23,0		
8-4		11,0	4,0	2,0
4-2			7,0	8,0
2-0,5			6,0	8,0
0,5-0,063			6,0	4,0
Filler			3,0	3,0
	15,0	34,0	26,0	25,0

Captación de energía en la carretera mediante transductores piezoeléctricos

2.4 Diseño del circuitaje eléctrico/electrónico

La etapa posterior a la obtención de energía pulsante consta de un circuito rectificador de onda completa con condensador de filtro a la entrada y un condensador de almacenamiento de energía a la salida. El circuito seleccionado conlleva por tanto las etapas de filtrado, de rectificación de señal mediante un puente de diodos, y de estabilización. Dicho circuito necesita un potencial mínimo para funcionar y entregar señal, estimado en 2,5 V de señal mínima. Además, se ha de medir la energía en condiciones de carga resistiva, es decir no en vacío. La figura 4 es una infografía clave en el proyecto, y que podría ser extrapolable a muchos proyectos de captura de energía.

El sistema de medida y adquisición de datos se ha diseñado para la caracterización de las variables eléctricas generadas por piezoeléctricos embebidos en probetas de asfalto. El sistema además permite mostrar y cuantificar la energía acumulada durante la operación del banco de ensayo. La interfaz gráfica permite cuantificar las variables eléctricas tanto en la fase de diseño de probetas como durante las fases de evaluación de producto a largo plazo. Por tanto, ahora con estos valores de energía acumulada, sí es válido calcular los parámetros de potencia, intensidad de corriente y energía generada a cada paso de rueda, y por tanto alimentar las es-

timaciones en condiciones de contorno reales que se han considerado en el presente trabajo. En el prototipo Wheel Track se pueden obtener del orden de 30-50 voltios de señal rms en vacío, equivalentes a unos 4 voltios en condiciones de carga, equivalentes a su vez a 16 W de potencia.

3. Discusión de resultados y estimaciones de energía generada

El valor conseguido en prototipo CTR es de 16 W para cada paso de rueda (vehículo pesado: 0,9 MPa). A partir de aquí, se ha definido un vehículo promedio (85% de vehículo ligero con 0,2 MPa y 15% de vehículo pesado), para el cual se conseguirían, por proporcionalidad de pesos, unos 5,3 W. Este valor de potencia es estable y para una carga capacitiva de 1 MOhm. Para un vehículo promedio con 2,15 ejes y una frecuencia de vehículos de 1000 vehículos/hora (valor obtenido en numerosos tramos de M-30, caso tipo de carretera periurbana de gran capacidad), se puede obtener sobre un solo disco, una energía de 1,5 mWh. El hecho de ser capaces de conseguir valores de microwatios por cada impacto supone un hito en el proyecto y la resolución de una barrera técnica: conseguir excitar el piezoeléctrico en condiciones de restricción de movimiento (embebido en asfalto).

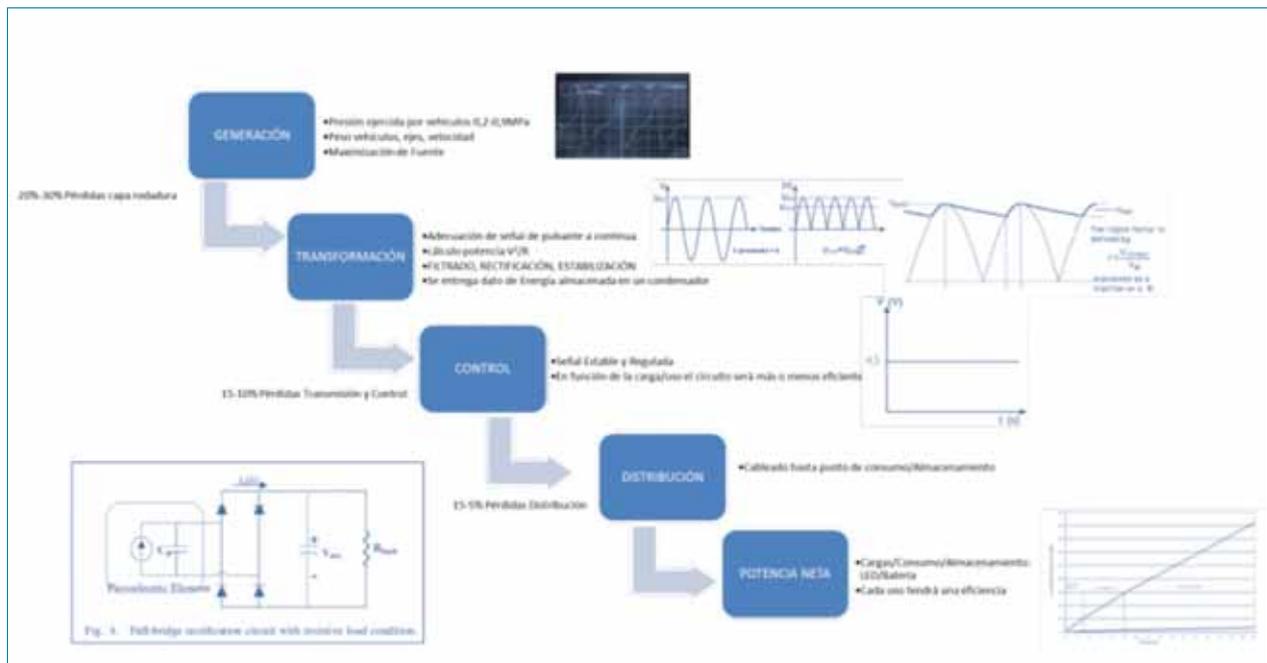


Figura 4. Etapas tradicionales de acondicionamiento y control de señal eléctrica pulsante hasta carga de energía

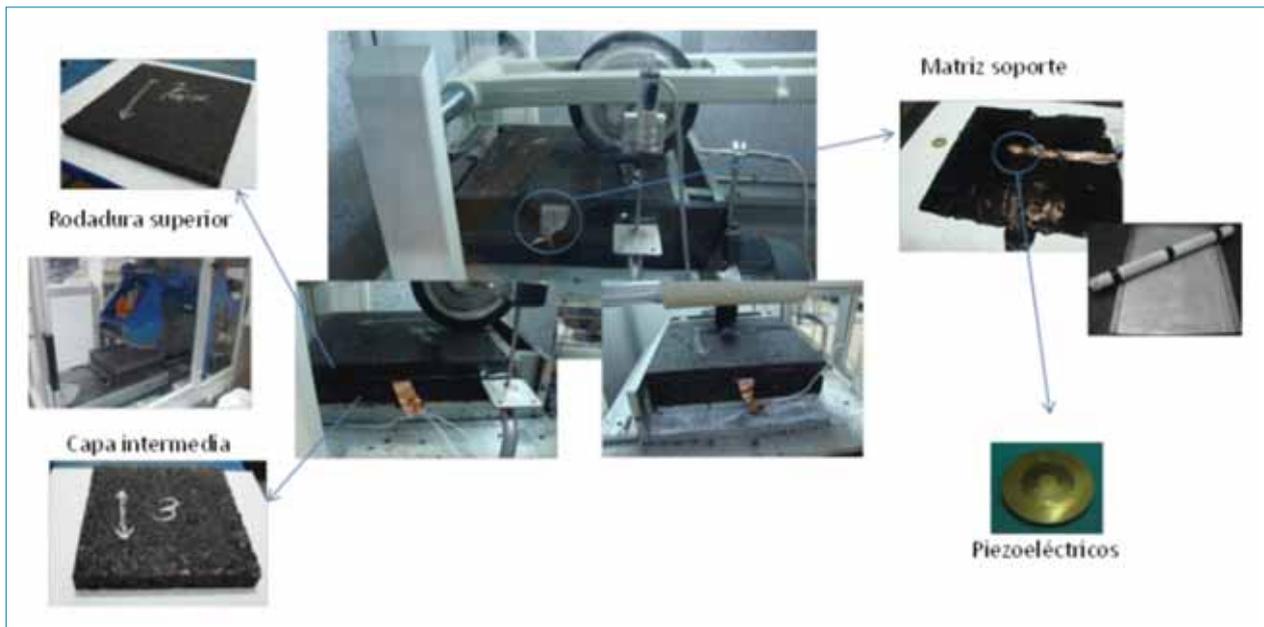


Figura 5. Visión completa del prototipo Wheel Track.

El acercamiento técnico para visualizar la distribución espacial en la carretera, teniendo en cuenta factores constructivos y de mantenimiento de la infraestructura, conducen a la situación de lámina intercapa bajo rodadura (Figura 5). Para facilitar la visualización de las estimaciones se han definido dos unidades de medida:

- Stack: corresponde a una tableta de dimensiones 20cmx10cmx2cm realizada en lámina asfáltica y capaz de albergar 360 discos piezoeléctricos. De forma preliminar, 1 Stack es capaz de generar en estas condiciones unos 4 Wh.
- Rec: a diferencia de la unidad espacial anterior, se define 1 rec como la disposición de discos en stacks, extendidos bajo las zonas de rodadura probable del vehículo, capaz de generar 1 KWh.

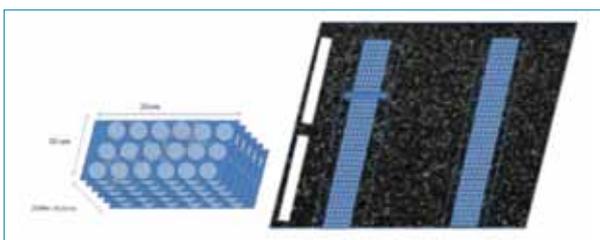


Figura 6. Visualización de agrupación de piezoeléctrico bajo la rodadura.

Se ha ampliado la zona de rodadura probable a 32 cm para cada rueda de vehículo ligero. También se ha tenido en cuenta que la carga difusa también es capaz de generar energía en discos adyacentes a la vertical bajo rueda. Se han admitido pérdidas en la transformación y distribución de la señal eléctrica (no contempladas en prototipo) de un 15%, en cada caso. Con todo, se obtiene que 1 REC debe contener 289 Stacks, que situados en ambas rodaduras de un mismo vehículo, equivaldría espacialmente a unos 12 metros por carril. Para calcular el coste de la instalación de los piezoeléctricos, se han tenido en cuenta el coste de los discos, el ensamblado con címbalos, la integración en lámina asfáltica, la instalación eléctrica (sin baterías) y el mantenimiento eventual de la infraestructura. Se ha lanzado los cálculos teniendo en cuenta que entre 5 y 6 años se suelen hacer trabajos de conservación de las capas de rodadura por daño de la infraestructura. Aunque se pueden preservar de forma localizada los piezoeléctricos ante una operación de mantenimiento o conservación, se prefiere tener en cuenta este valor de 5-6 años, como valor mínimo para rentabilizar la instalación. Así, el coste de la instalación de 1 rec es de 19,4 €. Se obtiene así unos valores correspondientes a 5-6 años para rentabilizar (break even point) la inversión. Teniendo ahora en cuenta que los piezoeléctricos pueden durar en servicio unos 20 años y si logramos conservar su instalación a pesar de las opera-

Captación de energía en la carretera mediante transductores piezoeléctricos

ciones de conservación, se obtienen unos valores de coste de la energía de 0,11 €/KWh, valores del todo competitivos.

4. Conclusiones

- El proyecto REC ha cubierto las etapas de conceptualización de la idea, establecimiento del roadmap del proyecto, dotación de recursos, lanzamiento y prototipado final. Los datos obtenidos en el prototipo forman una base de decisión para proseguir con los escenarios de uso futuros.
- El prototipo se ha construido en las instalaciones de Repsol y ha sido capaz de demostrar que la tecnología de almacenamiento de energía a partir de pulsos generados por los vehículos es viable.
- La señal pulsante obtenida en cada impacto de rueda ha sido transformada y estabilizada a través de un circuito eléctrico, contra una carga capacitiva que hace las veces de una batería.
- Se detectan dos escenarios de oportunidad para mayor rentabilidad: 1) diseño de producto: lámina de captura para energía de baja intensidad para múltiples escenarios en movilidad, 2) auscultación permanente de carreteras (ligado también al concepto de Smart city), mediante la integración de sensores autónomos wire-less alimentados a través de transductores piezoeléctricos. En ambos modelos, se necesita un socio para acortar tiempos de puesta en mercado. Ambos escenarios supondrán un avance en la innovación en carreteras.

5. Referencias

- Finite element analysis of Cymbal piezoelectric transducers for harvesting energy from asphalt pavement. Hongdu ZHAO,³ Jian YU* and Jianming LING. Journal of the Ceramic Society of Japan 118 [10] 909-915 (2010).
- Effects of Electrically Conductive Additives on Laboratory-Measured Properties of Asphalt Mixtures. Baoshan Huang, Xingwei Chen, and Xiang Shu. J. Mater. Civ. Eng. 21, 612 (2009).
- Patente USRE43044. Electrically conductive pavement mixture.
- Advantages and limitations of cymbals for sensor and actuator applications. P. Ochoa, J.L. Pons, M. Villegas, J.F. Fernandez. Sensors and actuators 132 (2006).
- Energy Harvesting for Structural Health Monitoring Sensor Networks. G. Park, C. R. Farrar, M. D. Todd, W. Hodgkiss, T. Rosing. Los Alamos National laboratory Report LA-14314-MS. February 2007.
- Research on the Electrical Energy of Piezoelectric-embedded Asphalt Mixture. Ning Tang, Changjun Sun, Shaoxu Huang, Pan Pan, Shaopeng Wu. Applied Mechanics and Materials Vols. 303-306 pp 26-31(2013).
- Banco de ensayos para materiales piezoeléctricos en aplicaciones viales. M. Vázquez Rodríguez, F. J. Jiménez Martínez J. de Frutos. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Vol 50, 2, 65-72, (2011).
- Recent Progress in Piezoelectric Conversion and Energy Harvesting Using Nonlinear Electronic Interfaces and Issues in Small Scale Implementation. Daniel Guyomar, Mickaël Lallart. Micromachines 2, 274-294 (2011).
- Nano-science and -technology for asphalt pavements. M.N. Partl, R. Gubler, M. Hugener. Journal of the AAPT 68, 284 (1999).
- The "cymbal" electromechanical actuator. Aydin Dogan, Jose F. Fernandez, Kenji Uchino, and Robert E. Newnham. IEEE 0-7803-3355-1/96 (1996).

#28

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas semicalientes no difieren en su comportamiento de las convencionales” (Lecturas recomendadas: NCHRP 779, número 15)

#INGENIERÍA

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

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

En marzo de 2009, el Comité Técnico de Asefma, a través de su Grupo de Trabajo I, publicó la Monografía 6 con el título: "Código de buena practica para la puesta en obra de mezclas bituminosas". El Comité de Redacción de la Revista Asfalto y Pavimentación ha considerado de interés la publicación de este documento de forma resumida y mediante separatas coleccionables, que aparecerán, a partir de este número de la revista, hasta completar los temas tratados en el citado documento. Los entregables, siguiendo el esquema de la Monografía, a partir del próximo número de la revista, se corresponderán con los apartados siguientes:

- Transporte a obra de la mezcla.
- Preparación de la superficie a pavimentar.
- Ejecución de un tramo de prueba.
- Extensión de la mezcla.
- Ejecución de las juntas.
- Compactacion de la capa.
- Control de calidad de la mezcla en todo el proceso de puesta en obra.
- Defectos de la capa terminada achacables a la puesta en obra. procedimientos de corrección.

Un primer análisis de estos indicadores pone en evidencia la relación, en mayor o menor grado, de todos y cada uno de ellos con la puesta en obra de las mezclas bituminosas.

El éxito y la calidad de una capa de firme construida con una mezcla bituminosa dependen en primer lugar de una correcta elección del tipo de mezcla, de los componentes de la misma y de la correcta elaboración de su Formula de Trabajo.

Una vez definida la Formula de Trabajo de una mezcla bituminosa, el paso siguiente es la fabricación de la misma que debe ajustarse a lo dispuesto en la citada Formula, utilizando la Planta de Fabricación mas adecuada y en buen estado de funcionamiento.

El último paso de este proceso es la puesta en obra de la mezcla bituminosa. El buen funcionamiento, dentro del firme del que forma parte, de la capa construida dependerá de una buena selección de los equipos de puesta en obra y de

la correcta ejecución de la misma. Pequeñas variaciones en el espesor, en la densidad alcanzada y en la regularidad superficial pueden suponer acortamientos importantes en la vida útil de la capa y del firme construido. Una puesta en obra deficiente o inadecuada puede afectar a alguno de los indicadores que hemos enumerado anteriormente y que interviene de manera decisiva en el confort y la seguridad de los usuarios.

Tipos de mezclas bituminosas

Una primera clasificación podría ser por la temperatura de fabricación y puesta en obra de la mezcla bituminosa. Hay 4 grandes grupos de tipos de mezclas:

- Mezclas en caliente
- Mezclas semicalientes

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

- Mezclas templadas
- Mezclas en frío

Que se corresponderían aproximadamente, por las temperaturas de fabricación y puesta en obra, con el gráfico adjunto.

La implantación del Mercado CE de las mezclas bituminosas en los países de la Comunidad Europea ha establecido, en la Norma UNE EN 13108, siete grandes familias de tipos de mezclas bituminosas en caliente diferentes, que son las siguientes:

- **UNE-EN 13108-1 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigones asfálticos.** Dentro de este grupo se encuentran recogidas las mezclas de granulometría continua que se utilizan habitualmente en España. En concreto, en esta familia están recogidas las mezclas muy conocidas y muy utilizadas de los tipos: Densas (D), Semidensas (S), Gruesas (G) y de Alto Modulo (MAM).
- **UNE-EN 13108-2 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Mezclas bituminosas para capas delgadas.** En esta familia están recogidas las mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capas delgadas,

que en la normativa española respondían a las denominaciones tipos F y M y que estaban recogidas en el Artículo 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

- **UNE-EN 13108-3 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA.**

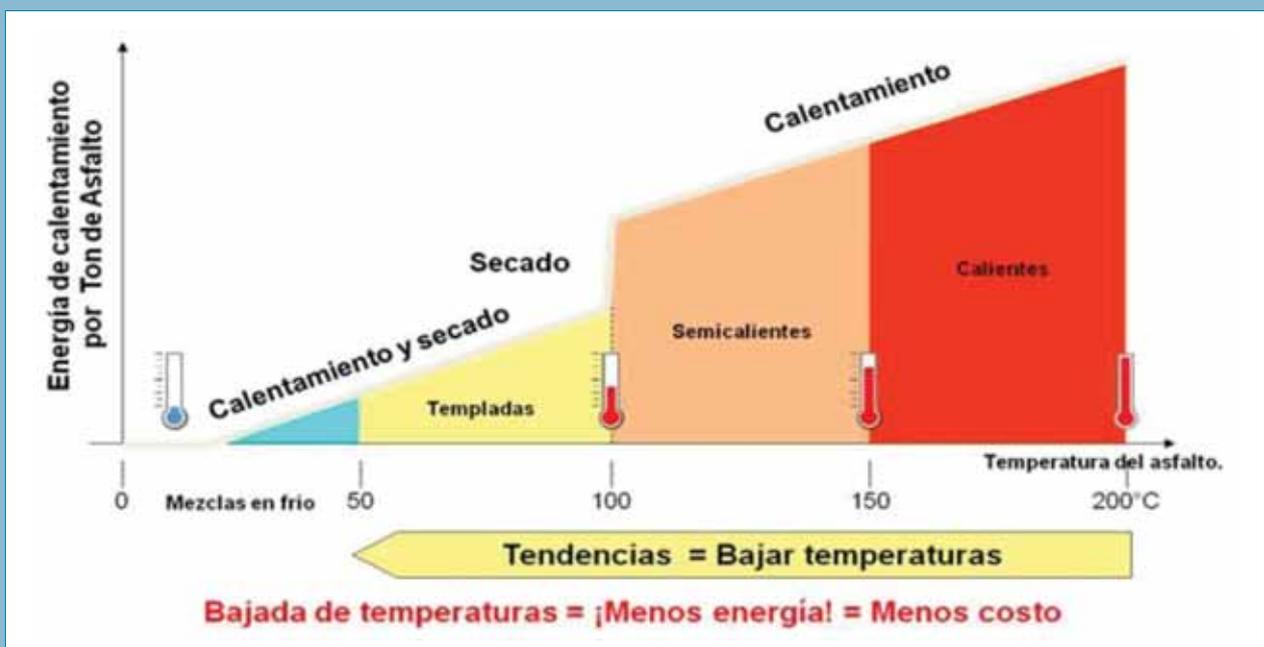
Estas mezclas se corresponden con las conocidas en Europa como SOFT ASPHALT. Se trata de mezclas bituminosas para utilizar en capas de rodadura y que se fabrican a partir de betunes muy blandos, con penetración superior a 250.

Son mezclas utilizables en climas extremadamente fríos y sin aplicación en España.

- **UNE-EN 13108-4 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezclas bituminosas tipo HRA.**

Estas mezclas se corresponden con las conocidas en Europa como Hot Rolled Asphalt.

Estas mezclas bituminosas, muy utilizadas en algunos países europeos, de manera especial en el Reino Unido, se utilizan en cualquiera de las capas del firme (ro-



dadura, intermedia, regularización o base). Se trata de una mezcla de tipo denso, fabricada con un árido de granulometría discontinua al faltar los tamaños comprendidos entre 2 y 8 milímetros.

- **UNE-EN 13108-5 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA.**

Estas mezclas se corresponden con las conocidas en Europa como Stone Mastic Asphalt en inglés británico y como Splitt Mastic Asphalt en Estados Unidos. Se utilizan exclusivamente en capas de rodadura.

- **UNE-EN 13108-6 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos.**

Estas mezclas se corresponden con las conocidas en Europa como mastic asphalt.

Este tipo de mezcla se puede utilizar como capa de rodadura, pero su utilización más habitual, al menos en España, es como capa de interposición entre otras capas del firme, generalmente para evitar o al menos retrasar la reflexión, a la capa de rodadura, de las grietas procedentes de las capas inferiores tratadas con conglomerantes hidráulicos.

- **UNE-EN 13108-7 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes.**

Esta familia de mezclas bituminosas en caliente es muy ampliamente conocida y utilizada en España. Este tipo de mezclas están incluidas en el Artículo 543 relativo a: mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas.

- **pr-EN 13108-9 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezclas bituminosas para capas ultradelgadas.**

Esta familia de mezclas bituminosas en caliente está actualmente (noviembre de 2015) en fase de prenorma para su aprobación en Europa.

Como mezclas semicalientes y templadas, están incluidas las mismas mezclas que se fabrican y ponen en obra como calientes, utilizando betunes asfálticos específicos o aditivos

especiales o emulsiones bituminosas, según el tipo de mezcla y el procedimiento de fabricación.

Las técnicas de pavimentación que incluimos dentro del concepto en frío se caracterizan por su fabricación y puesta en obra a temperatura ambiente, utilizando el ligante bituminoso en forma de emulsión. Dentro de este apartado y como mezclas podemos considerar dos materiales distintos:

- Grava emulsión (Artículo 514 del PG-3).
- Mezcla bituminosa en frío (Artículo 541 del PG-3).

En la actualidad, ambos Artículos están derogados en el vigente PG-3. La Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) ha publicado dos propuestas de Pliego de Prescripciones Técnicas para estos dos materiales de pavimentación, que se pueden consultar en la página web de la Asociación.

Normativa técnica

Para la puesta en obra de las mezclas bituminosas será de aplicación lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra y, en su defecto, la normativa recogida en los Artículos 542 y 543 del vigente pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3), actualizado por la Orden FOM/2523/2014 de 12 de diciembre, publicada en el BOE del día 3 de enero de 2015.

Aunque se han publicado por parte de algunas Comunidades Autónomas algunos documentos con normativa técnica, en general son para el diseño de firmes y pavimentos, sin entrar en el tema de la puesta en obra de las mezclas bituminosas y, cuando hacen referencia al tema, suelen transcribir lo especificado en el PG-3 al respecto.

*"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



UNE-EN 12697-6:2012.

Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas

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 densidad aparente de probetas compactadas en laboratorio o testigos extraídos del pavimento. La Norma describe 4 posibles metodologías a seguir, que debe ser seleccionada en función del número de huecos de la probeta o testigo:

- a. Densidad aparente, para probetas con superficie muy cerrada. Para mezclas tipo HRA de la UNE-EN 13108-4 (UNE EN 13108-20, anexo B).
- b. Densidad aparente en superficie seca saturada (ssd), para probetas con una superficie cerrada. Para mezclas tipo AC de la UNE-EN 13108-1, BBTM de la UNE-EN 13108-2 y SMA de la UNE-EN 13018-5 en probetas con un contenido de huecos < 7% (UNE-EN 13108-20, anexo B).
- c. Densidad aparente de probeta con superficie impermeabilizada, para probetas con superficies abiertas o rugosas. Para mezclas tipo AC de la UNE-EN 13108-1 y BBTM de la UNE-EN 13108-2 en probetas con un contenido de huecos entre 7 y 10 % (UNE-EN 13108-20, anexo B).
- d. Densidad aparente por dimensiones, para probetas con superficie regular (ej. Probetas rectangulares o prismáticas). Para mezclas tipo AC de la UNE-EN 13108-1, BBTM de la UNE-EN 13108-2 y PA de la UNE-EN 13108-7 en probetas con un contenido de huecos >10 % (UNE-EN 13108-20, anexo B).

La densidad es obtenida a partir de su masa en aire y su volumen, en los tres primeros casos calculado por diferencia de su peso en agua y el último por medida de sus dimensiones.

2. Método operativo

La metodología a seguir, según el procedimiento empleado, es la que recogen las tablas de la página siguiente.

3. Equipamiento

Para la realización de este ensayo se precisan de equipos que suelen encontrarse en los laboratorios: Balanza con posibilidad de realizar la pesada de la probeta bajo el agua y una precisión de $\pm 0,1$ g, un termómetro, un calibre para mediciones con precisión de al menos $\pm 0,1$ mm. Además, para las probetas impermeabilizadas, se precisa una parafina sólida a temperatura ambiente y de densidad conocida.

4. Puntos críticos

La elección de la metodología a seguir en cada caso depende del contenido de huecos de la probeta, pero este dato se obtiene a partir del resultado del propio ensayo de densidad.

Para el termómetro empleado en las mediciones de las dimensiones de las probetas, aunque la norma no indica precisión, es recomendable que al menos tenga posibilidad de medir cada $0,1$ °C (en la revisión de la norma del año 2007 aparecía una precisión de 1 °C mínimo).

La temperatura del agua afecta a la densidad de la misma, influyendo en la densidad final de la mezcla, generalmente obteniendo valores más bajos.

5. Comentarios

Es un ensayo sencillo de ejecutar que permite determinar una característica esencial de la mezcla y de suma importancia, como es la densidad aparente, que sirve como referencia para el posterior cálculo del grado de compactación obtenido en la unidad terminada, que a su vez se trata de un criterio de aceptación o rechazo.

UNE-EN 12697-6:2012. Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas

Procedimiento	a-Seca	b-SSD	c-Impermeabilizada	d-Dimensiones
Determinación de las dimensiones				X
Determinación de la masa de la probeta en aire	X	X	X	X
Determinación de la densidad del agua	X	X	X	
Impermeabilización de la probeta			X	
Determinación de la masa de la probeta impermeabilizada			X	
Inmersión de la probeta en agua y determinación de su masa ssd		X		
Determinación de la masa de la probeta en agua	X	X		
Determinación de la masa de la probeta impermeabilizada en agua			X	

Cálculos	
Método	Fórmula
a-Seca	$\rho_{bdry} = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho_w$ <p>m1: masa probeta seca. m2: masa probeta en agua ρ_w: densidad agua a la temp. ensayo</p>
b-SSD	$\rho_{ssd} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \times \rho_w$ <p>m1: masa probeta seca. m2: masa probeta en agua m3: masa probeta ssd ρ_w: densidad agua a la temp. ensayo</p>
c-Impermeabilizada	$\rho_{sm} = \frac{m_1}{(m_2 - m_1) / \rho_w + (m_3 - m_1) / \rho_{sm}}$ <p>m1: masa probeta seca. m2: masa probeta impermeabilizada m3: masa probeta impermeabilizada en agua ρ_w: densidad agua ρ_{sm}: densidad material impermeabilizante</p>
d-Geométrica (probeta cilíndrica)	$\rho_{bdry} = \frac{m_1}{\frac{\pi}{4} \times h \times d^2} \times 10^3$ <p>m1: masa probeta seca. h: altura de la probeta d: diámetro de la probeta</p>

Los resultados obtenidos a partir de los testigos extraídos del pavimento permiten verificar la puesta en obra del material, comparándolo con los datos obtenidos durante el control de calidad. A partir de la densidad aparente (en probetas o testigos) se calcula el contenido de huecos en la mezcla, de áridos y rellenos de li-

gante, pero además deben conocerse otros datos como son la densidad máxima, peso específico de los materiales y el contenido de ligante. En algunos casos, y para áridos con elevada absorción, es conveniente conocer el grado de absorción de los áridos, aplicando la norma UNE-EN 1097-6. En varios trabajos de interlaboratorios realizados en Aleas, se han obtenido los siguientes valores de desviación estándar de reproducibilidad y repetibilidad:

Tipo de mezcla	Sr (kg/m³)	SR (kg/m³)
BBTM B (d geom.)	13	36
BBTM A y AC 16S (d sss)	7-9	21-24

NOTA: La norma de ensayo indica a modo informativo valores de SR comprendidos entre 8-28 kg/m³ para la densidad ssd. Esto supone que variaciones en la densidad ssd de por ejemplo 23 kg/m³ conlleva una variación en los huecos del 1%, y una variación de 35 kg/m³ en la densidad por dimensiones supone una variación de casi un 1,5% de huecos.

6. Especificaciones

En los Pliegos de Condiciones no aparecen valores de especificaciones para la densidad, ya que esta varía en función del tipo de mezcla y de la naturaleza del árido empleado, pero sí en cambio para el contenido de huecos en mezcla.

7. Bibliografía

- UNE-EN 1097-6. Determinación de la absorción de los áridos y absorción de agua.
- UNE-EN 12697-6. Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- UNE-EN 12697-8. Determinación de los huecos.
- UNE-EN 12697-29. Determinación de las dimensiones de las probetas.
- UNE-EN 13108-1 a 13108-7. Normas de producto.
- UNE EN 13108-20. Ensayo de tipo inicial

Es un ensayo sencillo de realizar y de suma importancia. Los resultados obtenidos en las probetas compactadas en el laboratorio aportan información sobre la composición volumétrica de la mezcla y con ello su comportamiento. Los resultados obtenidos a partir de los testigos extraídos de obra sirven para verificar la correcta puesta en la obra.

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 24 de abril hasta el 26 de octubre de 2015.

NORMATIVA PUBLICADA

Áridos (Comité Técnico AEN/CTN 146)

- **UNE EN 1097-10: (Publicada en junio de 2015, versión anterior del año 2004).** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 10: Determinación de la altura de succión de agua
- **UNE EN 1367-7: (Publicada en junio de 2015, no existe ninguna versión anterior).** Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 7: Determinación de la resistencia a ciclos de hielo y deshielo de los áridos ligeros
- **UNE EN 1367-8: (Publicada en junio de 2015, no existe ninguna versión anterior).** Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 8: Determinación de la resistencia a la desintegración de los áridos ligeros

Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC-1)

- **UNE EN 12596: (Publicada en julio de 2015, versión anterior del año 2007).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío

NORMATIVA EN PROYECTO

Áridos (Comité Técnico AEN/CTN 146)

- **PNE-pr 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 la conformidad de los áridos. Ensayo inicial de tipo y control de producción en fábrica

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
- **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 tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-53 (norma nueva).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para tratar el envejecimiento oxidativo

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

- Existen nuevas normas publicadas para el estudio del comportamiento de los áridos frente a sus propiedades térmicas.
- Destacar que se está llevando a cabo la revisión de la norma de áridos de la cual, con respecto a la revisión actual, se extraerá toda la sistemática del proceso de Marcado CE de control de producción en planta, que ya se ha realizado para otro tipo de materiales como es el caso de las emulsiones bituminosas.
- Importante tener en cuenta el interés por conocer mejor las características superficiales de las mezclas bituminosas, para poder extraer más información en aspectos como el confort, a partir del ruido de rodadura, y su durabilidad, mediante el análisis sobre el envejecimiento de las mezclas bituminosas.

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

Legislación y otras disposiciones (actualizada a 19 de octubre de 2015)

PROYECTOS DE I+D+I PARA JÓVENES INVESTIGADORES SIN VINCULACIÓN O CON VINCULACIÓN TEMPORAL 2015

Promover la ejecución proyectos de investigación orientados a la búsqueda de soluciones a los problemas presentados en los retos de la sociedad identificados en la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación y en el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación y fomentar la retención, atracción del talento y movilidad, facilitando el inicio en la dirección de proyectos de investigación a investigadores jóvenes, con trayectorias científica relevantes sin vinculación o con vinculación temporal de corta duración con alguna entidad susceptible de ser beneficiaria de la ayuda.

Financiar la ejecución de proyectos de investigación dirigidos por investigadores jóvenes con trayectorias científicas prometedoras y sin vinculación o con vinculación temporal, que consistan en trabajos experimentales o teóricos emprendidos con el objetivo primordial de adquirir nuevos conocimientos con orientación específica hacia los ocho grandes retos de la sociedad española, de manera que estos nuevos conocimientos deben suponer un avance en el ámbito en el que se encuadren y dar respuesta a los retos identificados en la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación: "Salud, cambio demográfico y bienestar", "Seguridad, calidad alimentaria; actividad agraria productiva y sostenible; sostenibilidad de recursos naturales, investigación marina y marítima", "Energía segura, sostenible y limpia", "Transporte inteligente, sostenible e integrado", "Acción sobre el cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas", "Cambios e innovaciones sociales", "Economía y sociedad digital" y "Seguridad, protección y defensa.

Las ayudas estarán destinadas a financiar los gastos de contratación del investigador principal, personal, pequeño equipamiento, materiales y otros gastos relacionados con los objetivos del proyecto.

Plazo: 01/10/2015-22/10/2015

HORIZONTE 2020

Es el programa que financia proyectos de investigación e innovación de diversas áreas temáticas en el contexto europeo, contando con casi 80.000M€ para el periodo 2014-2020.

Investigadores, empresas, centros tecnológicos y entidades públicas tienen cabida en este programa.

La Unión Europea concentra gran parte de sus actividades de investigación e innovación en el Programa Marco que en esta edición se denominará Horizonte 2020 (H2020). En el período 2014-2020 y mediante la implantación de tres pilares, contribuye a abordar los principales retos sociales, promover el liderazgo industrial en Europa y reforzar la excelencia de su base científica. El presupuesto disponible ascenderá a 76.880 M€.

Horizonte 2020 integra por primera vez todas las fases desde la generación del conocimiento hasta las actividades más próximas al mercado: investigación básica, desarrollo de tecnologías, proyectos de demostración, líneas piloto de fabricación, innovación social, transferencia de tecnología, pruebas de concepto, normalización, apoyo a las compras públicas pre-comerciales, capital riesgo y sistema de garantías.

El Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT) pasa a formar parte de Horizonte 2020 y a través de sus comunidades de conocimiento (KIC) integra actividades de investigación, formación y creación de empresas.

Los objetivos estratégicos del programa Horizonte 2020 son los siguientes:

- a) Crear una ciencia de excelencia, que permita reforzar la posición de la UE en el panorama científico mundial.
- b) Desarrollar tecnologías y sus aplicaciones para mejorar la competitividad europea. Cuenta con importantes inversiones en tecnologías clave para la industria, como Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), las nanotecnologías, fabricación avanzada, la biotecnología y el espacio.
- c) Investigar en las grandes cuestiones que afectan a los ciudadanos europeos

Noticias del sector

En esta sección recogemos informaciones sobre citas relevantes, convocatorias e iniciativas relacionadas con el sector de la pavimentación.

Caterpillar actualiza su App para calcular la producción de pavimentación

La última versión de la App "Paving Production Calculator" ya está disponible para su descarga gratuita en iTunes y Google Play. La versión 2.1.9 de la calculadora de producción de pavimentación, desarrollada por Caterpillar, presenta mejoras en las traducciones y corrige errores detectados en las anteriores versiones.

Lanzada al mercado en 2012, la aplicación se basa en la calculadora de producción en CD y mide en los sistemas métrico e imperial. Permite el almacenamiento de especificaciones de cada trabajo y el envío por correo electrónico de los resúmenes de obra.

Esta aplicación para móviles de Caterpillar se presenta como una eficaz herramienta que ayuda a los profesionales de la pavimentación asfáltica a estimar sus necesidades de transporte, las velocidades de pavimentación y la compactación, entre otros aspectos. En este sentido, la calculadora de producción de pavimentación puede "ayudar a optimizar la obra, reducir la ineficiencia y aumentar la homogeneidad", según afirma la propia Caterpillar en su web.

La calculadora de producción de pavimentación es compatible con iPhone, iPod touch e iPad. Requiere iOS 4.3 o una actualización de software superior.



Fomento autoriza a SEITTSA nuevas licitaciones de obras de conservación viaria

El Ministerio de Fomento ha anunciado la licitación de 16 proyectos de conservación de carreteras por un importe total de 21.899.196,21 euros. Dichas actuaciones afectan a la Ciudad Autónoma de Ceuta y a las provincias de Alicante, Asturias, Ávila, Burgos, Cantabria, Cádiz, Castellón, Córdoba, Girona, Huelva, Huesca, Madrid, Pontevedra, Segovia, Sevilla, Teruel, Valencia, Valladolid y Zaragoza.

Los anuncios de licitación para la ejecución de las obras han sido publicados el pasado jueves 8 de octubre en el Boletín Oficial del Estado (BOE) núm. 242 a través de la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITTSA). Del total de los proyectos de licitación anunciados, tres corresponden a rehabilitación del firme.

Estos anuncios se suman a los 51 publicados durante la misma semana: veintisiete el miércoles 7 de octubre en el BOE núm. 240, por importe de 62,64 millones de euros; diez el martes 6 de octubre en el BOE núm. 239, por importe total de 11,55 millones de euros; y catorce el lunes 5 de octubre en el BOE núm. 238 por 40,49 millones de euros. Todos ellos corresponden a conservación de carreteras y se canalizan a través de SEITTSA.

La Junta de Andalucía promueve carreteras sostenibles construidas con polvo de neumático

La Junta de Andalucía celebró, el pasado día 26 de octubre, en la Universidad Internacional de Andalucía, la jornada "Carreteras sostenibles con polvo de neumático. La experiencia de la autovía del Olivar", del que Asefma y Signus Ecovalor son colaboradores oficiales.

La jornada se inscribe en el marco de las recientemente finalizadas obras de construcción y extendido de mezcla bituminosa en la Autovía del Olivar A-316, cuyo último tramo (Úbeda-Baeza) ha sido construido con mezcla bituminosa modificada con polvo de caucho procedente de Neumático Fuera de Uso (NFU), y estuvo dirigida a directivos, técnicos e investigadores de empresas fabricantes de mezclas bituminosas, empresas constructoras, consultoras de ingeniería civil, universidades y centros de formación.

Técnicos, investigadores y representantes de Administraciones de carreteras expusieron los últimos avances en la fabricación, transporte y puesta en obra de betunes con polvo de neumático en capas de rodadura de infraestructuras relevantes. Por su parte, la sesión vespertina consistió en la visita de las obras de extendido de la Autovía del Olivar:

Andalucía ha sido pionera en España en la promoción del uso de mezclas bituminosas con NFU para carreteras. En este sentido, las primeras experiencias de uso de polvo de caucho por vía seca datan del año 1996 en Cádiz, mientras que las primeras por vía húmeda se registran en el año 2002 en Jaén. En el caso de la Autovía del Olivar, esta práctica se aplica a 17 kilómetros, lo que supone aprovechar 180 toneladas de polvo de caucho (aproximadamente 36.600 neumáticos fuera de uso).

El consumo de materiales reciclados y la inclusión de criterios de sostenibilidad en las infraestructuras es ya una realidad en Andalucía, cuya Administración defiende abiertamente la implantación de programas de compra pública verde y compra pública innovadora, así como la aplicación práctica del concepto de economía circular:

Innovaciones aplicadas a la conservación de carreteras

El Ayuntamiento de Málaga presentó su III Jornada de conservación de pavimentos urbanos bajo el lema "Innovaciones en conservación viaria, mejora continua". Dicho evento técnico se celebró el pasado 22 de octubre en la capital malagueña y pudo seguirse online gratuitamente desde la plataforma de Itafec.

Durante esta tercera edición se expusieron las últimas tecnologías aplicadas al mantenimiento de carreteras urba-

nas y se acogió la visión de los usuarios. También estuvieron presentes varios consistorios españoles, que explicaron sus modelos de gestión y experiencia en conservación de aceras y pavimentos urbanos.

El programa de la III Jornada de conservación de pavimentos urbanos se articuló en cuatro ejes temáticos:

- innovación en la conservación viaria;
- presupuestos destinados y tipos de contratos;
- nuevas técnicas de conservación;
- percepción de la conservación por el usuario.

Dicho evento también sirvió para conocer la iniciativa Foro Nacional de Conservación de pavimentos urbanos, que presentó el secretario general de la Federación Española de Municipios y Provincias, Juan Ávila.

La Jornada estuvo dirigida a administraciones de carreteras, técnicos de ayuntamientos, proyectistas, ingenieros, técnicos de conservación, empresas de pavimentación y laboratorios de control. El evento fue patrocinado por UTE Eiffage Infraestructuras-Conacon, que garantizó la gratuidad de la visualización online vía streaming; y contó, además, con la colaboración de reconocidas entidades del sector como Asefma, Ceacop, ACP, CICCOP, CITOP, ACEX, Coamalaga, Coaat, Opitima y Coiaaor.

México acoge un nuevo encuentro empresarial sobre infraestructuras de transporte

La Cámara de Comercio de Madrid celebra un encuentro empresarial del 24 al 26 de noviembre en México DF, con el objetivo favorecer la cooperación entre entidades españolas y mexicanas vinculadas a infraestructuras, medioambiente y energía.

México es un país muy competitivo para la inversión a nivel internacional. Prueba de ello es que su inversión extranjera (IED) aumentó durante el primer semestre de 2015 hasta los 13.749 millones de dólares. En el caso concreto de España, México ha sido el primer mercado para la exportación española en Latinoamérica. De hecho, el país ibérico es el segundo inversor en México (14% de la inversión total), sólo superado por EEUU (60%).

Las empresas españolas encuentran en México, segunda economía de América Latina y la decimocuarta del mundo, un gran aliado para la internacionalización. Las razones están en su estabilidad macroeconómica y política, su baja inflación, un mercado interno de casi 120 millones de habitantes y previsiones de crecimiento económico del 2,4% en 2015 y 3% en 2016, según el Fondo Monetario Internacional (FMI).

Como en anteriores encuentros, además de la organización logística del evento, la Cámara de Comercio de Madrid ofrece a las entidades participantes una agenda personalizada de trabajo con empresas y organismos de interés, asesoramiento especializado para el acceso al mercado mexicano y una bolsa de viaje del 50% del coste del billete aéreo. Las empresas madrileñas interesadas también dispondrán de la herramienta Docupaís, que ofrece información actualizada sobre los trámites necesarios para exportar a México.

Los países europeos comparten obstáculos a la conservación de sus carreteras

“Los retos a los que se enfrenta Europa en materia de pavimentación asfáltica coinciden con los desafíos de nuestros colegas fuera del continente”, expresó el secretario general de EAPA, Egbert Beuving, en el último boletín institucional. El máximo representante de los fabricantes europeos de asfalto quiso así reconocer la importancia de las reuniones y eventos internacionales para intercambiar información y buenas prácticas que, en definitiva, ayudan a prever y sortear obstáculos a la par que promueven el progreso, alientan la cooperación científica y esbozan el futuro en áreas vinculadas a las mezclas asfálticas.

“Todos nos enfrentamos a presupuestos limitados y a la necesidad de reducir el mantenimiento para mantener las carreteras abiertas al tráfico”, explicó Beuving. Y al mismo tiempo *“vemos iniciativas para reducir las emisiones de CO₂ y optimizar recursos”*. Con ello, quiso recordar que la durabilidad del pavimento es inversamente proporcional a su impacto medioambiental: *“una carretera que dura un 20% más, reducirá su impacto ambiental también en un 20%”*.

El secretario general de EAPA insistió en señalar que *“hay muchas innovaciones y técnicas disponibles para dar grandes pasos hacia delante”*, pero que los sistemas de adquisi-

ción/ licitación no las estimulan. Si falta la motivación al contratista que emplea la nueva tecnología disponible, esta no será utilizada. *“Tenemos el conocimiento y la tecnología, pero si lo que prima es el precio más bajo, entonces ni uno ni otra serán entregados”*, afirmó.

El boletín de septiembre de EAPA expone la actividad de la entidad durante los últimos cinco meses y aporta ejemplos de innovaciones que podrían emplearse en un futuro próximo. Entre los eventos destaca su IX Simposio 2015, en el que Asefma participó con una conferencia de su presidente, Juan José Potti, relativo al uso de los medios de comunicación social (Social Media) para informar sobre pavimentos asfálticos.

ASEFMA ve indicios de recuperación económica y prevé un crecimiento en la producción española de asfalto

Los fabricantes de asfalto españoles celebran el crecimiento de la inversión destinada a obras de rehabilitación y conservación de firmes en los Presupuestos Generales del Estado para 2016. También acogen con optimismo la aprobación del nuevo convenio de gestión directa entre Estado y Seittsa.

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) valora positivamente el capítulo referido al Programa 453C, sobre conservación y explotación de carreteras, del Grupo de Fomento del Proyecto de Ley de los Presupuestos Generales del Estado (PGE) 2016, que prevé un aumento de la inversión en mantenimiento de la red viaria española.

También celebra la aprobación del convenio de gestión directa entre el Estado y la Sociedad Estatal de Infraestructuras de Transporte Terrestre (Seittsa), aprobado en el Consejo de Ministros del pasado 31 de julio, por el cual se licitarán en este año obras de refuerzo de firmes (proyectos de clave 32) en carreteras de titularidad estatal.

Los PGE-2016 aún están lejos de cubrir el déficit acumulado de los pavimentos viarios españoles, cuyas necesidades superan los 1.500 millones de euros (más de 5.800 millones si se incluyen las carreteras no estatales). Sin embargo, Asefma considera que junto al mencionado con-

Noticias del sector

venio empujan hacia la recuperación económica del sector y garantizan una subida de producción de mezcla bituminosa en 2015. Podría ser el segundo año de crecimiento tras un desplome del 74% en el período (2007-14).

Asefma también insiste en que los PGE, dentro del Programa 453C, deberían establecer una partida estable, programada y suficiente que recoja las necesidades reales de los degradados pavimentos españoles y del uso real de las carreteras, que en España significa el 90% de los desplazamientos de viajeros y el 85 % de las mercancías.

Del mismo modo, los fabricantes españoles de asfalto instan al Gobierno a implementar una adecuada política de conservación preventiva de la infraestructura de transportes por carretera que considere el valor patrimonial de la red, estimado en 185.000 millones de euros.

Se abre el plazo de presentación de resúmenes técnicos para Fórmula VIII

El comité organizador de Fórmula VIII anuncia la apertura del período de inscripciones y envío de resúmenes técnicos para la próxima edición del congreso. La cumbre internacional, de la que Asefma es entidad colaboradora, se celebrará del 4 al 7 de julio de 2016 en Barcelona.

Bajo el lema "Formulate your innovation, innovate your formulation", la edición 2016 de la serie Fórmula integrará conferencias magistrales y sesiones técnico-científicas enmarcadas en los siguientes ejes temáticos:

- Aspectos fundamentales, principios físico-químicos y mecanismos en formulación

- Diseño e ingeniería de formulaciones. Relaciones entre estructura y actividad
- Caracterización, propiedades y prestaciones
- Producción, procesado y escalado
- Aplicaciones y necesidades de los consumidores
- Nanoformulación: Integración de nanomateriales y formulación a escala nanométrica
- Formulación en interfases: Diseño e ingeniería de superficies
- Formulaciones basadas en procesado: Reducción de productos químicos
- Formulaciones para aplicaciones en biomedicina.

Fórmula VIII también integrará la cuadragésima sexta edición de las Jornadas anuales del Comité Español de la Detergencia, Tensioactivos y Productos Afines (CED) y la cumbre NanoFormulation 2016.

El objetivo del congreso internacional Fórmula VIII es compartir los avances científicos más recientes, incentivar la colaboración científica y tecnológica, y divulgar nuevas ideas en las ciencias y tecnologías de la formulación de productos químicos desde las perspectivas más básicas hasta los aspectos más aplicados y próximos al consumidor.

La fecha límite para la presentación de resúmenes de trabajos técnicos es el 1 de febrero de 2016. Por su parte, el plazo para la primera inscripción, que comporta importantes reducciones sobre el precio final, finaliza el 15 de mayo de 2016.

#29

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El reciclado de mezclas asfálticas representa un papel principal en el ahorro de recursos naturales” (Art. Mezclas templadas con reutilización total del RAP con tasa alta y tasa total, número 14)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Jornada Nacional de Asefma: Un foro de debate institucional sobre vías locales y urbanas

Instituciones, empresas y universidad se dieron cita en la X Jornada Nacional de Asefma para abordar la problemática de las redes viarias locales, esclarecer la normativa vigente y afrontar retos tecnológicos.

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) planteó su X Jornada Nacional como un foro de encuentro a favor de la armonía legislativa y la conservación de las vías locales y urbanas. Gestión viaria, normativa vigente y desafíos tecnológicos son los tres ejes claves que se pusieron sobre la mesa. El encuentro, patrocinado por las empresas Cepsa, Galp y Repsol, contó con la asistencia de 250 asistentes, a los que se sumaron otros 200 profesionales de más de 20 países, que pudieron seguir esta cita vía *streaming* bajo el patrocinio de Eiffage, lo que permite hablar de un encuentro global.

Esta cita se celebró paralelamente a otros dos grandes eventos del sector viario: el encuentro Innovacarretera 2015, organizado por la Plataforma Tecnológica de la Carretera (PTC), y el II Salón de Máquinas de Carreteras y Obras.

Las razones por las que Asefma ha decidido poner su X Jornada Nacional al servicio de las carreteras locales y urbanas son muchas. Dichas redes viarias son las más importantes del territorio español por su longitud (superan los 500.000 kilómetros), así como por su proximidad y afecta-

ción directa al ciudadano. Sin embargo, no poseen una normativa específica reguladora, no se benefician de una coordinación suficiente entre administraciones, presentan deficiencias en materia de conservación y tienen asignados limitados recursos a la innovación. Estos aspectos estuvieron en primera línea de debate online, que pudo seguirse gratuitamente desde la plataforma de Itafec o en Twitter, con el hashtag #XJornadaAsefma.

Durante esta décima edición se presentaron, además, las monografías 15 y 16 de Asefma. La primera de ellas aborda la inexistencia de evidencias que relacionen la exposición a emisiones del betún con el cáncer, mientras que la segunda analiza la incertidumbre de ensayos de mezclas bituminosas y ofrece una herramienta exclusiva para su estimación.

Inauguración del encuentro

Feria de Zaragoza fue el escenario escogido para lanzar el debate institucional sobre gestión viaria, normativa vigente y desafíos tecnológicos en dichas carreteras. La inauguración de la



Jornada correspondió a Miguel Ángel Arminio, director general de Carreteras del Gobierno de Aragón, y Juan José Potti, presidente de Asefma, que estuvieron acompañados por Alberto J. López, director Comercial y de Marketing de Feria de Zaragoza y Ángel Sampedro, coordinador de las Jornadas

El presidente de Asefma anunció la primera licitación basada en compra pública innovadora firmada por el Ministerio de Fomento. Se trata de la resolución de la Dirección General de Carreteras de 22 de junio, que aprueba la convocatoria de Consulta Preliminar del Mercado para búsqueda de soluciones innovadoras en relación con el diseño e implementación de sistemas de protección antiniebla en la autovía A-8 entre Mondoñedo y A Xesta, en Lugo. Potti también realizó un balance de los últimos diez años de Asefma, subrayando que el mayor logro ha sido su patrimonio técnico: las más de 300 comunicaciones libres presentadas, 16 monografías y 26 jornadas técnicas son reflejo de un sector innovador y vivo. “La caída sin precedentes de la producción española de asfalto (un 75% desde 2007) y la crisis vivida por el sector no frenaron la inversión en innovación”, sentenció. En este sentido, señaló que se han desarrollado un total de 250 proyectos de I+D en los últimos cinco años, cada uno de ellos con un mínimo de tres millones de euros de inversión. “Algún año ha habido más inversión en I+D que en conservación del pavimento”, subrayó, antes de recordar la importancia de las carreteras locales, por ser las redes más próximas al ciudadano.

Por su parte, Miguel Ángel Arminio destacó la asignatura pendiente de la red local aragonesa: “hay que mejorar trazados, firmes, aplicaciones de mezclas bituminosas”. El director general de Carreteras del Gobierno de Aragón también recordó que la red viaria aragonesa posee 5.700 kilómetros, de los cuales 1.365 corresponden a vías locales (24% de la red autonómica) y sustentan aproximadamente el 25% del tráfico total.

Respecto a vías urbanas, Arminio refirió las travesías, que representa un 7,8% de la red viaria de esta comunidad autónoma y poseen características propias (mayor vida útil, adaptación climatológica, facilidad de reparación, resistencia a derrames de hidrocarburos, etc). También subrayó que en 2014 se realizó la primera convocatoria de actuaciones concertadas, cuya inversión total fue de 3,1 millones de euros y de la cual se aceptaron y ejecutaron la totalidad de las soluciones presentadas.

Problemática actual de la gestión de vías locales y urbanas

A continuación intervino Francisco Selma, jefe de Servicio de Caminos y Obras Viarias de la Diputación de Valencia y delegado de la Asociación Española de la Carretera (AEC), quien afirmó que “el patrimonio viario está en peligro, debido a las restrictivas políticas de inversión, fruto de la crisis económica y recortes en carreteras”, e hizo un llamamiento a “frenar la sangría de recursos públicos en infraestructuras innecesarias y no rentables, para poder reasignar los fondos en actuaciones de mayor rentabilidad socio económica”. En este sentido, Selma afirmó que “la inversión en mejora y conservación de las carreteras produce un retorno impositivo al estado próximo al 50%”, y abogó por una tasa de pago por mayor uso, que debiera comportar la creación de una Agencia de Carreteras única. Antes de finalizar su intervención, refirió la irresponsabilidad de frenar las actuaciones en la N-340 y la N-332 por la peligrosidad de dichos tramos y por las necesidades de liberar el peaje de la AP-7 en 2019.

Borja Carabante, del Ayuntamiento de Madrid, explicó su experiencia en el desarrollo y problemática actual de las vías locales y urbanas.

Normativa actual

Este bloque contó con la participación de María Dolores Canela, del Ministerio de Hacienda, quien presentó una conferencia sobre el Marco Legal para el desarrollo de la normativa de las vías locales y urbanas. Le siguieron el consultor Ricardo Baldasano, quien hizo una comparativa de normas y secciones de firme en vías urbanas, y Aurelio Ruiz, de CIESM-Intevia, quien hizo lo propio en cuanto a las normas autonómicas de firmes. Debido a la coincidencia de esta Jornada con la celebración del II Salón de Máquinas de Carreteras y Obras, se dedicó un espacio a presentar las principales novedades expuestas. De ello se ocupó Jesús Díaz Minguela, vicepresidente de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC).

Para finalizar esta segunda mesa, se procedió a la entrega del II Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA), destinado a reconocer los proyectos más significativos en innovación y sostenibilidad medioambiental para pavimentación. El Comité Técnico de Asefma seleccionó como finalistas los proyectos ‘Análisis de ciclo de vida de mezcla bituminosa semicaliente con



áridos reciclados cerámicos', presentado por Becsa; 'Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún', de Pavasal, en colaboración con Cartif; y 'Reciclado en frío con emulsión en la conservación de carreteras', de Sorigué, entre los cuales resultó ganador el presentado por Becsa.

La técnica del Ecodiseño, incorporada por Becsa, considera los aspectos ambientales en todas las etapas del proceso de desarrollo de un producto, con el objeto de conseguir el mínimo impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida. Fruto de la implantación de la metodología de ecodiseño, las mezclas bituminosas semicalientes con áridos reciclados cerámicos de esta firma han obtenido la declaración ambiental de producto según las normas ISO 14.025 y UNE EN ISO 14.021 y la conformidad a las normas ISO 14.064 e ISO 50.001 sobre huella de carbono y eficiencia energética.

El análisis de ciclo de vida de mezcla bituminosa semicaliente con áridos reciclados cerámicos muestra eficiencia en uso de recursos y materias primas, optimización y reducción de temperatura en el proceso de fabricación y mejores prestaciones del producto aplicado a pavimentación.

Innovación y desafíos técnicos

El director general de la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC), José Luis Peña, hizo una presentación sobre "Innovación y desafíos técnicos en la pavimentación" en la que, a modo de conclusión, hizo un llamamiento para que el sistema de Ciencia e Innovación siguiera invirtiendo en I+D+i y que las Administraciones de Carretera comprasen innovación.

A continuación tuvo lugar una mesa redonda, en la que participaron José Miguel Baena, del Ayuntamiento de Madrid, Ignacio Ruiz, del Ayuntamiento de Oviedo, y Antonio Cabrero, del Ayuntamiento de Málaga.

Finalmente, Xavier Flores, director general de Carreteras de la Generalitat de Cataluña, ofreció unas reflexiones acerca de la innovación en la Dirección general.

Comunicaciones libres

Como en anteriores ediciones, se dedicó el último bloque de las Jornadas a las Comunicaciones Libres, como reflejo del patrimonio técnico, capacidad innovadora y sensibilidad medioambiental que posee el sector viario español. En total, se han presentado 38 trabajos técnicos, de entre los cuales han sido seleccionados diez de ellos. Desde Asefma se ha subrayado que todo el conjunto resulta de una gran calidad técnica e interés para el sector. Jesús Felipo, de Pavasal, e Ignacio Pérez, de CEPSA, repasaron las propuestas no seleccionadas, en tanto que los 10 trabajos escogidos por el Comité Técnico de la X Jornada Nacional de Asefma fueron presentados por los autores. Se trata de los siguientes:

- Recuperación de daño en mezclas bituminosas. Valoración de la capacidad auto-reparadora para optimizar la conservación de firmes de carreteras, presentada por Fernando Moreno-Navarro; M. Sol-Sánchez; Gema García-Travé; y María del Carmen Rubio-Gámez.

- Caracterización avanzada de la respuesta mecánica de subbalasto bituminoso para la construcción de infraestructuras ferroviarias, presentada por M. Sol-Sánchez; Luca Pirozzolo; Fernando Moreno-Navarro; y María del Carmen Rubio-Gámez.
- Mezclas Bituminosas Recicladadas Semicálidas con espuma de betún, presentada por Jesús Felipo.
- Estudio del uso de ligantes modificados en mezclas anti-fisuras, presentada por Ignacio Pérez y Félix Pérez.
- Mezclas asfálticas con betunes modificados con nanotubos de carbono. Diseño y propiedades, presentada por Ignacio Pérez y Juan Baselga.
- Efecto del procedimiento de compactación en laboratorio sobre la densidad y características mecánicas de las mezclas asfálticas, presentada por Rodrigo Miró.
- Repercusión de la calidad de la construcción del firme en su deterioro y en los costes de conservación, presentada por Félix Edmundo Pérez Jiménez y Rodrigo Miró Recasens.
- SustainEuroRoad un impulso adicional a la sostenibilidad de las carreteras de Europa, presentada por José Luis Peña.
- Fisuras en la superficie de carretera, presentada por Carlos García Serrada.
- Estudios sobre áridos a emplear en capas de rodadura en la diputación foral de Gipuzkoa, presentada por Luis Vírseda.

El Comité técnico seleccionó la calidad investigadora en materia de mezclas asfálticas del grupo de investigación Laboratorio de Ingeniería de la Construcción (LabIC), liderado por Fernando Moreno, con su trabajo sobre recuperación del daño en mezclas bituminosas. La capacidad auto-repa-

radora de estos materiales se ha convertido en una de las principales líneas de investigación en carreteras, en la medida en que pueden aumentar la calidad y vida útil del pavimento. En este sentido, el equipo granadino del LabIC demuestra la idoneidad de dichas mezclas en la conservación de la red viaria por su capacidad para disminuir las fisuras y recuperar sus propiedades iniciales.

#30

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas constituyen una solución adecuada y predominante en pavimentos de túneles viarios” (Proyecto Pavirex, número 16)

#INGENIERÍA

Calendario de eventos

AÑO 2015

2-6 de noviembre AIPCR	XXV Congreso Mundial de la Carretera	Seúl (Corea del Sur) www.atc-piarc.com
16-20 de noviembre Comisión Permanente del Asfalto	XXVII Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto	Bariloche (Argentina) www.cpasfalto.org/eventos.htm
24-25 de noviembre AV'15	AV'15 Conference Asphalt Pavements 2015	Ceské Budejovice (Chequia) www.asfaltove-vozovky.cz/en
26-27 de noviembre	15 th Colloquium on Asphalt and Bitumen	Bled (Eslovenia) www.zdruzenje-zas.si

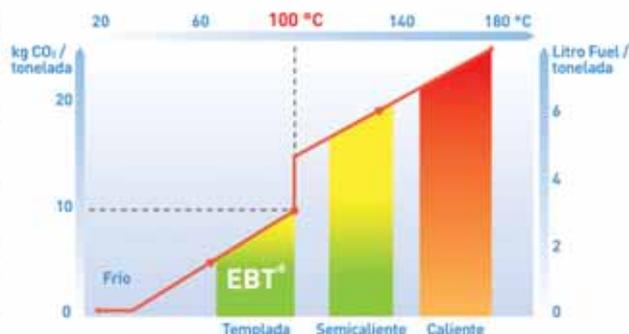
AÑO 2016

10-14 de enero TRB	TRB 95 th Annual Meeting	Washington DC (EEUU) www.trb.org
19-22 de enero ISSA	Slurry Seal Workshop	Las Vegas, Nevada (EEUU) www.slurry.org
7-10 de febrero NAPA	NAPA Annual Meeting	La Quinta, California (EEUU) www.asphaltpavement.org
17-19 de febrero DAV	Deusche Asphalttage	Berchtesgaden (Alemania) www.asphalt.de/site/
23-26 de febrero AEMA-ARRA-ISSA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Bonita Springs, Florida (EEUU) www.aema.org
13-16 de marzo AAPT	91 AAPT Annual Meeting	Indianapolis, Indianapolis (EEUU) www.asphalttechnology.org
22-24 de marzo World of Asphalt Show Management	World of Asphalt 2016	Nashville, Tennessee (EEUU) www.worldofasphalt.com
12-14 de abril CRP	8 ^o Congreso Rodoviario Português	Lisboa (Portugal) http://8crp.lnec.pt/
1-3 de junio EAPA - Eurobitume	6 th Euroasphalt&Eurobitume Congress	Praga (Chequia) www.eapa.org/events
7-9 de junio RILEM	8 th RILEM International conference on 'Mechanisms of Cracking and Debonding in Pavements'	Nantes (Francia) //mcd2016.sciencesconf.org/
28-30 de septiembre FGSV	Deutscher Strassen-und Verkehrskongress 2016	Bremen (Alemania) www.fgsv.de
11-14 de octubre	National Pavement Preservation Conference	Nashville, Tennessee (EEUU) www.nationalpavement2016.org
1-4 de noviembre IBEF	6 th International Symposium on Asphalt Emulsion Technology, ISAET'16	Arlington, Virginia (EEUU) www.aema.org

AÑO 2017

8-12 de enero TRB	TRB 96 th 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-ARRA-ISSA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Tucson, Arizona (EEUU)

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



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

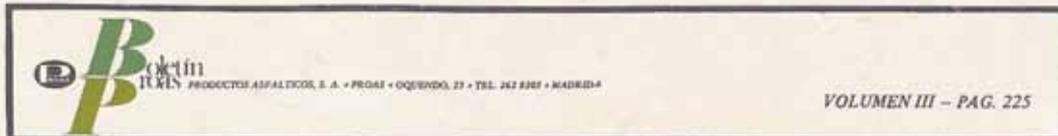
TRIALSA
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

PANASFALTO
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

LOS SERRANOS

Mirando al pasado

Documento publicado en noviembre-diciembre de 1976.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Hace unos días, ha terminado en Madrid la II Exposición Internacional de la Seguridad en Carretera y el Medio Ambiente.

Aquí, lógicamente, nos preocupa sobre todo el aspecto seguridad, ya que el estado de conservación de los pavimentos tiene fuerte relación con la seguridad de la circulación de vehículos.

Efectivamente, hay una serie de aspectos relacionados con las características técnicas de la carretera que influyen de forma muy apreciable en la peligrosidad que ésta presenta y quizás sería interesante que se hubieran subrayado adecuadamente algunos de estos aspectos de cara al público, aprovechando la Exposición:

1. Un aspecto de los más importantes, pero que evidentemente no tiene gran cosa que ver con los temas de materiales de los que en este Boletín nos ocupamos, es el de un trazado adecuado, con curvas de amplitud suficiente, enlaces satisfactorios y óptima visibilidad.

En el tema de la visibilidad, se ha discutido hasta la saciedad la influencia que sobre ella puede tener el color del pavimento, es decir, fundamentalmente, si se trata de un pavimento asfáltico o de hormigón de cemento: discusión ociosa porque, como puede observar cualquiera que dedique al tema un mínimo de atención, pocos meses después de puesto en servicio un nuevo tramo de carretera, adquiere, como consecuencia de la meteorización, del polvo y del roce de los neumáticos, un color gris que es prácticamente el mismo, tanto si el pavimento era originalmente asfáltico y, por consiguiente, bastante oscuro, como si se trataba de un pavimento de hormigón hidráulico, de un color gris muy claro. En cualquier caso y admitiendo la hipótesis de que los pavimentos negros son efectivamente negros, resulta evidente que los vehículos de color claro (como conviene por motivos de visibilidad) son mucho más visibles sobre fondo oscuro que sobre fondo claro y lo mismo ocurre con las líneas amarillas o blancas de señalización que tan gran ayuda prestan a los automovilistas, especialmente en casos de visibilidad muy mala, como, por ejemplo, en medio de la niebla.

2. Otro aspecto importantísimo es el de la mayor o menor resistencia al deslizamiento que los pavimentos pueden ofrecer. En este aspecto, como todos sabemos, desempeña un papel importantísimo la elección de unos áridos adecuados a la hora de construir la carretera, pero si, por defectos de los áridos o por cualquier otro motivo, la carretera termina por hacerse deslizante, es imperativo un tratamiento de conservación adecuado que restaure a la superficie sus condiciones antideslizantes y, para ello, puede aplicarse una capa delgada de aglomerado asfáltico o un tratamiento superficial de cualquier tipo utilizando áridos adecuados. Es interesante en este aspecto hacer notar la poca atención que hasta ahora se ha prestado en España a la construcción de capas de rodadura delgadas de aglomerado poroso, que ofrece una seguridad máxima frente al deslizamiento al eliminar la capa superficial de agua de lluvia. Como tratamientos superficiales, nuestra recomendación será siempre el empleo de tratamientos con gravilla de tamaño adecuado, reservando los tratamientos con lechada asfáltica para casos muy especiales, ya que su empleo en tramos largos de carreteras sometidas a tráfico intenso resulta a todas luces antieconómico por su poca duración.

3. Circulando recientemente por alguna carretera importante en las proximidades de Madrid, hemos padecido algún momento de peligro al encontrarnos, en un pavimento donde no era de esperar tal cosa, un bache que distrajo la atención del conductor y comprometió la estabilidad del vehículo simultáneamente. En una carretera con mal estado de conservación generalizado, un bache más o menos puede no tener importancia. Un bache aislado en una obra que está generalmente en muy buen estado, puede ser muy peligroso.



Enlaza este comentario con el del número de marzo del Boletín en el que manifestábamos nuestra preocupación por la modestia de las cifras del presupuesto de carreteras para 1977. Para mantener en las carreteras un grado de seguridad aceptable, es necesario ciertamente inspeccionar los vehículos para que estén en condiciones mecánicas aceptables, así como educar y vigilar a los conductores para que circulen de forma adecuada, pero también, evidentemente, es necesario que las carreteras, se mantengan en un estado de conservación satisfactorio. Se ha realizado en los últimos años una importante labor en nuestra red de carreteras, a pesar de lo cual, el gran crecimiento del tráfico y las características geográficas de nuestro país hacen que las carreteras españolas tengan índices de accidentalidad bastante elevados. Sería extremadamente peligroso, con los tráficos actuales, que la red de carreteras se deteriorara por falta de consignaciones suficientes para su conservación a los niveles que este tráfico exige.



Abrimos paso a nuevas ideas

¿Una carretera que descontamina el aire que respiramos?
¿Residuos domésticos reciclados en áridos para la carretera?
¿Pavimentos que en su fabricación ahorran energía y reducen la emisión de gases? ¿Pavimentos que absorben el ruido del tráfico? Hasta hace poco, estas ideas eran pura ficción. Actualmente ya tienen nombre: Noxer®, Tempera®, Viaphone®..... y se utilizan diariamente con éxito. Para imaginar carreteras de mañana, creemos en las nuevas ideas, incluso en las más sorprendentes, por eso innovamos.



Lecturas recomendadas

Informe NCHRP Report 810 "Consideration of Preservation in Pavement Design and Analysis Procedures" TRB 2015. 71 pp

Este informe presenta información sobre los efectos de la conservación sobre las prestaciones del pavimento y su vida útil de servicio. Describe tres enfoques diferentes para considerar estos efectos en los procedimientos de diseño y análisis de los pavimentos. Estos enfoques podrían servir de base para la incorporación de la conservación en la guía mecánico-empírica AASHTO: A Manual of Practice (MEPDG) and the AASHTOWare ME Pavement Design Software. El material contenido en el informe será de interés para ingenieros y otras personas involucradas en los diferentes aspectos del diseño y mantenimiento de los pavimentos.

<http://www.trb.org/Main/Blurbs/172941.aspx>



Informe "Impacto de la regulación sobre la Innovación". Fundación COTEC 2014

Regulación e Innovación suelen ser considerados antónimos. En este informe de la Fundación Cotec se analizan los diversos tipos de regulación y su impacto sobre la innovación, citándose diversos casos prácticos.

<http://www.cotec.es/index.php/publicaciones/show/id/2564/titulo/impacto-de-la-regulaciAsn-sobre-la-innovaciAsn--2014>

Informe "Asphalt Mixture Performance Characterization Using Small-Scale Cylindrical Specimens". Virginia DOT. Junio 2015. 55 pp

El control de la rigidez de mezclas bituminosas se realiza mediante probetas de dimensiones que en muchas ocasiones no es posible obtenerlas a partir de pavimentos ya extendidos. En este estudio de Virginia DOT se muestra el estudio comparativo entre probetas de tamaño estándar y probetas de pequeño tamaño. Los resultados muestran que es posible realizar un control adecuado a partir de las probetas de tamaño reducido.

<http://www.trb.org/Main/Blurbs/173006.aspx>



Informe: MDOT: OR14-030UMTRI-2015-19 "Evaluating roadway surface rating technologies". Universidad de Michigan. Junio 2015. 65 pp

La regularidad superficial es uno de los indicadores de servicio básicos en el control de calidad de los pavimentos. Sin embargo, las limitaciones presupuestarias hacen que este tipo de controles se limiten a las carreteras de tráfico medios y altos, siendo su uso muy limitado en las carreteras locales. Mediante los acelerómetros de los smartphone se ha verificado la posibilidad de controlar la regularidad superficial de los pavimentos (IRI y PASER).

<http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/111891/103192.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Producir aglomerados decorativos ahora es más fácil

con

PEP

PIGMENT ENROBÉS POLYMÈRE
(pigmento dispersado en polímero)



Respetuoso con el
medio ambiente.



Limpieza total en su
manipulación.



Fácil y completa dispersión
en el aglomerado;
mayor rendimiento
que la forma polvo.



Permite la dosificación
automatizada sin atranques.



www.gc-colors.es

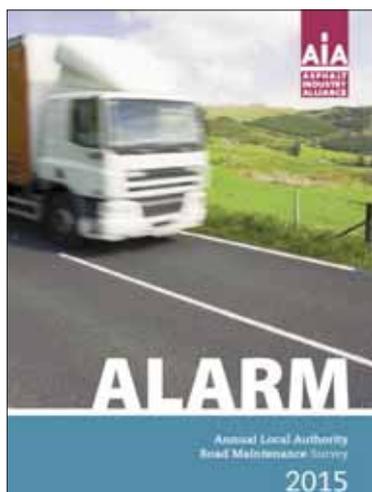


G&C Colors es distribuidor exclusivo del PEP para España, Portugal e Iberoamérica.
PEP es un producto de Somefor Resources.

C./ Río Guadalentín, Parcela 20 • Polígono Industrial Ceutí. 30562 Ceutí (MURCIA) Spain
Tel.: +34 968 69 48 99 • Fax: +34 968 69 49 03 • e-mail: info@gc-colors.es

Lecturas comentadas

En esta nueva sección se van a analizar algunos 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 de pocas líneas.



Se inicia esta sección con el comentario al informe "Alarm", publicado el 26 marzo de 2015, por la Asphalt Industry Alliance.

Cada año, la Asphalt Industry Alliance, una entidad homóloga a Asefma en el Reino Unido, publica este informe. Se trata de un documento independiente acerca del estado de conservación de las carreteras locales y regionales de Inglaterra y País de Gales.

El objetivo de este trabajo es obtener una panorámica general del estado de conservación de la red de carreteras, a partir de la información suministrada, directamente, por las administraciones responsables de su conservación. El informe Alarm se interesa también por informaciones relativas a la inversión realizada, el tipo

de mantenimiento y los niveles de servicio alcanzados. El informe Alarm se centra exclusivamente en las inversiones realizadas en el pavimento. El correspondiente a 2015 alcanza la cifra de 20º estudio anual realizado por la asociación. En su elaboración participó un poco más del 50 por ciento de las autoridades responsables de carreteras de Inglaterra (inclu-

Key findings

	TOTAL*	England**	London	Wales
Percentage of authorities responding	52%	53%	56%	41%
Shortfall in annual road structural budget	£548.6m	£428m	£39.8m	£80.8m
Average annual budget shortfall per authority	£3.2m	£3.7m	£1.2m	£3.7m
Percentage of budget used on reactive maintenance	25%	22%	29%	34%
Estimated time to clear carriageway maintenance backlog ¹	13 years	12 years	15 years	13 years
Estimated one time catch-up cost	£12,166m	£10,75m	£807m	£646m
Estimated one time catch-up cost per authority	£71m	£93m	£25.2m	£29.4m
Percentage of authorities reporting unforeseen additional costs	32%	31%	28%	44%
Average additional cost per authority (where figures available)	£4.1m	£5.7m	£810k	£475k
Frequency of road surfacing (all road classes)	63 years	64 years	31 years	59 years
Number of potholes filled over past year	2,670,350	2,380,730	158,776	129,844
Average number filled per authority last year	15,706	20,702	4,993	3,902
Average cost to fill one pothole	£37	£52	£72	£65
Total spent filling potholes in past year	£144.3m	£124.4m	£11.5m	£8.4m
Amount paid in road user compensation claims	£23m	£20.2m	£2.2m	£702k
Staff costs spent on claims (per year) average per authority	£104k	£104k	£88k	£138k
Average number of utility trenches over past year per authority	13,258	15,776	5,340	4,904

¹ Based on current budgets

* England, London and Wales

**excludes London



yendo Londres) y del País de Gales. El estudio se llevó a cabo en enero y febrero de 2015. Sin lugar a dudas, más allá del interés del informe, se trata de todo un ejercicio de transparencia.

En palabras del presidente de Asphalt Industry Alliance, Alan Mackenzie, “El primer estudio Alarm, publicado en 1996, mostró un déficit medio de nueve millones de libras, mientras que este año la cifra es de un poco más 3,2 millones. Nos movemos en la dirección correcta”.

El informe Alarm aborda muchos aspectos relativos al análisis de la conservación. Sin lugar a dudas, uno de los más impactantes es el referido al número de baches eliminados y al coste medio comparado entre las administraciones analizadas. El documento concluye con una serie de datos acerca del coste total estimado para llevar la red de carreteras a

“un estado razonable”, el número de baches eliminados, el presupuesto anual estimado en estas tareas, el deficit presupuestario acumulado, los costes anuales reclamados por los usuarios, etc. Este informe, un año más, fue presentado al Parlamento británico.

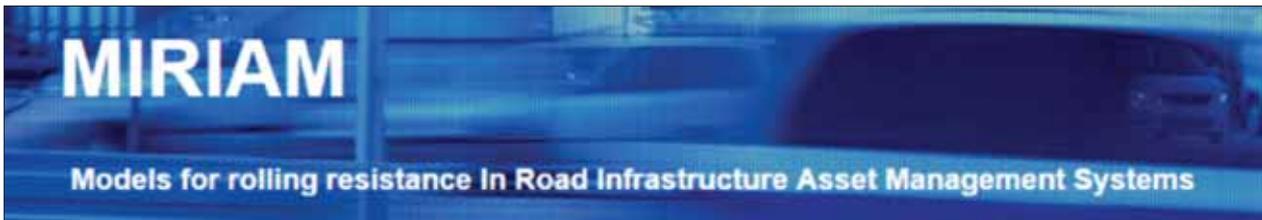
#31

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Nuevas tecnologías medioambientalmente amigables, como las mezclas semicalientes o los reciclados templados, son particularmente adecuadas a los entornos urbanos” (I Congreso Multisectorial- Mesa de Responsables de Conservación, número 18)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

I+D+i. Convocatorias de ayudas a proyectos



El día 10 de septiembre la Comisión Europea ha publicado el borrador de programa de trabajo 2016-2017 de la convocatoria H2020 para el área de Transporte. El documento se puede descargar desde el siguiente enlace: https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/11.%20SC4_2016-2017_pre-publication.pdf

Posteriormente, el 5 de noviembre, se va a celebrar un Infoday para presentar el citado programa de trabajo. En estos momentos ya no hay plazas para asistir. Más información sobre el Infoday se encuentra en <http://ec.europa.eu/research/index.cfm?pg=events&eventcode=D7185674-DE6C-2C3A-6BFC1426216A4F51>

PROYECTOS DESTACADOS

<http://miriam-co2.net/>

MIRIAM es un proyecto en el que participan doce socios (once europeos, mayoritariamente grandes laboratorios centrales, y uno de EEUU) y que centra su trabajo en el desarrollo de la medida de la resistencia a la rodadura en los pavimentos, con el objeto de proporcionar herramientas válidas que permitan catalogar los pavimentos en función de su eficiencia energética al paso de los vehículos.

El proyecto ya está bastante avanzado y a través de su página web se puede descargar una gran cantidad de información de alta calidad científica. Es de destacar que una de las fases del programa de trabajo trata sobre el uso de este tipo de tecnología para llevar a cabo la gestión de las infraestructuras viarias, siendo objeto de estudio el caso de Dinamarca y Holanda.

El escenario básico sobre el que basan las estimaciones es el siguiente:

Basic assumptions:	Scenario w. COOEE pavements:
● Average speed: 90 km/h	● MPD = 0.55
● 30% RR per unit MPD	● IRI = 0.9
● 6% RR per unit IRI	
● 3% FC per 10% RR	

Fuente: Lasse Grinderslev Andersen (Roskilde University & Danish Road Directorate). Workshop 6 de mayo de 2015.

www.itafec.com

Los tiempos están cambiando
Entra en la web y regístrate



Lucía Miranda
"Me parece una forma moderna y eficaz de acceder a los archivos del sector"



Miguel Ángel del Val
"Reconozco que inicialmente la idea me sorprendió, pero ahora estoy plenamente convencido"



Ángel Sampedro
"Es un camino nuevo al que me uno y animo a otros a que hagan lo mismo"

Ya hay más de 5.000 usuarios

¿A qué esperas?



INICIO • SERVICIOS • EVENTOS • TIENDA • NOTICIAS • CONTACTO

Acceder a mi cuenta

Español



Mayor impacto a través de las redes sociales

Antes, durante y después del evento

Desde la gestión de las redes sociales Facebook, Twitter y LinkedIn, **itafec** dará a conocer previamente, a toda su red de contactos, cuándo se va a realizar el evento, congreso o jornada, potenciando las inscripciones y la presencia en los medios de comunicación pero además, el evento no termina en la clausura



Retransmisión Online

Visualización en directo en nuestro portal: con un solo click usted podrá asistir al evento desde cualquier parte del mundo

MÁS INFORMACIÓN

Gestión y Coordinación

Itafec dispone de una pasarela de pago y TPV para facilitar las inscripciones desde cualquier lugar del mundo

MÁS INFORMACIÓN

Comunicación

Por medio del gabinete de comunicación experto de Itafec lanzamos una campaña de información previa del evento

MÁS INFORMACIÓN

Tienda de recursos

La grabación del evento genera unos archivos digitales que, junto a textos y presentaciones del evento, pueden ser alojados y comercializados en Itafec

MÁS INFORMACIÓN

Noticias Recientes

[#XVII Congreso CILA, un ejemplo de gestión 2.0 con tiempos muy ajustados](#)
12 / 12 / 2013

La gestión del Social Media del XVII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA) a tan solo 37 días del mayor evento del sector de las carreteras en Iberoamérica fue para ITAFEC una oportunidad pero, ante todo un gran reto...

Agenda de Eventos

DICIEMBRE 2013

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
						1
2	3	4	5	6	7	8

Asmud, un ejemplo de presencia en redes sociales para el sector

A nadie se le escapa que convertir una página web, en facebook, un grupo de linkedin o una cuenta de twitter, de base científico-técnica, en una página atractiva para sus seguidores puede ser tarea complicada.

Existen, sin embargo, experiencias exitosas en el arte de difusión de la información a través de estos medios. Concretamente, podríamos fijarnos en el caso de Asmud Internacional (@asmud_). Se trata de una página de origen turco que, con sólo 462 tuits, ha conseguido la friolera de 12.319 seguidores.

¿En qué radica su éxito? Un motivo que podría justificarlo es que realiza una fusión de arte y técnica. Son numerosas las fotos artísticas que se pueden encontrar en esta página, combinadas siempre con una frase corta, pero impactante, que no

deja indiferente a nadie. Así, combinan pavimentación con naturaleza, mantenimiento con futuro, técnica con esfuerzo, patrimonio con compromiso... Y esa mezcla de arte y técnica tiene como resultado una fuerte componente emocional.

Esto lo hacen también algunas páginas y miembros del sector del asfalto en España, aunque el caso de Asmud Internacional es el más representativo.

A modo de ejemplo, se muestran algunos de los tuits que les pueden haber llevado al éxito, por los motivos citados.





Asefma es la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas. Una asociación de empresas que reúne en la actualidad a más de 140 empresas. Asefma es la referencia nacional del sector.

Asefma representa a un sector fuertemente industrializado, más de 2.000 millones de euros en bienes de equipo, que mantiene más de 30.000 puestos de trabajo, empleo directo, con más del 70% en contratación fija. Asefma representa a un sector de oficio.

Desde Asefma se ha impulsado de manera decidida la adaptación al proceso de Mercado CE y además, lidera importantes iniciativas en materia de I+D como la construcción del Centro Tecnológico Europeo del Asfalto (EUCAT) o el Proyecto Fénix, www.proyectofenix.es



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26
28020 Madrid
www.asefma.es

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

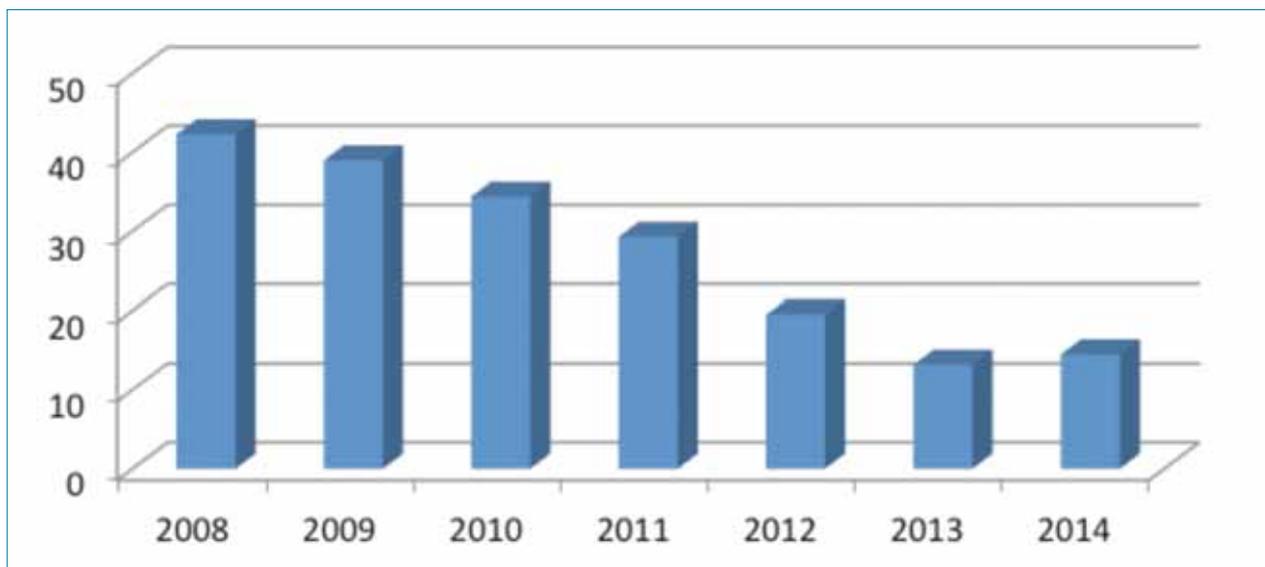
Observatorio del sector

En esta sección se incluyen indicadores que permitan obtener una radiografía del sector de la carretera, considerando datos de tipo económico. En esta ocasión, se analiza la producción de asfalto en España con los datos más recientes, correspondientes al año 2014.

Tras un mínimo histórico en 2013, la producción de mezclas bituminosas remonta ligeramente llegando hasta los 14,5 millones de toneladas, aún muy lejos de las cifras que serían adecuadas para un país como España, cuya red de carreteras es la segunda en longitud de Europa. Del análisis de los datos de producción se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- El porcentaje de mezclas utilizadas en capas de rodadura suponen las dos terceras partes del total, lo que es consecuente con la tipología de obras que se realizan en la actualidad: refuerzos y actuaciones de mejora superficial.
- Las mezclas AC consolidan su predominancia como capa de rodadura y las mezclas SMA, aunque con porcentajes reducidos, mantienen su utilización.
- El empleo de mezclas fabricadas a menor temperatura sigue siendo anecdótico.

Considerando la extensión de la red española de carreteras, un mantenimiento adecuado de la red viaria requeriría un consumo de 30-35 millones de toneladas, cifras que están en consonancia con los datos de otros países europeos, que disponen de una red de carreteras madura en la que la mayor parte del presupuesto se destina a conservación de los firmes.



Producción de mezclas asfálticas en España (millones de toneladas).

#32

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El RAP puede reutilizarse hasta en un 100% en mezclas de alta calidad” (Rodaduras urbanas sostenibles, número 15)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Conquistando al mundo a pesar de la furia de la tormenta...

Y cualquier otra cosa que el clima le arroje

En Macismo usamos nuestros años de investigación y experiencia en mantenimiento de carreteras para desarrollar productos innovadores que transforman el comportamiento típico de los materiales asfálticos, dando soluciones especializadas.

Nuestros aditivos proporcionan soluciones duraderas para el mantenimiento de carreteras y funcionan bajo todas las condiciones climáticas. Macfix® es la tecnología de asfalto frío con más rápido crecimiento en el planeta, nosotros sabemos cómo servir a los climas más inhóspitos del mundo.



macfix®

Tecnología de asfalto frío



rapfix®

Tecnología de reciclado



asphix™

Agentes de adhesión

macismo
asphalt innovations

Para obtener más información sobre nuestros productos y su disponibilidad en todo el mundo
Llama al +441905 454 993, e-mail info@macismo.com o visita www.macismo.com

Hágalo con **macfix**[®]



Fabrique su propia mezcla de asfalto frío de alta calidad para la reparación de pavimentos



macfix[®]

Tecnología de asfalto frío

Asfalto frío Premium para reparaciones permanentes e instantáneas

- ✓ Utilizando un 99 % de su propia materia prima local podrá crear una mezcla de asfalto frío de alta calidad y almacenable.
- ✓ Reparaciones instantáneas y permanentes de baches y recortes de servicios públicos en superficies bituminosas o de hormigón.
- ✓ Macfix[®] asfalto frío Premium puede almacenarse a granel con una vida útil de al menos 2 años, manteniendo su maleabilidad en climas fríos con temperaturas de hasta -10 °C.
- ✓ Macfix[®] asfalto frío Premium puede aplicarse en todo tipo de climas, incluyendo bajo la lluvia, sin necesidad de poner imprimación asfáltica o sellante.
- ✓ Una vez terminada la reparación será resistente a surcos y podrá ser abierta al tráfico de manera inmediata.
- ✓ Los aditivos líquidos Macfix[®] se fabrican con mezclas de componentes cuidadosamente seleccionados que aportan unas propiedades únicas como excelente maleabilidad, almacenable, adhesión mejorada y resistencia a los daños causados por la humedad y a la degradación por UV.
- ✓ Los aditivos líquidos Macfix[®] han sido diseñados para mezclarse y aplicarse de forma segura, con un punto de inflamación alto y un bajo o inexistente contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV).
- ✓ Es fácil de usar ya que puede dosificarse desde un bidón o un gran recipiente para mercancías a granel (GRG/IBC) directamente al mezclador o a la tolva de pesaje. También puede pre-mezclarse con el betún.

Para obtener más información llama al +441905 454993, visita www.macismo.com o envía un email con tus requerimientos a info@macismo.com

macismo
asphalt innovations

**NUEVO
PARA
2015**



Asphalt Recycling

UN REVOLUCIONARIO Y NUEVO
SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y
ALIMENTACIÓN PARA EL RAP

Para obtener más información envía un email a enquiries@macismo.com

rapfix[®]
recycling technology



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