

ASFALTO y pavimentación

Número 32 · Volumen IX · Primer trimestre · 2019

número **32**



#IRMD2019

· I N T E R N A T I O N A L ·

Road Maintenance Day



Garantía en firme

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp significa tranquilidad para su obra. Desde combustibles a fuelóleo, pasando por los betunes e incluso lubricantes, Galp garantiza un servicio y acompañamiento técnico orientado al cliente, siempre aportando la mejor respuesta en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que trabaja mano a mano con el cliente puede ofrecer.

Use nuestra energía y ¡manos a la obra!

Tel: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 29
Email: buzon.espana@galpernergia.com

galp.es

galp  energía crea energía



Número 32 · Volumen IX
Primer trimestre · 2019

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

María del Mar Colás,
Andrés Costa, Jesús Felipe,
Jacinto Luis García Santiago,
Lucía Miranda, José Luis Peña,
Nuria Querol, María del Carmen Rubio,
Ángel Sampedro, José Antonio Soto

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

Francisco Muriel

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

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

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189
Depósito Legal: M21967-2011

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

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

Sumario

Número 32 · Volumen IX · Primer trimestre · 2019

Editorial

Reducir la velocidad máxima no basta

05

Tribuna

M^a Carmen Rubio

07

Tribuna

María del Mar Colás y Nuria Uguet

09

Tribuna

Pepe Soto

11

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid

Raquel Casado Barrasa - Carlos Martín-Portugués Montoliu
Edith Guedella Bustamante

13

Secciones fijas

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas, Mirando al pasado

25

Patologías de los Pavimentos

Andrés Costa

29

Evaluación de la energía de fractura mediante el ensayo DC (T) de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío

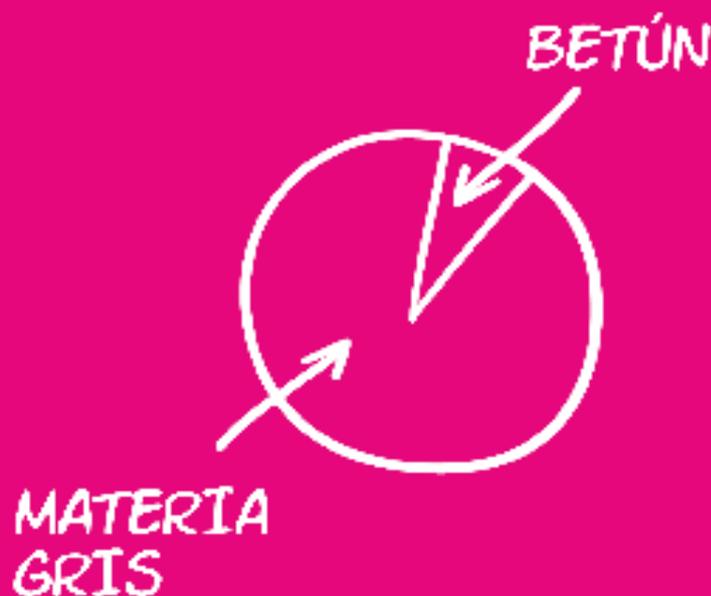
José Rafael Bernal Padilla - Jorge Alarcón Ibarra
Carlos Coria Gutierrez

37

Secciones fijas

Normativa, Noticias, Calendario,
Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del Sector,
Afirmaciones asfálticas

45



En realidad, construir una carretera necesita muy poco betún.

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

Probisa
Abrimos paso a nuevas ideas

Reducir la velocidad máxima no basta

Desde los primeros editoriales de esta Revista, se viene llamando la atención sobre la gran incidencia que tiene el estado del pavimento de una carretera mal conservada sobre aspectos tan importantes como:

Comodidad en la conducción, este aspecto incide directamente en el cansancio provocado, especialmente en trayectos largos, por la mayor atención que se debe prestar ante el mal estado de una carretera.

Deterioro y desgaste prematuro de todos los elementos mecánicos del vehículo, pero especialmente sobre los neumáticos y amortiguadores. Los pequeños y grandes impactos que sufre el vehículo por las irregularidades del pavimento aceleran su deterioro lo que supone, a la larga, una vida útil del vehículo mucho menor y por tanto un mayor coste del transporte por carretera.

Mayor consumo de combustible, numerosos estudios realizados al respecto estiman un incremento de hasta un 34% mayor de lo habitual cuando el pavimento está en mal estado de conservación, lo que supone, además, un incremento de las emisiones de GEI a la atmosfera.

En este punto conviene recordar que más del 20% de las emisiones totales de GEI en la UE provienen del transporte por lo que, realizando mejoras que eviten el deterioro superficial de los pavimentos, contribuiremos a disminuirlo sustancialmente.

Seguridad vial, posiblemente este punto sea el más importante a tener en cuenta a la hora de pedir más inversiones en la conservación de carreteras. Un firme en mal estado exige mucha mayor atención en la conducción y nos lleva, a veces, a tomar decisiones bruscas que nos obligan a salir de la trayectoria normal, a sufrir el reventón de un neumático con la posibilidad de salir de la carretera o impactar contra otro vehículo, a aumentar la distancia de frenada por el pulimento de la superficie que hace al pavimento deslizante. En fin son situaciones que se pueden evitar con una conservación de carreteras adecuada a nuestra excelente red.

Estas implicaciones, especialmente los sobrecostes inducidos por el estado del firme, determinan la competitividad del transporte por carretera, lo cual es especialmente importante en un país como España, cuya red de carreteras sopor-

ta una gran parte del tráfico de mercancías entre Europa y el resto de continentes, y es una de las infraestructuras fundamentales para el Turismo, industria que supone el 11% del PIB español.

Todos los aspectos mencionados, que justifican la necesidad de mantener los firmes de nuestra red de carreteras en un estado adecuado, son aún más importantes y necesarios cuando se consideran los cambios que se van a producir en la movilidad del futuro inmediato, de tal forma que las nuevas formas de conducción y energía van a necesitar, entre muchas otras cosas, unos pavimentos en perfecto estado de conservación.

Pero además, este Editorial se plantea esta cuestión: ¿cualquier conductor tiene la formación y los conocimientos suficientes para evaluar el estado superficial de la carretera y ajustar la velocidad del vehículo al mismo? La respuesta parece obvia, NO.

El día 29 de enero de 2019 ha entrado en vigor la nueva normativa de la DGT respecto a la velocidad máxima de circulación en las carreteras denominadas convencionales (con un carril por cada sentido de circulación), para reducir el número de víctimas mortales en las carreteras.

Esta revista desea, como no puede ser de otra manera, que se consiga esta reducción de víctimas, pero considera que una reducción de 10 km/h es insuficiente cuando la causa real del accidente sea el mal estado de la carretera por una conservación deficiente de la misma.

La cuestión es importante y abre una reflexión de mayor calado, reducir 10 km/h no es garantía de 0 accidentes, 0 víctimas pero además no debe ser un modo de tapar un clamor social, las carreteras de España están mal conservadas. Se acumula un déficit de más de 7 años con niveles de conservación de menos del 50% de lo necesario que no se van a compensar reduciendo 10 km/h la velocidad máxima de los vehículos.

COLOR⁺ R

Nos acompañas?



Ravasol COLOR⁺ R es un innovador desarrollo que permite optimizar la fabricación de mezclas en caliente de color ROJO.

Para cualquier información adicional, contactar con asphalt@ravagochemicals.com o visitar nuestro sitio web: www.ravagochemicals.com



ravasol
ASPHALT

Your road to solution

8th EATA Conference 2019: Una cita imprescindible para conocer las tecnologías europeas más innovadoras en materiales asfálticos



María del Carmen Rubio
Universidad de Granada

 @maycarubio

En las últimas décadas hemos sido testigos de grandes avances en el ámbito de los pavimentos asfálticos, que podrían llevarnos a pensar que cada vez tenemos menos margen de innovación. No obstante, nada más lejos de la realidad. Si algo ha demostrado este sector es su gran capacidad de adaptarse a las crecientes necesidades sociales y medioambientales, ofreciendo respuestas adecuadas para contribuir a su desarrollo.

En este contexto, desde esta tribuna me gustaría plantear a los lectores de *Asfalto y Pavimentación* algunas preguntas:

- ¿Conocéis los últimos avances en tecnologías de fabricación de mezclas semi-calientes a baja temperatura?
- ¿Qué aditivos rejuvenecedores son más adecuados en pavimentos envejecidos o para la producción de mezclas con altas tasas de RAP?
- ¿Sabéis cómo se comportan los pavimentos fabricados con bio ligantes o las ventajas que aportan los materiales de cambio de fase microencapsulados en la resistencia al envejecimiento y reología de los betunes?
- ¿Estáis al corriente del desarrollo de ligantes transparentes para facilitar el desarrollo de carreteras solares o de que existen geosintéticos inteligentes capaces de monitorizar el estado de deflexiones del firme a tiempo real?
- ¿Conocéis los nuevos métodos de ensayo para caracterización, diseño y dimensionamiento de materiales bituminosos?

Todas estas cuestiones y muchas más tendrán respuesta durante el próximo congreso de la European Asphalt Technology Association (EATA) que se celebrará entre los días 3 y 6 de junio de 2019 en la E.T.S. de ingeniería de caminos, canales y puertos de la Universidad de Granada.

EATA es una asociación europea de profesionales que desarrollan su actividad investigadora en torno a los materiales asfálticos y sus aplicaciones. Fundada en la Universidad de Nottingham en 2004, su origen y primeras actuaciones datan de 1973, habiéndose inspirado en las actividades de la Association of Asphalt Paving Technologists de EEUU, y enmarcada dentro ISAP (International Society for Asphalt Pavement).

Los congresos EATA representan una gran oportunidad para conocer y dar a conocer los avances más significativos en el ámbito de los materiales asfálticos. Entre sus participantes está prevista la presencia de ingenieros y científicos de diferentes disciplinas, como son el ámbito académico, el sector industrial, las asociaciones y organismos públicos de más de 25 países. Esta variada participación y su carácter internacional lo convierten en un evento ideal para establecer relaciones laborales y compartir conocimientos y experiencias.

Otro aspecto a destacar de los congresos EATA es la calidad técnica y rigor científico de sus comunicaciones. Todas ellas son evaluadas en un proceso de revisión por pares en un contexto internacional. Una selección de las mejores aportaciones será publicada en una edición especial de la revista *Road Materials and Pavement Design* de la editorial Taylor and Francis (proporcionada a todos los asistentes al evento junto con el resto de comunicaciones presentadas en la exposición permanente de posters).

Durante los 4 días de congreso se abordarán los grandes retos a los que nos enfrentamos y a los cuales habrá que dar respuesta desde el ámbito de los materiales asfálticos en

8th EATA Conference 2019: Una cita imprescindible para conocer las tecnologías europeas más innovadoras en materiales asfálticos

particular y de la ingeniería de pavimentos en general (carreteras, puertos, aeropuertos, etc.), considerando las tecnologías y logros disponibles en la actualidad y la adecuación de los mismos para satisfacer las necesidades futuras.

Así, las temáticas a tratar girarán en torno a la utilización de tecnologías sostenibles y la inclusión de criterios de economía circular en los materiales asfálticos, los criterios de diseño y dimensionamiento para satisfacer las futuras solicitudes derivadas del incremento del volumen y cargas del tráfico, o las soluciones adoptar para minimizar el impacto sobre cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos. Además, también se estudiará cómo afrontar los futuros retos derivados de la implantación del vehículo eléctrico (como la necesidad de desarrollar materiales y sistemas que faciliten la recarga del mismo en la carretera) o las exigencias asociadas a las "Smart Cities" (generación y almacenamiento de energía, proveer información sobre su estado a tiempo real y las condiciones del tráfico, o interactuar y facilitar el guiado del vehículo autónomo).

Por otra parte, como actividad paralela del congreso, EATA 2019 incluye en su programa dos workshops específicos que se celebrarán el día 6 de junio. Un workshop promovido por el comité TC_264 RAP de RILEM (Asociación Interna-

cional de Laboratorios y Expertos en Materiales de Construcción, Sistemas y Estructuras) bajo la temática "Reciclados a Baja Temperatura" y otro promovido por la FAA (Federal Aviation Administration) de los EEUU centrado en el uso del innovador software FAARFIELD 1.41 para el "Diseño de Pavimentos Flexibles para aeropuertos". Los workshops están diseñados para facilitar la transferencia de conocimiento entre la industria, la academia y los organismos públicos responsables de la construcción y conservación de infraestructuras de transporte, con especial hincapié en carreteras y aeropuertos, estando representados cada uno de ellos en las diferentes mesas redondas de debate y comunicaciones técnicas.

Considerando la calidad técnica de la ingeniería civil española, y siendo España por primera vez anfitriona de este evento en el que se darán cita los mayores expertos a nivel mundial, desde la revista Asfalto y Pavimentación os animamos a participar y dar a conocer vuestras experiencias en este campo.

Para más información acerca de este congreso, os invitamos a consultar la página web www.eata2019.com

Os esperamos en Granada el próximo mes de junio.

Las emulsiones asfálticas se visten de gala. Madrid acogió en noviembre la IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas: Técnicas con emulsión bituminosa: Claves en la Economía Circular.



María del Mar Colás Victoria
Directora del Comité Técnico de ATEB

 @MarColVic



Nuria Uguet
Presidenta de ATEB

 @NuriaUC

Los amigos de las emulsiones asfálticas estamos de celebración este año por la convocatoria de la IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas por parte de la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB), que tuvo lugar el 22 de noviembre en el Campus de Alcobendas de la Universidad Europea de Madrid. Al igual que en ediciones anteriores, el objetivo ha sido comunicar al sector lo más relevante y novedoso en relación con el empleo de las emulsiones bituminosas.

El programa se diseñó para satisfacer las necesidades concretas de la conservación y construcción de carreteras, a través de nuevos conceptos, como el de "Economía Circular", donde las Técnicas basadas en el empleo de emulsiones bituminosas encajan perfectamente.

La jornada se constituyó en 4 sesiones que, además de presentaciones, incluían mesas redondas, donde se trataron temas relativos a:

- Actualización/ Adaptación de la Normativa de emulsiones bituminosas y de sus técnicas de pavimentación.
- Buenas prácticas de obra.
- Técnicas que permiten el empleo de reciclado de firmes.
- Herramientas para el Análisis de Ciclo de Vida.

Muchos técnicos de las diferentes empresas que son miembros de ATEB, colaboraron en el programa, participando en aquellas materias en las que tienen mayor experiencia. Además, desde el Comité Técnico de ATEB se consideró invitar a aquellas personas que, por su trabajo, experiencia y relación con ATEB podían aportar ideas y conocimientos en materias concretas.

La jornada, al igual que en ediciones anteriores, se retransmitió por streaming y los canales para recibir preguntas fueron dos, por un lado las redes sociales, principalmente twitter y por otro, los asistentes presenciales.

Antes de empezar con las sesiones y para entrar en materia, se hizo una presentación sobre la evolución de la emulsión en construcción y conservación de carreteras a nivel mundial.

De la primera sesión, centrada en cambios normativos, cabe destacar la actualización de normativa de emulsiones, la publicación de protocolos de ensayo, de una guía de marcado CE de emulsiones y, la presentación del libro que incluye las recomendaciones para la redacción de pliegos sobre técnicas con emulsión para carreteras de baja intensidad de tráfico.

De la segunda sesión, centrada en buenas prácticas, ca-

Las emulsiones asfálticas se visten de gala. Madrid acogió en noviembre la IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas: Técnicas con emulsión bituminosa: Claves en la Economía Circular.

be destacar la presentación de la guía de buenas prácticas de riegos de adherencia que ha elaborado el GT6 del comité de firmes de la ATC y, la presentación de la nueva monografía de microaglomerados en frío elaborada por el GT-7 de ATEB (próxima publicación). También se destacó la importancia de la formación de todo el personal involucrado en la obra para asegurar el éxito de la misma.

En la tercera sesión, relativa a técnicas que permiten el reciclado de firmes, se hizo una exposición de la experiencia existente en España en reciclados templados con emulsión y también se presentaron las novedades normativas del artículo 20 de la OC 40/2017 que lleva por título reciclado in-situ con emulsión de capas bituminosas y se informó de la creación de un nuevo grupo de trabajo en ATEB, el GT-8, cuyo objetivo es comprobar las características mecánicas de los RFE. También se debatió sobre la evolución de este tipo de tecnologías.

En la última sesión, relativa al Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se presentaron herramientas para el ACV y ACCV así como declaraciones ambientales de productos fabricados con emulsión bituminosa y se ligaron estas herramientas con

el I+D+i y la Compra Pública Ecológica (CPE)

Junto con estas 4 sesiones, se intercalaron dos conferencias magistrales, la primera de ellas trató sobre la aportación española a la tecnología mundial de emulsiones y la segunda, sobre la economía circular aplicada a las emulsiones.

Tras las cuatro sesiones, se procedió a entregar el premio al mejor Post del blog de ATEB y los tradicionales nombramientos de miembros de honor de la asociación.

Como conclusión final me atrevo a decir que la jornada fue un éxito, y sirvió de foro de intercambio de información y conocimiento de todo lo relacionado con las emulsiones bituminosas. Además, quedó patente la idoneidad de las técnicas con emulsión en la reducción de impactos ambientales así como su perfecto encaje en la economía circular. Quiero agradecer a todos los asistentes, vía presencial o por streaming su implicación en el éxito de la misma.

Si queréis más información sobre el desarrollo de la jornada, os invito a que visitéis nuestra página web: www.ATEB.es donde están alojadas las presentaciones y videos de la IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas.

#74

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas ultrafinas no solo dan lugar a una rodadura de muy alta calidad sino que son las que más reducen la utilización de nuevas materias primas, sin parangón en otras tipologías de firmes”
(Simposio Nacional de Firmes 2018 (Francisco Jose Lucas))

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Mirando al pasado para mejorar el futuro



José Antonio Soto
Miembro de la revista
Asfalto y Pavimentación
@soto228pepe

En el mes de noviembre apareció en la prensa la noticia de que el Ministerio de Fomento prepara un plan decenal de carreteras, con unas cifras en inversión para carreteras esperanzadoras. Noticia, hasta cierto punto, alentadora, ya que supone una inquietud oficial por el estado de las carreteras y el propósito de hacer algo en el futuro para corregirlo.

Pero, obsérvese que, a pesar del aspecto alentador de la noticia, hemos dicho “hasta cierto punto”. Esta reserva se basa en lo siguiente:

1º. Las carreteras exigen una actuación enérgica e inmediata. Continuar con esta inactividad casi total hasta que se apruebe el plan y pasar por un largo calvario de aprobaciones por los distintos organismos oficiales hasta llegar a convertirse en una realidad palpable, nos parece suicida, ya que el deterioro creciente de las carreteras no va a interrumpirse esperando la aprobación del plan.

2º. Podría objetarse a lo dicho en el punto anterior que el plan es necesario para poner orden en las actuaciones que han de realizarse en las carreteras, pero cualquiera que conozca la red de carreteras españolas, su estado y la organización de su administración podría responder a esto fácilmente diciendo que lo verdaderamente urgente en estos momentos es asignar a los trabajos de conservación de la red los presupuestos necesarios, cuya magnitud es perfectamente conocida por todos, por lo que la actuación urgente en las carreteras podría empezar ya, sin necesidad de esperar al citado plan, cuya puesta en marcha puede suponer una demora que para la conservación es inadmisibles.

3º. El plan quizás se pueda considerar necesario desde el punto de vista político para intentar convencer razonadamente al Gobierno y, muy especialmente, al Ministerio de Hacienda de que la mayor inversión que se pide para carreteras es efectivamente necesaria y totalmente justificada por los hechos, y que los fondos solicitados van a ser utilizados de una manera ordenada y constructiva, pero estos objetivos podrían conseguirse sin necesidad de la larga demora que supone el esperar a la presentación del plan, sencillamente con un estudio del estado deplorable de las carreteras, los estudios de la AEC de los últimos años así lo atestiguan, que permitiera, al menos, conseguir fondos necesarios para incrementar la conservación mientras se redactaba ese plan. Lo realmente urgente es conseguir fondos para la conservación de la red y el refuerzo de algunos tramos de los más transitados. Lo ideal sería conseguir esto antes de la redacción del plan.

En resumen, bueno es que se esté preparando un nuevo plan de carreteras, porque sin duda clarificará mucho el horizonte para el futuro, y si se logra dar a su realización cierta continuidad, podría evitarse la marcha errática de las actuaciones en carreteras, con periodos de exceso de actividad seguidos de otros con inactividad casi total. Pero lo más importante que hay que hacer en las carreteras no requiere plan alguno, sino una financiación adecuada para la realización de unos trabajos de conservación que todos sabemos cuáles son. Y si eso es así, ¿por qué esperar? Las carreteras no esperan.

Y como en las películas, la célebre frase “39 años atrás”:

Enero –marzo de 1980, hace casi treinta y nueve años, ver unas páginas más adelante el “Mirando al Pasado” de esta revista nº32, se decía:

“Cuando escribimos estas líneas acaba de aparecer en la prensa la noticia de que el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo prepara un plan decenal de carreteras. Es una noticia hasta cierto punto alentadora, ya que supone una inquietud oficial por el estado de las carreteras y el propósito

Mirando al pasado para mejorar el futuro

de hacer algo en el futuro para corregirlo.

Pero obsérvese que, al referirnos al aspecto alentador de la noticia, hemos dicho que lo es “hasta cierto punto”. Esto implica una reserva que se basa en los siguientes puntos:”

Estos párrafos entrecomillados continuaban, literalmente, con los tres apartados anteriores y el resumen final ya expuesto.

En el original se añadía un 4º apartado en donde se decía: “Es excelente el planteamiento que se hace, según se desprende de la declaración publicada por la prensa, según el cual, el coste de las distintas actuaciones, evaluado inicialmente en pesetas de 1980, se actualizará debidamente cada año para conservar en el futuro el nivel de actividad en construcción y conservación de carreteras. Si se consigue que es-

to funcione realmente, se evitará uno de los escollos que en el pasado han perjudicado a los planes de carreteras.”

Leído lo anterior, y teniendo en cuenta lo que se escribió tres años después, primavera de 1983, en el Comentario de Actualidad del boletín que se iniciaba así: “Correr mucho sin avanzar sería una forma sintética de definir lo que está ocurriendo en España con las carreteras” (ver boletín marzo-julio 1983 publicado en la revista Asfalto y Pavimentación nº24), esperemos que esa lentitud que se describe, a la hora de poner en marcha el plan, no sea una forma más, a día de hoy, de tropezar en la misma piedra :” cuando hay que recortar se recorta en carreteras” .

Termino con el deseo que esta mirada al pasado sirva para mejorar el futuro.

#75

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“La Seguridad Vial depende estrechamente de propiedades funcionales del pavimento (resistencia deslizamiento, textura, regularidad) siendo rápido y sencillo mantenerlas en un adecuado nivel con la utilización de mezclas bituminosas” (El estado de un pavimento de una carretera y la Seguridad Vial (Tribuna de Andrés Costa)

#CONFORT_Y_SEGURIDAD

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid

Raquel Casado Barrasa,
raquel.casado.barrasa@acciona.com

Edith Guedella Bustamante,
edith.guedella.bustamante@acciona.com

Carlos Martín-Portugués Montoliu,
carlos.martinportugues.montoliu@acciona.com

El aprovechamiento de residuos para la construcción y rehabilitación de carreteras es una estrategia a potenciar para establecer relaciones de simbiosis industrial de carácter regional que permita ganar competitividad a las empresas y reducir el impacto ambiental asociado a su actividad. En este artículo se presenta un nuevo concepto de pavimento asfáltico más sostenible que incluye el uso de tecnologías más respetuosas con el medio ambiente en cada una de las capas de la sección de firme. Este firme combina algunos materiales reciclados bien establecidos junto con otros materiales de origen "bio" más novedosos. En la capa de rodadura, se utiliza lignina, sub-producto de la producción de etanol de segunda generación, en sustitución parcial del betún y polímeros derivados de petróleo. En la capa intermedia y base, se incorpora material fresado en tasas medias-elevadas, gracias al uso de un agente bio-fluxante como alternativa a los rejuvenecedores y agentes fluxantes tradicionales. Finalmente, la sub-base se compone de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición. Dicho firme ha sido validado en un tramo de prueba en el marco del proyecto europeo de investigación APSE financiado por el séptimo programa marco en la convocatoria de medioambiente. Sobre el tramo de prueba se ha realizado un estudio del comportamiento de los tipos de mezclas extendidas, evaluando desde los materiales de partida en laboratorio hasta su puesta en obra y comportamiento superficial y estructural. Además, el estudio se completó con una evaluación ambiental basada en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

Palabras Clave: Asfalto, firme, reciclado, carretera, medioambiente, sostenibilidad, bio-ligantes, RCDs, economía circular.

The use of waste for the construction and rehabilitation of roads is a strategy to be boosted to establish regional industrial symbiosis agreements that can support companies to gain competitiveness and reduce the environmental impact associated to their day to day business activity. This paper presents a new concept of a sustainable road pavement that aims to maximise the use of sustainable technologies has been validated in this study. The concept pavement utilises the valorization of valuable recyclable materials alongside some more novel bio-based products. Considering the whole pavement structure, each layer comprises an innovation. In the surface course, crude derived bitumen and polymers are partially replaced with lignin, a by-product of second generation ethanol production. In the binder and base course, elevated levels of asphalt recycling are facilitated thorough the use of bio-based flux oil. Finally the sub-base is mainly composed of recycled aggregates derived from construction and demolition waste. This pavement has been validated in a test section within the APSE project under the Seventh European Research and Innovation Programme in the environmental theme. The performance of the different mixes implemented in the test section undertaken was evaluated through all the phases, from laboratory assessment to plant production, application and post-trial evaluation (superficial and structural monitoring). The study was completed by analyzing the environmental impact based on the Life Cycle Analysis.

Keywords: Asphalt, pavement, recycling, road, environment, sustainability, bio-binders, C&DW, circular economy.

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid

1. Introducción

El sector transportes es uno de los mayores consumidores de energía y materias primas, y uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero. De hecho, según los datos publicados por la Agencia Americana de Protección Ambiental y el Departamento de Energía de Estados Unidos, el sector transportes es el segundo consumidor de energía y emisor de gases de efecto invernadero, situándose muy cerca del sector industrial y por encima del sector residencial, agricultura, comercial y de servicios [1, 2].

Es por ello que desde las propias instituciones europeas y gobiernos de los diferentes estados miembros se están promoviendo iniciativas, directivas y políticas para cambiar este hecho y se están potenciando tanto medidas para la implantación del vehículo eléctrico, como estrategias para promover el desarrollo sostenible y la transición hacia un modelo de economía circular, donde los residuos y los subproductos obtenidos al final de su vida útil entran de nuevo en el ciclo de producción como materias primas secundarias [3].

Es en este marco donde nace el proyecto APSE ("Use of eco-friendly materials for a new concept of Asphalt Pavements for a Sustainable Environment), financiado por la Comisión Europea y liderado por ACCIONA Construcción, en consorcio con otras 10 entidades de 5 países de la UE. Se trata de una apuesta para la construcción de un modelo de carretera más sosteni-

ble dentro del modelo de Economía Circular, basada en la sustitución parcial de betún por aceites vegetales y sub-productos de la producción del bioetanol, así como en la reutilización de residuos de construcción (RCDs) o el reciclado de pavimentos agotados (RAP) en sustitución a los áridos. Todos estos materiales combinados en las distintas capas de un firme para la construcción de un firme más sostenible (Figura 1), de manera que:

- En la capa de rodadura se incorpora un betún modificado con lignina procedente de la producción del bio-etanol, subproducto de origen renovable que permite sustituir parte del betún convencional y parte de los polímeros habituales derivados del petróleo para la fabricación de betunes modificados de acuerdo a las especificaciones UNE EN 14023.

- En las capas intermedia y base, se incorpora material fresado RAP en tasas medias-elevadas, gracias al uso de un agente fluxante de origen renovable "bio" sintetizado a partir de aceites vegetales. Este aditivo permite trabajar a temperaturas convencionales, no siendo necesario un calentamiento extra de los áridos para la incorporación del material fresado, reduciendo por tanto el consumo de energía y las emisiones asociadas.

- En la subbase se utilizan áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCDs) en alternativa a la zahorra artificial.

Como resultado final del proyecto y, tras el estudio en la-

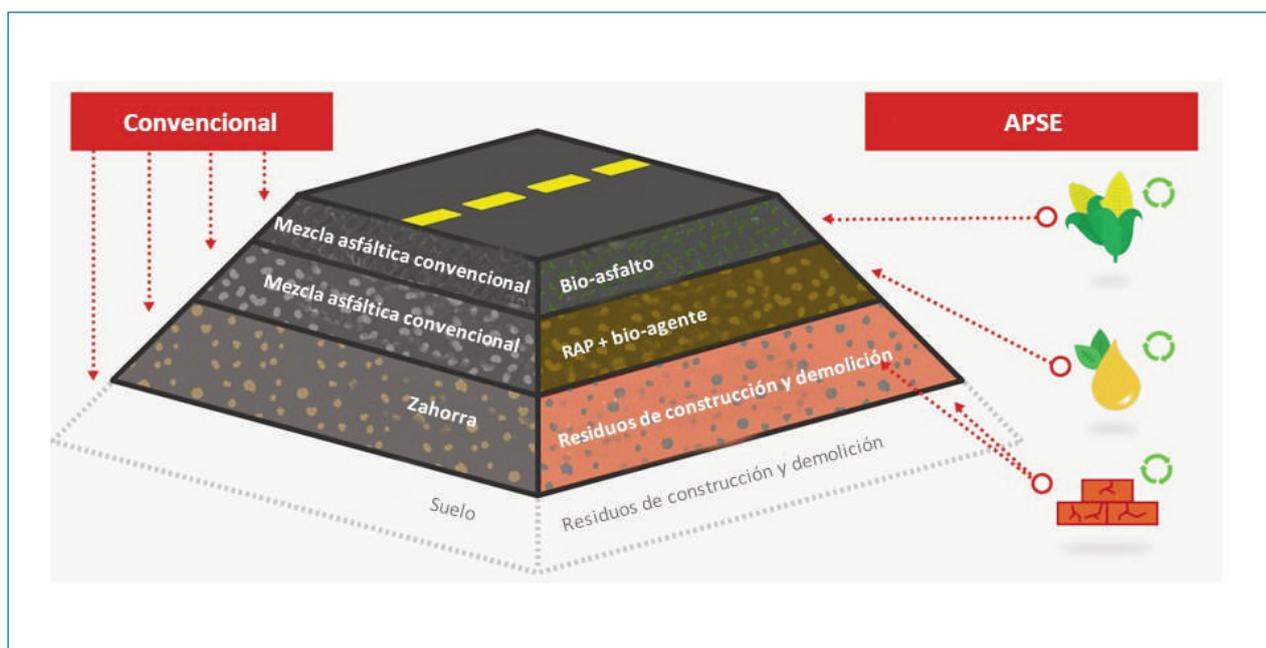


Figura 1. Concepto de firme sostenible (drcha.) frente al convencional (izda.)

boratorio del diseño del firme con los nuevos materiales objeto de investigación, así como de los ensayos acelerados en pista de ensayo, se ha validado la tecnología mediante la realización de dos tramos de ensayo en condiciones reales de uso, uno en Polonia y otro en España, con el fin de contrastar su comportamiento en el tiempo frente a las mezclas convencionales. En este artículo se presentan los resultados del tramo de ensayo realizado en Madrid, en la carretera M-607 en el término municipal de Tres Cantos.

2. Descripción del tramo experimental

El tramo experimental se ha realizado en la Comunidad de Madrid dentro del proyecto de mejora y remodelación del enlace de la M-607 con la M-616, en el término municipal de Tres Cantos. En particular, la actuación ha tenido lugar en la M-607 a su paso por la Universidad Autónoma de Madrid, en el tramo de carretera que ha incorporado un ramal del nuevo enlace, donde se ha ejecutado un tramo de 350m, en el que se han validado los materiales desarrollados, y un tramo control de unos 100m de longitud (Figura 2).



Figura 2. Planta tramo experimental

La categoría de tráfico pesado del citado tramo es T0 y considerando que se cuenta con una explanada tipo E3, en función del Catálogo de secciones de firmes de la Norma 6.1 IC (ORDEN FOM/3460/2003), se estableció la sección de firme 031, que incluye 30cm de mezcla bituminosa y una sub-base de 25cm de zahorra. Teniendo en cuenta las innovaciones planteadas, el paquete de firme para la sección experimental quedó establecido de la siguiente manera (Figura 3):

- 3 cm de capa de rodadura BBTM11B fabricada con betún modificado con polímeros y lignina que cumple con las es-

pecificaciones del Art. 212 del PG-3 para un PMB 45/80-60.

- 8 cm de capa intermedia AC22 bin D 30R y 19cm base AC32 base G 30R con betún 50/70. Mezclas bituminosas con un 30% de material reciclado gracias a la adición de un aditivo fluxante de origen natural que facilita la incorporación de mayores tasas de fresado.

- 25cm de sub-base granular empleando zahorra 100% reciclada procedente de residuos de construcción y demolición como alternativa a la zahorra artificial contemplada por la normativa.

Tramo control	Rodadura BBTM 11B - BMP (3 cm)
	Intermedia AC22 BIN (8 cm)
	Base AC32 BASE (19 cm)
	Zahorra artificial(25 cm)
	Suelo estabilizado S-3 (30 cm)
Tramo experimental	Rodadura BBTM 11B - BM lignina (3 cm)
	Intermedia AC22 BIN 30R (8 cm)
	Base AC32 BASE 30R (19 cm)
	Zahorra reciclada de RCDs (25 cm)
	Suelo estabilizado S-3 (30 cm)

Figura 3. Paquete de firme

3. Método de trabajo

Esta investigación se ha llevado a cabo en varias fases, con el fin de conseguir el control de todo el proceso.

- Fase de diseño: Caracterización de los materiales de partida y definición de la fórmula de trabajo de cada una de las mezclas utilizadas.

- Fase de fabricación: Control de los parámetros que influyen en el proceso de fabricación, especialmente temperaturas y humedad del material fresado. Adicionalmente se realizaron los ensayos tipo sobre las mezclas fabricadas de acuerdo con los métodos de ensayo definidos en la UNE EN 13108-1, que

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid

están descritos en la serie de normas UNE EN-12697, comprobando que para todos los tipos de mezcla se cumplían las prescripciones técnicas exigidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 (ORDEN FOM/2523/2014).

- Fase de puesta en obra: La puesta en obra se realizó empleando equipos convencionales. Tras el extendido se llevó a cabo la compactación utilizando primero un compactador vibratorio de rodillos posteriormente un compactador de neumáticos. En esta fase se realizaron controles de temperatura mediante termómetros digitales y termografía. Además, como comprobación final sobre la unidad terminada se determinaron espesores, densidades y huecos a partir de testigos de obra.

- Fase de seguimiento: Esta fase tiene como finalidad evaluar el comportamiento de cada una de las mezclas implementadas sometidas a condiciones reales de tráfico y agentes atmosféricos en un periodo de un año. Para ello se contempla la realización de una auscultación superficial con mediciones de macrotextura y resistencia al deslizamiento con SCRIM, así como de otra estructural para la medida de la evolución de las deflexiones.

- Análisis del impacto ambiental: Además, como parte de la investigación se ha llevado a cabo la evaluación ambiental de la solución propuesta mediante un análisis de ciclo de vida (ACV) utilizando el software GaBi y la metodología de puntos intermedios “midpoints” ReCiPe [12]. En este análisis se han considerado todas las etapas del ciclo de vida de fabricación de las mezclas, desde la adquisición de materias primas, transporte,

almacenamiento, producción, recepción, instalación, uso, mantenimiento hasta la valoración al final de la vida útil.

4. Resultados obtenidos

4.1 Fase de diseño

Previo a la implementación del demostrador, se acopiaron y caracterizaron los materiales innovadores a emplear, así como se realizaron las correspondientes validaciones de las fórmulas de trabajo en laboratorio de acuerdo a los requerimientos del Artículo 510 del PG-3 para Zahorras, Artículo 542 para hormigón bituminoso y Artículo 543 para mezclas discontinuas.

Los áridos reciclados se tomaron de una planta de valorización de residuos que dispone de este material con un marcado CE para áridos para capas granulares para uso en capas estructurales de firmes. El material fresado se consiguió del acopio disponible en la propia planta en la que se fabricaron las mezclas bituminosas, realizándose un nuevo acopio de fresado con una relación 2 de fresado fino y 1 de fresado grueso. El bio-fluxante se escaló a nivel de toneladas en un reactor con una capacidad de 2 m³. El betún modificado con polímeros y lignina se fabricó en planta y se suministró posteriormente a la planta asfáltica.

Los resultados de caracterización de los materiales diferenciadores utilizados en el estudio se muestran a continuación:

- Zahorra

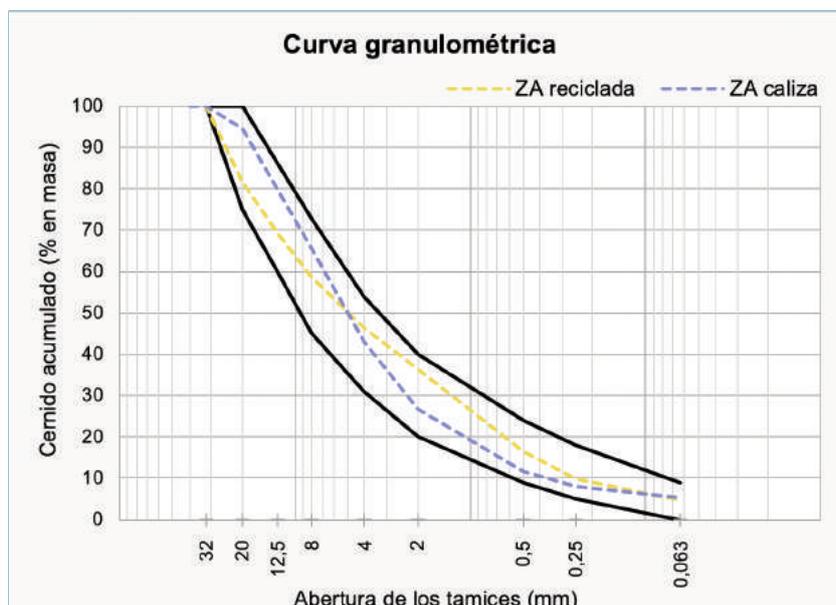


Figura 4. Granulometrías de la zahorra

La granulometría del material está comprendida en el huso ZA 0/20 (Figura 4). Los resultados de la caracterización físico-química del material y la comparación con los valores límites que se exige en normativa se indican en la Tabla 1. Según los resultados obtenidos la zahorra reciclada de RCDs cumple con todos los parámetros exigidos en normativa, a excepción del desgaste de los ángeles, cuyo valor excede ligeramente del valor máximo indicado en las especificaciones. El tramo experimental se monitorizará para evaluar si este hecho tiene influencia en las prestaciones mecánicas del tramo.

• Material fresado

La granulometría del material reciclado procedente de pavimentos agotados, así como el contenido de betún y sus propiedades se muestra en las Tabla 2 y Tabla 3, respectivamente.

Tabla 1: Propiedades de la zahorra usada en la investigación

Ensayo	Norma UNE	Zahorra caliza	Zahorra reciclada	Especificaciones Art. 510 PG-3
Límite de Atteberg	UNE 103103/04	No plástico	No plástico	N/R*
Índice de Lajas (%)	UNE EN 933-3	8	10	< 35
Caras de fractura (%)	UNE EN 933-5	100	100	100
Equivalente de arena (%)	UNE EN 933-8	62	50	> 40
Coefficiente de desgaste de los Ángeles (%)	UNE EN 1097-2	29	39	≤ 30
Coefficiente de limpieza (%)	UNE EN 146130	0,74	0,63	< 1
Sulfatos solubles en agua (%)	UNE EN 1744-1	0,001	0,07	0,07
Contenido de Azufre (%)	UNE EN 1764-1	0,524	0,081	< 0,5

*N/R = No requerido

Tabla 2: Granulometría del material fresado

Abertura tamices, mm	45	31,5	16	8	2	0,5	0,25	00,63
Pasa, %	100	100	97	83	43	23	17	9,1

Tabla 3: Características del ligante del material reciclado

Contenido de ligante soluble (%)	Penetración (0.1 mm)	Punto de reblandecimiento (°C)
5,55	9	77

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid

- Betún modificado con lignina y polímeros

El betún producido en planta cumple con las especificaciones técnicas para un PMB 45/80-60. Un resumen de sus propiedades se presenta en la Tabla 4.

ligante, densidad y huecos, sensibilidad al agua, ensayo de deformación permanente y módulos de rigidez mediante el ensayo de tracción indirecta sobre probetas cilíndricas.

Según los valores que se muestran en la Tabla 5 las mezclas innovadoras ofrecen resultados comparables con los de sus alternativas convencionales, cumpliendo en todos los casos con los valores mínimos establecidos en la normativa vigente del PG-3 en sus artículos 542 para mezclas tipo hormigón bituminoso y 543 para las mezclas discontinuas.

Tabla 4: Características del betún modificado con lignina

	UNE -EN	Betún Proyecto	Especificaciones Art. 510 PG-3	
			PMB 45/80-60	PMB 45/80-65
Penetración 25°C, 0,1 mm	1426	48	45-80	45-80
Punto de reblandecimiento, °C	1427	64,5	≥ 60	≥ 65
Recuperación elástica a 25°C, %	13398	81	≥ 50	≥ 70
Estabilidad al almacenamiento	13399			
Diferencia de punto de reblandecimiento	1427	0,4	≤ 5	≤ 5
Diferencia de penetración	1426	0,6	≤ 9	≤ 9
Resistencia al envejecimiento	12607-1			
Cambio de masa, %	12607-1	0,02	≤ 1.0	≤ 1.0
Penetración retenida, %	1426	81	≥ 60	≥ 60
Incremento en el punto de reblandecimiento, °C	1427	4,8	≤ 10	≤ 10

4.2 Fase de fabricación

Para la fabricación de las diferentes mezclas se utilizó una planta de fabricación de mezclas bituminosas en caliente de tipo discontinuo, equipada con un elevador de reciclado para la incorporación del material fresado. El aditivo bio-fluxante se incorporó al tanque de betún y el betún modificado con lignina se suministró directamente de la cisterna a la planta.

Se tomaron muestras de las mezclas fabricadas, tanto de las experimentales como las de control, para su caracterización en laboratorio de acuerdo a la serie de normas de ensayo UNE EN 12697. En particular se controlaron en esta fase las siguientes características de las mezclas: granulometría, contenido de

4.3 Fase de obra

La ejecución y puesta en obra de cada una de las capas se llevó a cabo con medios tradicionales y no se registraron incidencias, lo que confirma que el proceso de implantación de la sección de firme descrita es análogo al de una sección convencional. Las siguientes fotos ilustran el proceso constructivo, desde la subbase hasta la capa de rodadura (Figura 5, Figura 6, Figura 7).

Tabla 5: Comparativa de los resultados del control de calidad de las mezclas asfálticas experimentales y las de control

Ensayo	Base AC32 BASE		Intermedia AC22 BIN		Rodadura BBTM11B	
	Control	Experimental	Control	Experimental	Control	Experimental
Porcentaje de betún s/m, %	4,39	4,64	4,09	4,10	5,04	5,10
Densidad, kg/m3	2.341	2.371	2.334	2.327	2.043	2.045
Densidad Máxima, kg/m3	2.505	2.499	2.508	2.447	2.470	2.465
Huecos en mezcla, %	6,5	5,1	6,9	4,9	17,3	17,1
ITSR, %	94,2	95,5	96,8	99,5	93,1	97,3
Ensayo de pista aire, mm/103 ciclos	0.06	0.04	0.07	0.05	0.07	0.06
Módulo de rigidez @ 20°C, MPa	7342	10695	8356	10483	3350	4570



Figura 5. Ejecución de la capa de subbase (izquierda) y de base (derecha)



Figura 6. Ejecución de la capa intermedia (izquierda) y de rodadura (derecha)

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid



Figura 7. Tramo finalizado y puesto en servicio

- Betún modificado con lignina y polímeros

En esta etapa de puesta en obra se tomaron medidas de temperatura de las mezclas a la llegada del camión a obra y una vez extendida. En todos los casos la temperatura de la mezcla convencional en caliente, una vez fabricada, se encontraba en torno a los 160°C (Figura 8). La temperatura ambiente durante la puesta en obra fue de 5-10 °C, con un día soleado sin lluvia.



dad y contenido en huecos para las mezclas experimentales y la control son bastante similares. La misma tendencia se observa para el resto de testigos extraídos de la capa de rodadura y base. Esto pone de manifiesto que las mezclas innovadoras fabricadas no presentan desventajas respecto a sus alternativas convencionales en cuanto a las densidades y contenido en huecos de obra.

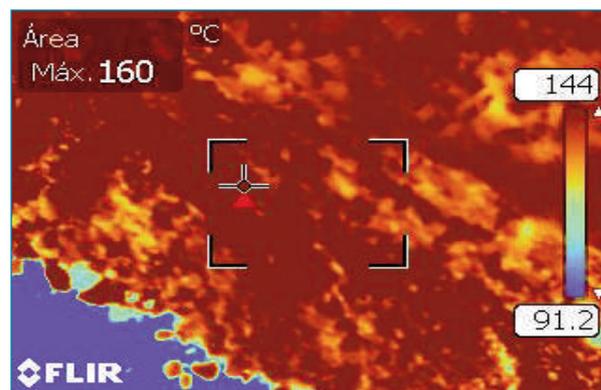


Figura 8. Termografía IR de la temperatura de la mezcla tomada durante el proceso de extendido

- Control de densidades sobre la unidad terminada

A modo de ejemplo los resultados obtenidos a partir de la extracción de testigos de la capa intermedia se presentan en la Tabla 6, en las que los valores promedio de espesores, densi-

4.4 Fase de seguimiento

Dentro de la fase de seguimiento del tramo se ha realizado la primera campaña de auscultación a tiempo 0, en la que se han tomado medidas de deflexiones, así como de macrotex-

tura superficial y resistencia al deslizamiento. Para la evaluación de las deflexiones se ha utilizado un curviómetro, en la que la adquisición de datos se ha realizado a una velocidad de 5 m/s (18 km/h) y cada cinco metros. La resistencia al deslizamiento (CRT) y macrotextura (MPD) se ha medido con el equipo SCRIM a una velocidad de 50 km/h y con un tiempo soleado, temperatura ambiente de 17°C y temperatura del pavimento de 29°C.

los valores obtenidos (Figuras 9-11), se observa que las deflexiones en la sección control son ligeramente superiores a las obtenidas en la sección experimental, encontrándose muy por debajo de la máxima teórica permitida. En cuanto a la macrotextura, no se detectan desviaciones significativas entre los valores registrados para la sección experimental y control. Por último, los valores de CRT indican una ligera mejora de resistencia al deslizamiento para la sección experimental que para la control.

Tabla 6: Espesor, densidad y contenido en huecos de testigos de la capa intermedia.

Analizando	Testigo n°	Espesor (cm)	Promedio sección (cm)	Densidad (kg/m ³)	Promedio sección (cm)	Contenido en huecos (%)	Promedio sección (cm)
Sección Experimental	1	6	7,4	2315	2298	5,4	6,1
	2	6		2299		6,0	
	3	10,5		2283		6,7	
	4	7,5		2301		6,0	
	5	5,5		2330		4,8	
	6	7,5		2312		5,5	
	7	8		2229		8,9	
	8	8,5		2315		5,4	
Sección Control	9	7	7,2	2375	2360	6,3	6,2
	10	8		2351		6,2	
	11	6,5		2353		6,1	

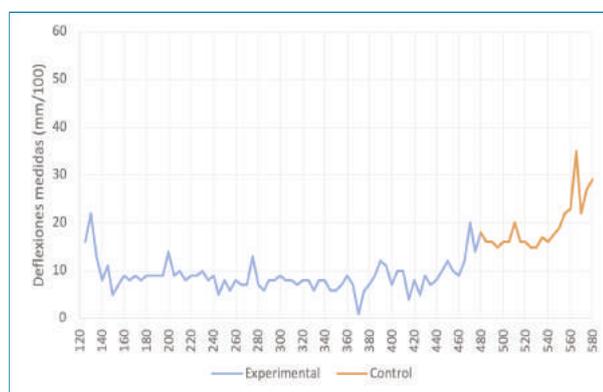


Figura 9. Evolución de las deflexiones medidas con curviómetro

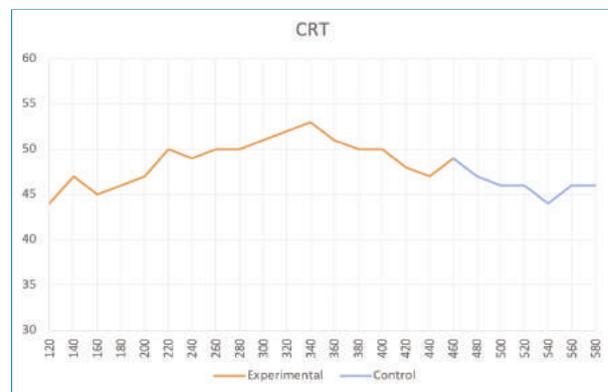


Figura 10. Valores del coeficiente de rozamiento transversal de la sección experimental y la control medidos con SCRIM

Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid

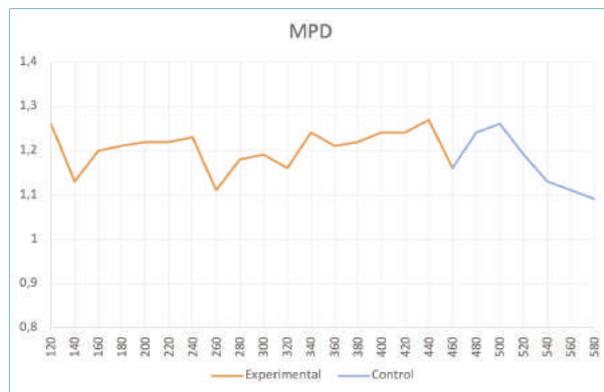


Figura 11. Valores de macrotextura de la sección experimental y la control medidos con SCRIM

4.5 Análisis del impacto ambiental

Una de las principales ventajas de este tipo de mezclas es su impacto ambiental, que se ha calculado mediante un análisis de ciclo de vida (ACV), tomando como unidad funcional 1m² para un periodo de 60 años. La siguiente figura (Figura 12) muestra el resultado de la evaluación medioambiental del concepto de firme sostenible presentado en este estudio en comparación con su alternativa convencional para las diferentes categorías de impacto, utilizando la metodología ReciPe de puntos intermedios. Tal y como se observa la solución innovadora ofrece un mejor compartimiento ambiental para todas las categorías de impacto.



Figura 12. Impacto ambiental del firme sostenible vs convencional (60 años por m²)

5. Conclusiones

En el presente artículo se describe como caso de éxito la implantación de un concepto de firme más sostenible, en el que

en todas sus capas, desde la subbase hasta la rodadura, se ha incorporado un material innovador más respetuoso con el medioambiente. Las siguientes conclusiones se pueden extraer de la ejecución del demostrador:

- Se ha confirmado que la producción y puesta en obra de las mezclas sostenibles descritas en el presente artículo es análogo al de las mezclas en caliente convencionales, pudiendo este modelo ser replicado en cualquier otra obra.
- Para asegurar la calidad de las mezclas finales resulta fundamental el control adecuado del residuo o subproducto a emplear. En el caso particular de los RCDs estos deben proceder de un gestor autorizado, que han sido debidamente tratados y que no se encuentran mezclados con otros componentes.
- El empleo de aditivos bio-fluxantes para facilitar la incorporación de tasas medias-altas de material fresado para la fabricación de nuevas mezclas resulta una alternativa interesante al uso de rejuvenecedores u otros productos derivados del petróleo. Se recomienda añadir este aditivo al mismo tiempo que el betún; de no resultar posible se podría añadir posteriormente a la mezcla.
- La adición de lignina, subproducto de la producción del etanol de segunda generación, es una apuesta clara para desarrollar betunes de origen "bio".
- Los resultados de los ensayos para las probetas compactadas en laboratorio para las mezclas experimentales son, en la mayoría de los casos, similares a los que ofrecen sus alternativas convencionales. El empleo de estos residuos no afecta, por tanto, negativamente a la calidad de las mezclas finales.
- Teniendo en cuenta el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 (ORDEN FOM/2523/2014) se puede afirmar que las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas de la sección construida cumplen con la normativa vigente y, por tanto, se podrían emplear para una construcción o rehabilitación más sostenible de cualquier carretera, independientemente del volumen de tráfico pesado.
- Los valores de densidad y número de huecos determinados sobre testigos extraídos del tramo de ensayo no muestran diferencias significativas entre la sección experimental y la control.
- El seguimiento realizado sobre el tramo de ensayo permite establecer comparativas entre el comportamiento de las diferentes mezclas innovadoras frente a sus alternativas convencionales, siendo éstas sometidas a las mismas sollicitaciones de

tráfico y condiciones climatológicas. Los resultados obtenidos hasta el momento indican que, de acuerdo a la evolución de las deflexiones, dichos valores se encuentran muy por debajo de la máxima teórica permitida, no observándose diferencias apreciables entre las deflexiones de cada sección. La misma tendencia se puede observar para los valores de macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento.

- El análisis del ciclo de vida demuestra un mejor comportamiento ambiental de las mezclas experimentales que las convencionales. De los materiales desarrollados, el uso de material fresado y RCDs, seguido de la sustitución parcial de betún por lignina y finalmente el uso del agente bio-fluxante para facilitar la incorporación del material reciclado, resulta ambientalmente ventajoso en todas las categorías de impacto. Los beneficios ambientales asociados con los procesos adicionales de reciclaje, la producción de materiales novedosos y su transporte, superan con creces los impactos negativos que generan.

6. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los integrantes del consorcio APSE, proyecto financiado por la Comisión Europea con GA nº603862. En particular, a los responsables por parte de la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid por su tenacidad, interés en las innovaciones propuesta y apoyo para llevar a cabo la obra que hace referencia en este artículo. Además, fuera del consorcio, agradecer al jefe de obra de OHL, empresa encargada de la ejecución de la obra, al jefe de planta y de laboratorio de EL-SAN, por su abierta colaboración, buen hacer y apuesta por la innovación. También agradecer a la dirección técnica de CEPESA Comercial de Petróleo por involucrarse y creer en el escalado del betún modificado con lignina desarrollado.

6. Bibliografía

- [1] DOE/EIA-0035 (2017/11). Energy consumption by sector, Monthly Energy review. US Energy Information Administration (EIA). <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/cohn2/docs/00351711.pdf>.
- [2] Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2015 Rreport Tables (11/2017). US Environment Protection Agency <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2015>.
- [3] Ellen MacArthur Foundation. Report 2013. Towards the Circular Economy: "Economy and business rationales for an accelerated transition". <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- [4] Poeran N. (2014). The effects of a kraft lignin and wood addition on the ravelling resistance of porous asphalt concrete. Part of student thesis. Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering & Geosciences Road & Railway Engineering, Holanda. uuid:7e1d7a4e-5d95-4c44-a6dd-facaebee63e2.
- [5] Merino, S., Cherry, J., (2007). Progress and Challenges in Enzyme Development for Biomass Utilization. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* vol. 108: 95-20.
- [6] PIŁAT, J. GAWĘŁ I. et al (2013). Cut-back asphalt and method for producing the cut-back asphalt. Patente número de registro PL214138 (B1). Universidad de Varsovia, Polonia.
- [7] Kowalski, K. Krol, J. B. et al (2017). Thermal and Fatigue Evaluation of Asphalt Mixtures Containing RAP Treated with a Bio-Agent. *Applied Science*, vol 79-11.
- [8] Krol, J.B., Niczke, et al (2017). Towards Understanding the Polymerization Process in Bitumen Bio-Fluxes. *Materials*. vol. 10: 1058.
- [9] Ministerio de Medio Ambiente y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX (2014). Catálogo de residuos utilizables en construcción. <http://www.cedexmateriales.es/>
- [10] IHOBE (2009). Manual de Directrices para el uso de Áridos Reciclados en Obras Públicas de la Comunidad Autónoma del País Vasco. País Vasco, España.
- [11] Asociación Española de Gestores de Residuos de Construcción y Demolición (2012). Guía Española de Áridos Reciclados procedente de RCD. <http://www.caminospaisvasco.com/Profesion/documentostecnicos/guia>
- [12] Huijbregts, M., Steinmann, Z., et al. (2017) ReCiPe 2016: A Harmonised Life Cycle Impact Assessment Method at Midpoint and Endpoint Level. *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol 22:138-147.

EL GRAN ESPECTÁCULO DE LAS VEGAS

NO SE LO
PUEDE
PERDER



LA MAYOR FERIA DE LA
CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA
CONEXPOCONAGG.COM

DEL 10 AL 14 DE MARZO DE 2020 | LAS VEGAS, EE. UU.

UNE-EN 12697-42:2013

Cantidad de materia extraña en asfalto reciclado

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

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. Objeto y principio del ensayo

Determinación de la cantidad y componentes de materia extraña contenida en el asfalto retirado para el material grueso (material superior a 8 milímetros) como para el material fino en el anexo A (material entre 4 y 8 milímetros), que consiste en la separación y clasificación de estos materiales mediante una inspección visual sobre una muestra representativa.

2. Método operativo

Se realiza una inspección visual de los acopios de asfalto retirado para localizar la presencia de materia extraña gruesa. Se toma una muestra representativa con una masa superior a 20 kilogramos y se tamiza por el tamiz 8 milímetros. Se recoge la fracción retenida en el tamiz 8 milímetros y se divide en 2 submuestras, inspeccionando cada una de ellas visualmente y separando los siguientes componentes:

- Grupo de áridos naturales y de material procedente de asfalto.
- Grupo 1, materiales como hormigón, ladrillos, materiales granulares, morteros de cemento o metales.
- Grupo 2, materiales sintéticos, madera o plásticos.

NOTA: debido a la influencia del operador, el ensayo se debe realizar con la misma muestra por 2 analistas distintos.

Para determinar la presencia de hormigón o de asfalto se puede comprobar empleando ácido clorhídrico y disolvente, respectivamente. Se fijan las placas sobre la superficie de ensa-



Ilustración 1. Acopio de asfalto retirado en planta

yo de cada probeta con un adhesivo epoxídico y se mantienen durante 20 ± 1 hora a una temperatura de 23 ± 2 °C.

Se determina la masa de cada grupo, con precisión de 1 gramo, determinando el porcentaje de cada uno respecto a la mezcla total de asfalto retirado grueso expresado con un 0,1 %. Si la determinación de los ensayos difiere en más de un 5 % en masa entre ambos, se debe investigar cual es la causa de esta diferencia y/o proceder a extraer una nueva muestra representativa y repetir de nuevo el ensayo.



Ilustración 2. Asfalto recuperado, fracción gruesa.

Para el análisis de la materia extraña de la fracción fina se sigue el mismo procedimiento indicado anteriormente empleando la fracción 4-8 milímetros, con una cantidad de muestra de entre 100 y 200 partículas.



Ilustración 3. Asfalto recuperado, fracción fina.

En el informe se debe indicar la identificación del acopio, origen de asfalto retirado, tonelaje del acopio, contenidos de material procedente del asfalto, materia gruesa procedente del asfalto y materia extraña gruesa no procedente del asfalto, materia fina procedente del asfalto y materia extraña fina no procedente del asfalto junto con el tamaño de la fracción fina analizada (en caso de realizar el procedimiento descrito en el anexo), así como la fecha y hora de realización del ensayo.

3. Equipamiento

Los equipos empleados se encuentran disponibles en prácticamente todos los laboratorios, por lo que no conlleva coste adicional. Son los siguientes equipos:

- Tamices con tamaño nominal de 8 milímetros y 4 milímetros según la norma EN 933-2.
- Balanza con precisión de 1 gramo.
- Cuarteador, conforme a la norma EN 932-1 o EN 12697-27.
- Ácido clorhídrico y disolvente de hidrocarburos.
- Agua.

4. Puntos Críticos

No se han llevado a cabo ensayos de precisión de este método.

Es muy importante que la toma de muestra del asfalto retirado sea suficientemente representativa del material acopiado, siendo recomendable realizar varias tomas y ensayos para determinar el contenido de materia extraña en un acopio de asfalto retirado.

En ocasiones puede requerir la utilización de disolventes

peligrosos para la salud, por lo que deben tenerse muy en cuenta las indicaciones de seguridad que se muestran en la Norma de ensayo.

5. Comentarios

Es un ensayo muy sencillo que nos permite conocer garantizar la adecuada composición de la mezcla bituminosa reciclada, material que cada vez es más utilizado en la fabricación de las mezclas bituminosas.

Actualmente no hay una especificación para la aceptación o rechazo de la mezcla bituminosa reciclada acopiada.

En el informe del ensayo se debe incluir también los datos de trazabilidad del acopio y la fecha de toma de la muestra.

La redacción de la Norma UNE EN 12697-42 no es muy clara en alguno de sus apartados y definiciones. En la misma se denomina asfalto reciclado al material procedente del frezado de una mezcla bituminosa, considerando adecuado homogeneizar la terminología con la normativa europea UNE EN 13108-8 y la denominación en la ficha como asfalto retirado al material acopiado en bruto. Esta norma puede también emplearse en el asfalto recuperado, correspondiendo al asfalto retirado una vez ha sido tratado e identificado.

6. Bibliografía

- UNE-EN 932-1. Ensayos de áridos. Métodos de muestreo.
- UNE-EN 933-2. Ensayos de áridos. Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de la abertura.
- UNE-EN 12697-27. Ensayos de mezclas bituminosas en caliente. Toma de muestras.

La verificación de la composición en el asfalto retirado y en el asfalto recuperado y la determinación de una posible presencia de materia extraña en el mismo, puede realizarse con un ensayo sencillo que aporta información importante sobre una de las materias primas empleadas en la fabricación de las mezclas bituminosas en caliente.

Mirando al pasado

Documento publicado en enero-marzo de 1980.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Cuando escribimos estas líneas, acaba de aparecer en la prensa la noticia de que el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo prepara un plan decenal de carreteras. Es una noticia hasta cierto punto alentadora, ya que supone una inquietud oficial por el estado de las carreteras y el propósito de hacer algo en el futuro para corregirlo.

Pero obsérvese que, al referirnos al aspecto alentador de la noticia, hemos dicho que lo es "hasta cierto punto". Esto implica una reserva que se basa en los siguientes puntos:

1. En primer lugar, como venimos diciendo insistentemente en estas páginas, la situación de las carreteras exige una actuación enérgica e inmediata. El esperar a tomar medidas que modifiquen la casi total inactividad presente hasta que se prepare un plan para cuya preparación no se fija en la noticia que comentamos plazo alguno, y que después habrá de pasar por un largo calvario de aprobaciones por distintos organismos oficiales hasta llegar, si llega, a convertirse en una realidad palpable, nos parece suicida, ya que el deterioro creciente de las carreteras no va a interrumpirse esperando a que finalmente sea aprobado un bonito plan de cuantía y momento de iniciación totalmente problemáticos.

2. Podría objetarse a lo dicho en el punto anterior que el plan es necesario para poner orden en las actuaciones que han de realizarse en las carreteras, pero cualquiera que conozca la red de carreteras españolas, su estado y la organización de su administración podría responder a esto fácilmente que lo verdaderamente urgente en estos momentos es asignar a los trabajos de conservación de la red los presupuestos necesarios, cuya magnitud es perfectamente conocida por todos, por lo que la actuación urgente en las carreteras podría empezar ya, sin necesidad de esperar al plan citado, cuya puesta en marcha puede suponer una demora que para la conservación es inadmisibles.

3. El plan quizás se pueda considerar necesario desde un punto de vista político para intentar convencer razonadamente al Gobierno y, muy especialmente, al Ministerio de Hacienda de que la mayor inversión que se pide para las carreteras es efectivamente necesaria, es decir, que está justificada por los hechos, y que los fondos que se pidan van a ser utilizados en una forma ordenada y constructiva, pero estos objetivos parece que podrían conseguirse sin necesidad de la larga demora que supone el esperar a la presentación de un plan, sencillamente con un estudio del estado deplorable de las carreteras, nada difícil de hacer por cuanto todos lo sufrimos cada vez que salimos de viaje, que permitiera, al menos, conseguir los fondos necesarios para incrementar la conservación mientras se redactaba ese plan, en el que podrían englobarse las pocas obras nuevas realmente necesarias. Lo realmente urgente es conseguir fondos para la conservación de la red y el refuerzo de algunos tramos de los más transitados, y esto seguramente podría conseguirse antes del plan.

4. Es excelente el planteamiento que se hace, según se desprende de la declaración publicada por la prensa, según el cual el coste de las distintas actuaciones, evaluado inicialmente en pesetas en 1980, se actualizará debidamente cada año para conservar en los futuros el nivel de actividad en construcción y conservación de carreteras. Si se consigue que esto funcione realmente, se evitará uno de los escollos que en el pasado han perjudicado a los planes de carreteras.

En resumen, bueno es que se esté preparando un plan de carreteras, porque sin duda clarificará mucho el horizonte para el futuro, y si se logra dar a su realización cierta continuidad, podría evitarse la marcha errática de las actuaciones en carreteras, con periodos de exceso de actividad seguidos de inactividad casi total. Pero lo más importante que hay que hacer en las carreteras no requiere plan alguno, sino solamente una financiación adecuada para la realización de unos trabajos de conservación que todos sabemos cuáles son. Y si eso es así, ¿por qué esperar? Las carreteras no esperan.



LA
CARRETERA
DEL
FUTURO

PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

ENTREGA 04.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

5.5. Presentación general de las patologías de grietas

5.5.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las funciones básicas del firme son:

- **Proteger a la explanada frente a los agentes atmosféricos.**
- **Resistir las solicitaciones del tráfico durante el periodo de proyecto.**
- **Proporcionar una superficie de rodadura segura y cómoda que mantenga estas características durante un tiempo determinado, bajo las cargas de tráfico y las condiciones atmosféricas de la zona en la que se encuentra la vía.**

En los estudios y proyectos de rehabilitación de firmes se establecen las actuaciones a realizar, basándose en la necesidad de rehabilitación estructural y/o superficial.

Para determinar la solución más adecuada a la hora de rehabilitar un firme, es necesario realizar una evaluación del mismo, y de su nivel de agotamiento, realizando un diagnóstico sobre su estado.

Los fallos que presentan los firmes pueden ser fallos funcionales o fallos estructurales. Es necesario establecer cuál es el origen, para poder dar la solución más adecuada.

Las características funcionales que presenta un firme son, principalmente, las superficiales. Estas son CRT, IRI, reflexión de luminosidad, sonoridad del firme frente al tráfico, drenaje superficial.

Las características estructurales de un firme se refieren a la rigidez del mismo, adherencia entre capas...y dependen del espesor de las capas, de la puesta en obra y de las características de los materiales empleados.

Una de las afecciones más reflejadas en los firmes estudiados son las fisuras y grietas, que pueden definirse genéri-

camente como una discontinuidad o línea de rotura reflejada en la superficie del firme.

5.5.2. GRIETAS Y TIPOS DE GRIETAS

Las grietas se pueden agrupar o definir según su origen, su situación y su distribución. La base de la rehabilitación de firmes se basa en conocer el origen de las afecciones; en este caso de las fisuras o grietas, que pueden ser:

- **Fisuras de origen estructural:** La que aparece como consecuencia del agotamiento estructural de alguna de las capas del firme.
- **Fisuras de origen no estructural:** La producidas por otra causa no estructural: como la hidráulica o térmica de capas inferiores tratadas con cemento, fluencia, fatiga de una capa de mezcla bituminosa, envejecimiento.

Aunque inicialmente la aparición de una pequeña fisura en el firme puede carecer de importancia, ésta puede indicar estructurales importantes. Además, una vez generada provoca daños en toda la estructura del firme, pues se convierte en un punto de entrada de agua, y facilita el desplazamiento vertical y horizontal de las capas.

Como se ha comentado anteriormente, son muy diferenciados los orígenes de esta patología. Dependiendo de su distribución, longitud, profundidad y situación sobre la vía, se puede determinar el origen de ellas.

Principalmente, se pueden distinguir los diferentes tipos de fisuras también según su geometría, que puede ser alguna de las siguientes:

- **Fisura longitudinal.**
- **Fisura transversal.**
- **Fisura errática.**
- **Fisura parabólica.**
- **Piel de cocodrilo. (con tamaño de malla variable desde pocos cms. Hasta unos pocos metros.**



Figura 35. Fisura longitudinal.



Figura 36. Fisura transversal.



Figura 37. Fisura errática.



Figura 38. Fisura parabólica.

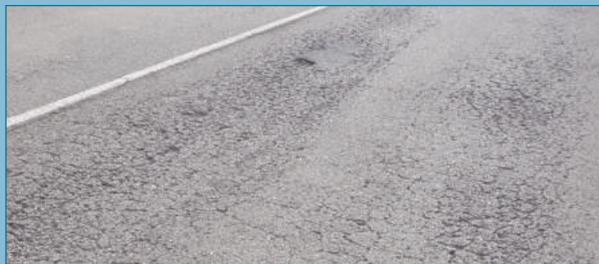


Figura 39. Piel de cocodrilo. Cuarteo.

Dentro de esta clasificación, su origen también va a depender de dónde se encuentran situadas sobre la carretera.

Es decir, si nos encontramos una fisura longitudinal a lo largo del eje de la calzada, su aparición puede ser debido a una mala ejecución en la junta de trabajo, o bien, si se trata

de un firme rígido o semirrígido, a la reflexión de una fisura en la base tratada con cemento.

Otro caso que se encuentra con frecuencia es la fisuración en forma de cuarteo. La malla apreciada puede ser fina o con un cuarteo de mayor dimensión. Este deterioro es conocido como piel de cocodrilo, y puede ser debido a una falta de capacidad portante del firme o a la fatiga de una o más capas que lo integran.

De forma general se pueden establecer algunos criterios sobre la causa de las fisuras y grietas de un firme, que son los siguientes:

- **Envejecimiento y fatiga del firme.** El dimensionamiento del firme se hace para un periodo de proyecto. Durante su vida útil y por la acción de diversos factores (tráfico, climatología, etc.) el firme envejece y va perdiendo progresivamente sus características. Es necesario realizar periódicamente labores de conservación y mantenimiento para mantener las características estructurales y funcionales iniciales. Cuando no se hace esta conservación preventiva, pueden aparecer grietas en el firme por la pérdida de sus características resistentes iniciales. El envejecimiento puede producirse en todo el firme, dando lugar a cuarteos en bloques y agotamiento estructural, o en alguna de las capas que lo forman por fatiga de la misma.
- **Mala ejecución durante la puesta en obra de las capas que componen el firme.** La falta de adherencia en las juntas de trabajo o entre capas, e incluso la falta de compactación de las mezclas provocan fisuras funcionales y estructurales respectivamente.
- **Defectuosa fabricación de las mezclas bituminosa.** La puesta en obra de una mezcla mal fabricada o mal diseñada, da lugar a que el firme así construido no soporte adecuadamente las sollicitaciones producidas por el tráfico, o incluso que no soporte las condiciones climáticas a las que cualquier capa del firme está sometida.
- **Deficiencias en el cimiento del firme.** El firme debe apoyar sobre una superficie regular, firme y con suficiente capacidad de soporte. Existen zonas que, por diversas razones, el firme se apoya en un relleno inestable (deslizamientos, relleno de terraplén con materiales inadecuados...), lo que provoca movimientos

en las capas superiores, quedando reflejado por la aparición de fisuras y grietas.

- **Presencia en el firme de juntas constructivas.** La utilización en alguna capa del firme de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos exige la realización de juntas constructivas en la pues si no se realizan, aparecen de forma aleatoria y errática. Estas juntas pueden acabar reflejándose en la superficie de rodadura del firme constituyendo un tipo de grieta que debe tratarse como una patología.

5.5.3. TIPO DE PATOLOGÍAS DE GRIETAS

En este Coleccionable se van a describir 5 tipos distintos de grietas con orígenes diferentes, técnicas de reparaciones distintas y medidas preventivas también diferentes. Son las siguientes:

- **GRIETAS ESTRUCTURALES (Piel de cocodrilo).**
- **GRIETAS REFLEJADAS.**
- **GRIETAS GENERALIZADAS SIN DEFORMACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.**
- **GRIETAS CONSTRUCTIVAS.**
- **GRIETAS PARABOLICAS.**

5.6. Patología de grietas estructurales

5.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

La fisuración estructural es un deterioro caracterizado por la aparición de fisuras interconectadas en forma de malla en la superficie del pavimento (Figura 40). El tamaño de los bloques que constituyen la malla muestra el estado de evolución del deterioro, siendo los bloques de tamaño decimétrico en una fase inicial y centimétricos en una fase avanzada. Esta malla de grietas también se conoce como “**piel de cocodrilo**”.



Figura 40. Fisuración estructural en zona de rodadas.

5.6.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

El tráfico que actúa sobre los firmes supone la aplicación repetida de cargas que pueden ocasionar el agotamiento estructural de las capas inferiores por acumulación de esfuerzos de tracción inferiores al esfuerzo último de rotura, fenómeno que se conoce con el nombre de fatiga estructural.

Se trata de un deterioro que comienza en el fondo de las capas tratadas con un ligante asfáltico o un conglomerante hidráulico, puesto que son las zonas donde el tráfico produce los mayores esfuerzos de tracción.

Cuando se presenta la fatiga de las capas granulares inferiores del firme o de la explanada, se produce en estas capas una deformación vertical permanente que se manifiesta superficialmente por la aparición de la patología de grietas estructurales y, en este caso, la deformación vertical de la superficie del firme.



Figura 41. Grietas estructurales por fatiga de las capas granulares.

Generalmente, la principal causa de la fisuración estructural es el fallo por fatiga de una capa de base asfáltica o hidráulica bajo la acción repetida de las cargas del tráfico. Aparece principalmente bajo la zona de rodada de los vehículos pesados, al ser la zona más solicitada por el tráfico. Adicionalmente, la presencia de agua en la explanada puede acelerar el proceso.

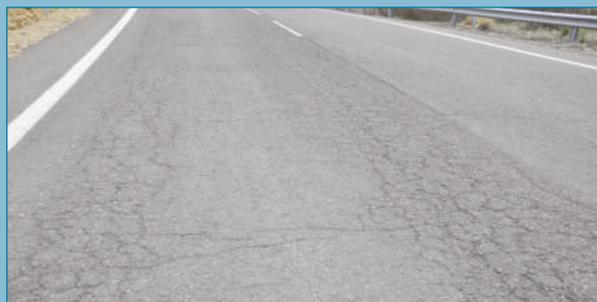


Figura 42. Grieta estructural típica por fatiga de alguna capa del firme.

Diversos estudios demuestran la existencia de un límite de fatiga por debajo del cual el material es capaz de soportar un número indefinido de ciclos de carga sin alcanzar el agotamiento estructural.

En el caso de los materiales tratados con cemento, es habitual considerar como límite de fatiga una tensión máxima inferior al 40-50% de la resistencia a flexotracción (CEDEX IECA, 2003). En el caso de las mezclas bituminosas, el límite de fatiga se define normalmente para valores de la deformación horizontal de tracción próximos a $50 - 70 \times 10^{-6}$ ($50 - 70 \mu\epsilon$) (EAPA, 2007).

5.6.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN EL USUARIO

La fisuración se propaga desde el fondo de la capa hasta la superficie del pavimento, inicialmente como fisuras longitudinales paralelas. A medida que avanza el deterioro, las fisuras tienden a ramificarse (figura 43), conectándose transversalmente y aumentando su abertura, formando un patrón de fisuración en malla también conocido, como se ha dicho anteriormente, como piel de cocodrilo.

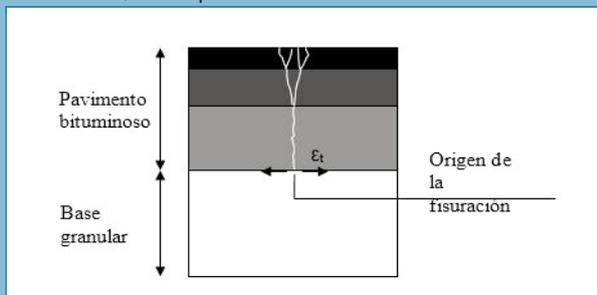


Figura 43. Propagación de la fisuración estructural en un firme flexible.

La fisuración en estado avanzado favorece el despegue de las capas de mezcla bituminosa que forman el firme y, como consecuencia, el desprendimiento de parte de los pequeños bloques formados. Este fenómeno supone un peligro para la circulación al poder ser proyectados estos materiales contra otros vehículos, al tiempo que pueden suponer una situación de riesgo para la conducción cuando el tamaño de la superficie desprendida es de dimensiones considerables, dando lugar a la formación de otro tipo de patología denominada BACHES (figura 44). Además, las zonas desprendidas favorecen la acumulación de agua y formación de charcos en condiciones de lluvia.

Por otra parte, la presencia de piel de cocodrilo en estado avanzado acaba ocasionando un ligero hundimiento de la superficie afectada, favoreciendo la inestabilidad de los vehículos, especialmente los de dos ruedas.

5.6.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Antes de proceder a la reparación de esta patología es necesario determinar los niveles de deterioro de la fisuración estructural, que habitualmente se expresa como área afectada (generalmente medida en metros cuadrados) por unidad de área de pavimento, para cada nivel de severidad. La severidad de este deterioro se puede clasificar en tres niveles:

1. Severidad baja

Fisuración longitudinal dominante con escasa fisuración transversal, bordes de fisura en buen estado y sin síntomas de surgencia de finos.



Figura 44. Severidad baja.

2. Severidad moderada

Se aprecian fisuras interconectadas en forma de malla, con bordes de fisura ligeramente astillados, pero sin presencia de finos en la superficie.



Figura 45. Severidad media.

3. Severidad alta

Perfecta definición de la fisuración en malla, se observa el desprendimiento de bloques de material y la presencia de finos en la superficie del pavimento.



Figura 46. Severidad alta.

La aparición de fisuración en forma de malla en la superficie del pavimento indica el agotamiento estructural de la sección del firme. Por esta razón, las soluciones de reparación de este tipo de deterioro consisten en sustituir las capas afectadas por materiales de calidad igual o, preferiblemente, superior a la de los materiales originales.

Cuando la solución adoptada es la sustitución con mezcla bituminosa, es necesario retirar toda la zona del firme afectada, tanto en superficie como espesor, hasta encontrar capas en buen estado, y proceder a la posterior reposición del firme.

Cuando la fisuración estructural está extendida a una gran longitud de la vía, el reciclado en frío de los materiales fisurados, seguido de la posterior extensión de un refuerzo bituminoso, es posiblemente la opción más interesante técnica y económicamente, debido al aprovechamiento que supone de los materiales existentes.

5.6.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

A nivel de proyecto, un correcto dimensionamiento del paquete de firme, acorde con el tráfico esperado y con la calidad de los materiales a emplear, permite prever la aparición de fenómenos de fatiga estructural y, por tanto, fisuración en piel de cocodrilo. Por otra parte, el empleo de mayores contenidos de ligante en las capas de base bituminosas, por ser responsables de la resistencia a fatiga de la sección, permite mejorar considerablemente la vida útil del firme.

Un Riego de Adherencia bien ejecutado, en cuanto a dosificación, tipo de ligante y aplicación, es una garantía para el buen funcionamiento de las capas del pavimento.

En fase de explotación, la aparición de fisuras finas en forma de malla es un claro síntoma del comienzo del agotamiento estructural de la sección, siendo recomendable la extensión de un tratamiento de impermeabilización (como una lechada bituminosa) para evitar los efectos dañinos derivados de la entrada de agua en el firme.

Cuando la abertura entre labios de fisura comienza a aumentar, se recomienda proceder a su sellado mediante una masilla elástica y la extensión de un refuerzo mediante mezcla bituminosa para retrasar el avance del deterioro.

En este sentido, hay que señalar que la velocidad de propagación de la fisuración estructural se ha estimado en 25 mm anuales (Penman y Hook, 2008). Por esta razón,

la adopción de un sistema antirreflexión de fisuras sobre el firme deteriorado resulta de gran interés para prolongar la vida útil del refuerzo bituminoso.

5.7. Patología de grietas reflejadas

5.7.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Se puede definir la grieta reflejada, como su propio nombre indica, como aquella que progresa a través de las capas bituminosas del firme como continuación de una fisura preexistente en alguna de las capas inferiores de apoyo, pudiendo ser ésta capa de firmes bituminosos fisurados o bien de capas tratadas con conglomerantes hidráulicos (generalmente cemento). Esta fisura subyacente es susceptible de sufrir movimientos de apertura-cierre, o verticales de tipo cortante entre labios de la fisura, tanto al paso de las cargas de tráfico como por cambios del estado térmico y gradiente vertical de temperaturas (diario o estacional) o por combinación de ambos. Estos movimientos, unidos al estado tensional por el tráfico, hacen que la fisura progrese con relativa rapidez en las capas de mezclas bituminosas situadas por encima de la grieta inicial. Son distintas de las grietas estructurales que también progresan a través de las capas del firme. En el caso de las grietas reflejadas el firme mantiene su capacidad portante o estructural.

Esta situación es típica en las capas tratadas con conglomerantes hidráulicos (en adelante CTCH), siendo este tipo de fisuración muy común en nuestra red de carreteras desde que se generalizó el empleo de estos materiales con conglomerantes hidráulicos en las capas de base, sin aplicar o haciendo mal las técnicas de prefisuración existentes.

La fisura reflejada siempre aparecerá encima de la fisura subyacente de la CTCH. Si se ha prefisurado, las fisuras en la CTCH serán rectilíneas y con un espaciado muy regular, por lo que la reflejada aparecerá con una disposición similar. En otro caso, si la fisura no fuese de reflexión, sería descendente o de envejecimiento, ya que encima de una CTCH, fuera de las juntas, las tensiones de trabajo son muy bajas.

El principal inconveniente de este tipo de fisuración, una vez que la fisura ha ascendido hasta la superficie, es que permite el paso del agua hacia las capas inferiores del firme, lo que puede provocar una pérdida de resistencia de los materiales de las capas inferiores y de la explanada, e incluso fe-



Figura 47 . Sellado de las grietas existentes.

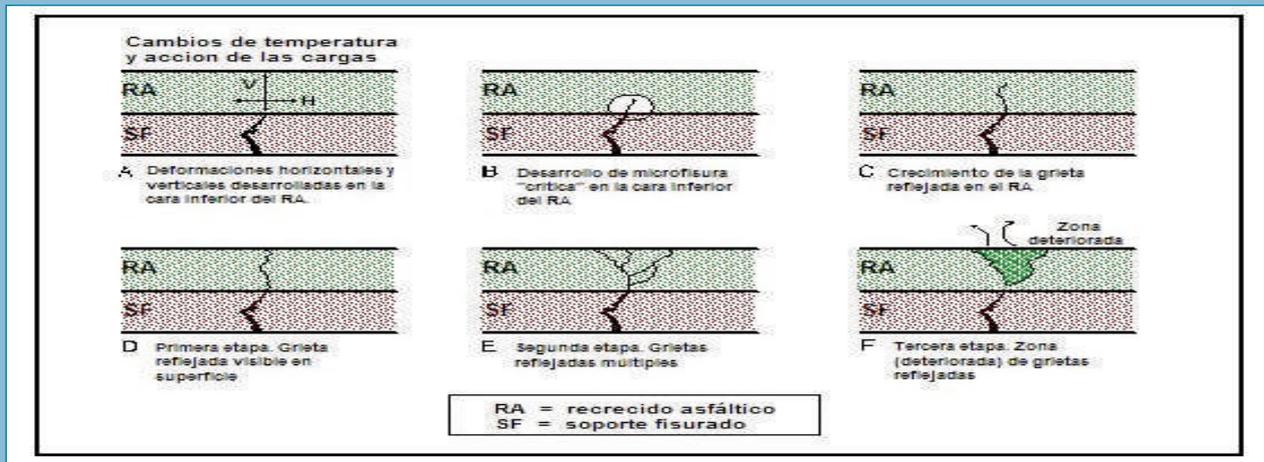


Figura 48. Esquema del proceso de la reflexión de las fisuras y las grietas

nómenos de erosión y reducción progresiva de la transmisión de carga entre losas de las CTCH, que a la larga resultan fatales al estar asociados con fuertes movimientos verticales provocados por el paso de las cargas de los vehículos pesados de una losa a la siguiente. Además de los problemas estructurales, con el paso del tiempo las fisuras reflejadas van degradándose en los bordes, perdiendo material y pueden llegar a formar pequeños baches.



Figura 49. Superficie de rodadura con grietas reflejadas.

5.7.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

La retracción hidráulica postfraguado de los materiales

tratados con ligantes hidráulicos (hormigones, hormigones compactados, grava-cemento, suelo-cemento, grava-escooria, etc.) y los cambios térmicos (insolación, clima) en esas capas hacen que esos materiales estén sometidos a tensiones de tracción y compresión alternativa, a la vez que a fenómenos de alabeo o combado debidos al gradiente térmico vertical entre caras superior e inferior de la losa. Ello lleva a que, si se supera la resistencia a tracción del material, se fisura, salvo que se limite la longitud de losa mediante juntas o prefisuración constructiva. En todo caso, los movimientos relativos entre labios de la junta formada son inevitables y su magnitud depende principalmente del cambio térmico y de la longitud de la losa.

Por ello, las mezclas bituminosas colocadas encima de capas hidráulicas se verán sometidas al efecto combinado de los movimientos de apertura-cierre en la junta, por variaciones térmicas que producen dilataciones/retracciones, y a los esfuerzos de flexión y cortante provocados por el tráfico a su paso sobre las fisuras y, en su caso, por los de alabeo debidos a gradiente térmico vertical en la CTCH; ello hace que se pueda iniciar la fisuración en la base de las mezclas bituminosas, justo encima de la fisura o junta de la CTCH y que progrese hacia la superficie.

5.7.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN EL USUARIO

Cualquier fisura o grieta reflejada en la superficie de rodadura de un firme supone, entre otros problemas, una discontinuidad en la adherencia del neumático y el pavimento. Esta pérdida de adherencia puede agravarse en presencia de

agua, especialmente para los vehículos de dos ruedas. Desde el punto de vista del confort, el conductor puede percibir un ruido periódico más o menos intenso al pasar el vehículo sobre las grietas transversales espaciadas existentes por la reflexión de las grietas de las CTCH inferiores.

Si además los bordes de las grietas están deteriorados y hay pérdida de material el ruido es mayor e incluso, si se han formado resaltos o baches por pérdida del material, la seguridad y comodidad del usuario se ve claramente disminuida.

Adicionalmente, este fenómeno también afecta a la longevidad mecánica de los vehículos y se generan esfuerzos adicionales al sistema de suspensión y amortiguación de los mismos al paso por las fisuras.



Figura 50. Deterioro de los bordes en las grietas reflejadas.

5.7.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Hay que reseñar que, ineludiblemente, se van a producir este tipo de grietas cuando se utilizan capas de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos en la construcción del firme de una carretera, salvo que se adopten precauciones en el diseño del firme y técnicas orientadas a limitar el tamaño de las losas. Se puede y se debe actuar durante el proceso de proyecto y construcción para prevenir su aparición o al menos minimizar su impacto.

En este tipo de firmes, con capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, es recomendable adoptar soluciones que retrasen o impidan la reflexión de las grietas a la capa de rodadura para que no sea necesario realizar actuaciones de reparación.

Los sistemas de reparación que a continuación se describen, también son válidos para retrasar la aparición de las grietas reflejadas durante la fase de construcción de la carretera.

a) Colocación de mezcla bituminosa sobre el soporte fisurado

Una primera solución, es la colocación sobre el soporte fisurado de una o varias capas de mezcla bituminosa en un espesor suficiente para que las tensiones provocadas por la

climatología y el tráfico puedan ser absorbidas por la mezcla. Adicionalmente, previa a la colocación de la mezcla, puede considerarse:

- Operaciones de sellado: Entre los procedimientos que incluyen algún tipo de operación previa al extendido de mezclas, probablemente el más antiguo es el ponteo de las fisuras mediante la aplicación de un mástico a base de ligante elastómero muy elástico, cohesivo y adherente.
- Tratamiento superficial: Esta técnica asociada con un tratamiento superficial, en particular con un microaglomerado en frío, puede dar buenos resultados desde el punto de vista del ratio coste-eficacia, como técnica de mantenimiento para un plazo relativamente corto (4 - 5 años). Cuando se actúa con ponteo y capa fina o tratamiento superficial es muy habitual, especialmente en el caso de fisuras activas y/o que tengan su origen en bases hidráulicas, que la fisura se refleje en la nueva rodadura, sin embargo el problema queda muy reducido al haberse asegurado el sellado de la fisura inferiormente y, por tanto, al haber cerrado el paso del agua a las capas inferiores del firme.

Existen mezclas bituminosas ricas en ligante que, por sus características permiten reducir sensiblemente el espesor total de mezcla bituminosa necesario para evitar la reflexión de las grietas de las CTCH. En este caso se encuentra, por ejemplo, las denominadas mezclas SMA Stone Mastic Asphalt) desarrolladas en la Norma UNE EN 13108-5.

b) Técnicas de interposición

Un segundo grupo de soluciones antifisuras es el constituido por los recrecimientos asfálticos asociados con una técnica de interposición. Dentro de este grupo de soluciones se encontraría la del firme inverso (constituidos por una capa tratada con ligantes hidráulicos, por ejemplo una grava-cemento, sobre la que se coloca una capa de material no tratado de gran calidad, zahorra artificial por ejemplo) y a continuación una o varias, generalmente dos, capas de mezcla bituminosa. También se incluyen las soluciones mediante la interposición de geomallas, plásticas o metálicas, y los denominados sistemas intercapa.

- Firme inverso: Ya descrito
- Geomallas: Las geomallas basan teóricamente su efectividad en el armado de las mezclas bituminosas,

con una misión similar a la de redondos de acero corrugado en el hormigón.

- Sistemas intercapa: basan su efectividad en disponer entre el soporte fisurado y las capas superiores de una cierta cantidad de un ligante bituminoso, generalmente modificado para mejorar sus características mecánicas, que actúa manteniendo la adherencia vertical de las capas pero permite un cierto movimiento horizontal de las capas superiores sobre el soporte, absorbiendo en parte las tensiones de tracción que producen la propagación vertical de la grieta. A este capítulo de técnicas de interposición, pertenecerían la arena-betún, riegos engravillados espesos y los geotextiles tipo fieltros impregnados.
- Adicionalmente, cabría reseñar como solución una técnica, bastante conocida y empleada en España, como es el reciclado in situ con emulsión bituminosa. Adecuadamente diseñada y ejecutada, puede resultar muy eficaz, tanto por prestaciones como por su viabilidad económica.

En cualquier caso y mientras se adopta alguna técnica de reparación de la patología, es recomendable el sellado de las grietas reflejadas, una vez que aparecen en la capa de rodadura, para evitar la entrada de agua hacia las capas inferiores del firme.



Figura 51. Sellado de grietas reflejadas

En caso de producirse movimientos verticales, por descalce, de la base formada por CTCH como consecuencia del arrastre de finos por el agua, es muy conveniente proceder, antes de cualquier reparación, a la inyección con lechada de cemento para estabilizar las losas.

5.7.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Nueva construcción

Durante el proceso de construcción de firmes que contemplan el empleo de CTCH, la principal precaución a considerar es limitar los movimientos en las fisuras o juntas limitando la longitud de las losas (técnicas de prefisuración eficaces) y de reducir al mínimo los cambios térmicos en las

CTCH, mediante suficiente espesor de mezclas (“abrigo” térmico) a la vez que las mezclas situadas encima de las CTCH deben tener una adecuada resistencia a la fisuración. Adicionalmente a este criterio general, pueden considerarse secciones de firmes alternativas, en cualquier caso considerando en su estructura el empleo de CTCH.

Firmes inversos

Constituidos por una capa tratada con ligantes hidráulicos, por ejemplo una grava-cemento, sobre los que se coloca una capa de material no tratado de gran calidad (zahorra artificial), y una o varias, generalmente dos, capas de mezcla bituminosa. El material no tratado que se coloca entre la mezcla bituminosa y la base tratada puede ser sustituido ventajosamente por la grava-emulsión que posee la propiedad de absorber las fisuras, a la vez que presenta un módulo de rigidez más elevado que el material no tratado.

Firmes mixtos

Utilizan materiales tratados con ligantes hidráulicos, concretamente el suelo cemento, únicamente en capa de subbase. En este caso, el tipo de fisuración que se produce y el alejamiento de la superficie dan lugar a unos movimientos mucho más pequeños, que pueden ser absorbidos siempre que el paquete de mezcla bituminosa tenga una cierta entidad (por encima de los 20 cm) o cómo hemos referido con anterioridad se empleen técnicas de prefisuración eficaces para delimitar la longitud de losas y limitar los movimientos en las juntas.

Ligantes mixtos

Sustituyendo el empleo de los materiales tratados con ligantes hidráulicos por materiales tratados simultáneamente con ligantes hidráulicos y bituminosos. Sin embargo, cuando se decidiera utilizar una base tratada con ligante hidráulico, existe la posibilidad de colocar durante la construcción algún tipo de tratamiento que retrase la aparición de fisuras en superficie o permita controlar su geometría. Los procedimientos para retrasar la aparición de fisuras en firmes de nueva construcción son los mismos que se han visto en el apartado anterior de reparación mediante técnicas de interposición.

En todos los casos, la utilización de mezclas bituminosas ricas en ligante, facilita el retraso e incluso el no reflejo de la grieta en la superficie del firme (capa de rodadura). Con estas mezclas bituminosas es posible reducir el espesor total de mezcla bituminosa con muy buenos resultados.

Evaluación de la energía de fractura mediante el ensayo DC (T) de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío

José Rafael Bernal Padilla,
rbernal@kao.com

Carlos Coria Gutierrez,
ccoria@semgroupcorp.com

Jorge Alarcón Ibarra,
jorge.alarcon.ibarra@hotmail.com

La Energía de Fractura en las Mezclas Asfálticas se puede definir como la energía total disipada durante el proceso de fractura, parámetro que se ha utilizado en los últimos años para entender el comportamiento de inicio y propagación de fisuras en los pavimentos flexibles para predecir de mejor manera el comportamiento que tendrán a largo plazo.

En este trabajo se presenta el análisis del comportamiento a la fisuración de mezclas asfálticas fabricadas en frío con altas tasas de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) mediante el cálculo de la energía de fractura. En el marco de este proyecto de investigación se evaluaron mezclas asfálticas fabricadas en frío con cuatro porcentajes de RAP, 0% (mezcla de control), 30%, 50% y 100%. Así mismo, se estudió una mezcla fabricada en caliente con la misma granulometría y contenido de asfalto que la mezcla de control.

Posteriormente se realizó una comparativa entre el comportamiento de las mezclas convencionales (0% RAP - en frío y en caliente) y las mezclas asfálticas recicladas, a temperaturas de 10°C, 0°C y -10°C.

Con los resultados obtenidos se pudieron observar tendencias que permiten determinar que las mezclas asfálticas fabricadas en frío con altas tasas de RAP aumentan su rigidez significativamente, sin embargo, no llegan a los valores de rigidez que presentan las mezclas fabricadas en caliente.

Con base en los valores obtenidos, podemos concluir que el uso de RAP en mezclas fabricadas en frío, proporciona propiedades que permiten a las mezclas antes mencionadas alcanzar los índices de desempeño necesarios a edades tempranas.

Palabras Clave: Emulsiones Asfálticas, Mezclas Asfálticas en Frío, RAP, Energía de Fractura, manufacturing temperature.

The Fracture Energy in Asphalt Mixtures can be defined as the total energy dissipated during the fracture process, a parameter that has been used in recent years to understand the behavior of initiation and propagation of fissures in flexible pavements in order to better predict the behavior they will have in the long term.

In this paper we present the analysis of the behavior to the cracking of asphalt mixtures manufactured in cold with high rates of RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) by calculating the energy of fracture.

Within the framework of this research project, asphalt mixes manufactured in cold were evaluated with four percentages of RAP, 0% (control mixture), 30%, 50% and 100%. Likewise, a hot mix was studied with the same granulometry and asphalt content as the control mixture.

Subsequently, a comparison was made between the behavior of conventional mixtures (0% RAP - cold and hot) and recycled asphalt mixtures, at temperatures of 10°C, 0°C and -10°C.

With the obtained results it was possible to observe tendencies that allow to determine that asphalt mixtures manufactured in cold with high RAP rates increase their stiffness significantly, however, they do not reach the rigidity values that hot mixes present.

Based on the values obtained, we can conclude that the use of RAP in mixtures manufactured in cold, provides properties that allow the aforementioned mixtures to achieve the necessary performance indices at early ages.

Keywords: Asphalt Emulsions, Cold Asphalt Mixtures, RAP, Fracture Energy.

Evaluación de la energía de fractura mediante el ensayo DC (T) de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío

1. Introducción

La Energía de Fractura, G_f , también llamada energía total disipada durante el proceso de fractura, G_D , proviene de dos fenómenos bien diferenciados, uno que se manifiesta por el desarrollo de mecanismos plásticos, expresado por la disipación plástica por unidad de área y otro por la fractura propiamente dicha, y que se gasta en separar dos planos atómicos.

Las metodologías desarrolladas para la obtención de la energía disipada en el proceso de fractura de las mezclas asfálticas se basan principalmente en el desarrollo de ensayos experimentales que representen el principal modo de falla de éstas frente al fenómeno de la fisuración. En estos procedimientos se puede determinar independientemente la energía de fractura y la resistencia o tensión máxima de fisuración. De estos ensayos se puede calcular la energía disipada en el proceso de fisuración mediante la gráfica de la curva de carga - desplazamiento resultante, como se ilustra en la Figura 1, sobre la que se tiene el trabajo total de la fractura, W_f , calculado como el área bajo la curva señalada. Posteriormente, al dividir este trabajo realizado por el área de ligamento o fractura de la muestra, se obtiene el valor de la energía total disipada durante el proceso de fractura, G_f .

damente los mecanismos de fractura en las mezclas asfálticas.

En este contexto, los ensayos a tracción son bastante utilizados en el campo de la ingeniería, especialmente en el campo de la mecánica de fractura, debido a que estos permiten determinar propiedades mecánicas de los materiales relacionadas con su resistencia y capacidad de deformación. A su vez, permiten determinar parámetros como deformación de rotura, módulo de rigidez, carga máxima o energía disipada en el proceso de fisuración; los cuales están directamente vinculados a la resistencia a la fisuración de las mezclas.

En los últimos años, han sido varios los investigadores que han estudiado los conceptos derivados de la mecánica de fractura aplicados en las mezclas asfálticas, De acuerdo a lo postulado por Oller [1], bajo el enfoque de la mecánica clásica de fractura, existe un límite superior o umbral del factor de intensidad de tensiones denominado factor de intensidad crítico de tensiones, K_{IC} , y éste se alcanza cuando la tensión en la cabeza de la fisura comienza a propagarse. La finalidad de estos estudios ha sido investigar las propiedades mecánicas de fractura en mezclas asfálticas mediante el desarrollo de nuevos ensayos que permitan obtener parámetros mecánicos que entreguen información para una mejor caracterización de las respuestas de las mezclas asfálticas frente al proceso de fisuración

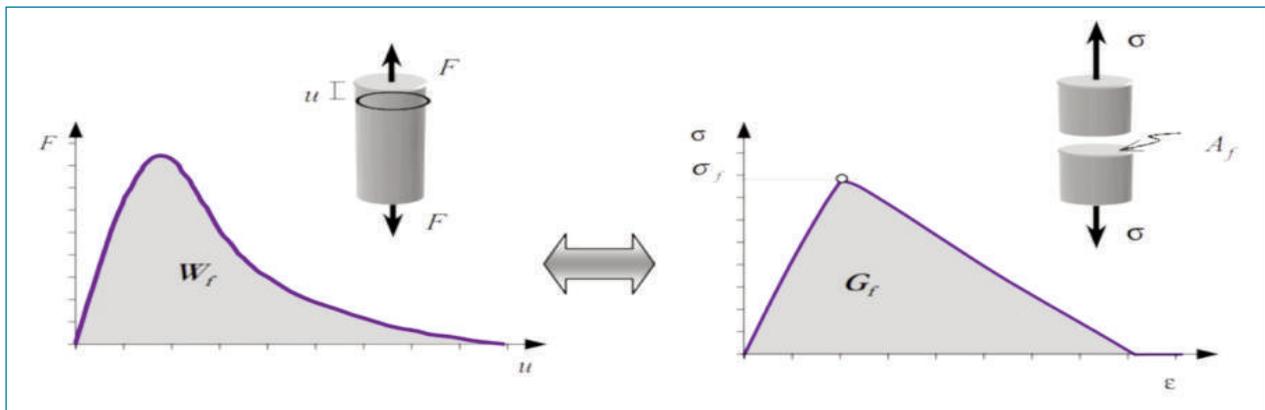


Figura 1. Forma esquemática de la obtención de la energía de fractura (Oller, 2011)

En el campo de las mezclas asfálticas, se han desarrollado varias metodologías experimentales que permiten representar y obtener una mejor comprensión de los mecanismos de iniciación y propagación de fisuras en mezclas bituminosas, y se basa en representar específicamente el comportamiento a fractura de estos materiales. Sin embargo, es en los últimos años, con el desarrollo de la ciencia de la mecánica de fractura de los materiales cuasi frágiles, que se han podido describir adecua-

bajo diferentes condiciones, ya sean climáticas, de materiales, de tipo y contenido de ligante, entre otras variables.

De manera simultánea, el equipo de investigación de la Universidad Politécnica de Cataluña liderado por el Catedrático Félix Pérez Jiménez [2], ha desarrollado nuevos procedimientos experimentales con el objetivo de evaluar y establecer nuevos parámetros que representen las propiedades mecánicas relacionadas con la resistencia a la fisuración en las

mezclas asfálticas.

Ahora bien, la importancia de determinar la energía de fractura en las mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío, se debe a que, como se ha observado en estudios realizados a mezclas elaboradas en caliente, el RAP rigidiza las mezclas asfálticas, llegando a valores que hacen susceptibles a este tipo de mezclas al efecto de falla por fatiga. Por otro lado, las mezclas asfálticas elaboradas en frío presentan un comportamiento tan dúctil a edades tempranas que cuando son sometidas a los esfuerzos generados por las cargas vehiculares, estas mezclas fallan por la falta de rigidez.

2. Resultados

Partiendo de las generalidades de diseño de las mezclas asfálticas evaluadas, se realizaron estudios volumétricos, los cuales permitieron determinar la humedad óptima de compactación, la cual fue a una pérdida del 70% de la humedad total, para posteriormente ser compactadas en un compactador giratorio. El acondicionamiento de las muestras evaluadas se realizó mediante un proceso de curado de 72 horas a una temperatura de 60°C. La emulsión utilizada fue de tipo super estable con un contenido de residuo asfáltico del 61%, el asfalto base fue un AC-20, proveniente de la refinería de Tula. La mezcla fabricada en caliente posee el mismo contenido asfáltico con respecto a la mezcla de control (0% RAP).

Como ya se ha mencionado, se han desarrollado diferentes métodos de prueba para la determinación de la energía de fractura de mezclas asfálticas, dentro de dichos métodos se encuentra el ensayo Disk-Shaped compact tensión test (disco compacto a tracción), ilustrado en la Figura 2, desarrollado por Wagoner en la Universidad de Illinois [3], el cual se basa en la utilización de una probeta de geometría circular para determinar la energía de fractura en las mezclas asfálticas.

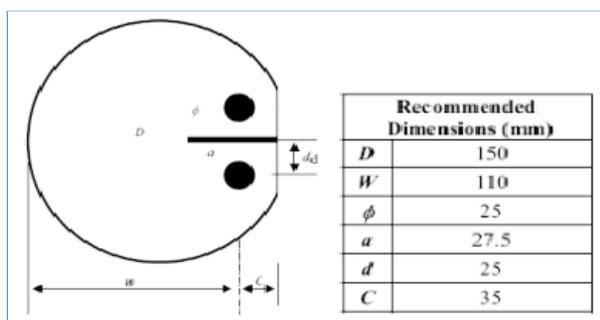


Figura 2. Geometría recomendada (Kim et al., 2009; Wagoner et al., 2005b)

El ensayo DC(T), actualmente se encuentra estandarizado a través de la norma ASTM D 7313-07 "Standard Test Method for Determining Fracture Energy of Asphalt - Aggregate Mixtures using the Disk-Shaped Compact Tension Geometry", fijando en su procedimiento una velocidad de desplazamiento de 0.017 mm/s y señalando que la temperatura de ejecución debe ser inferior a los 10°C. Para este proyecto de Investigación se evaluaron tres temperaturas de prueba, 10, 0 y -10°C. Los especímenes son colocados en el dispositivo de carga para posteriormente aplicar una carga a la velocidad antes mencionada hasta que la carga disminuye a un valor de 0.1 KN. Ahora bien, con la finalidad de caracterizar de una mejor manera a las mezclas evaluadas, nos apoyamos en las ecuaciones utilizadas en el ensayo Fénix.

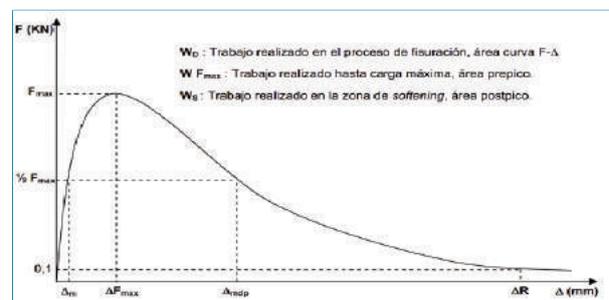


Figura 3. Curva carga - desplazamiento ensayo Fénix (Vidal, 2011)

A continuación se presentan las gráficas de las Curvas Carga - Desplazamiento.

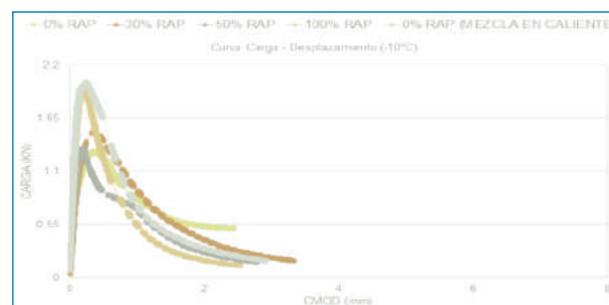


Figura 4. Curva Carga - Desplazamiento (-10°C)

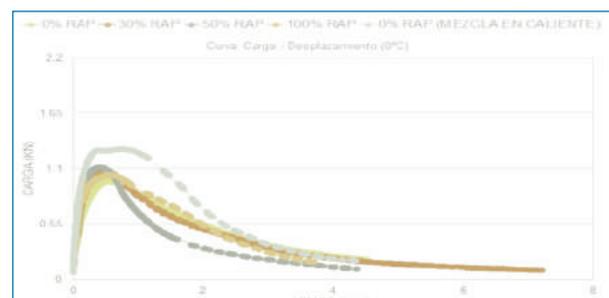


Figura 5. Curva Carga - Desplazamiento (0°C)

Evaluación de la energía de fractura mediante el ensayo DC (T) de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío

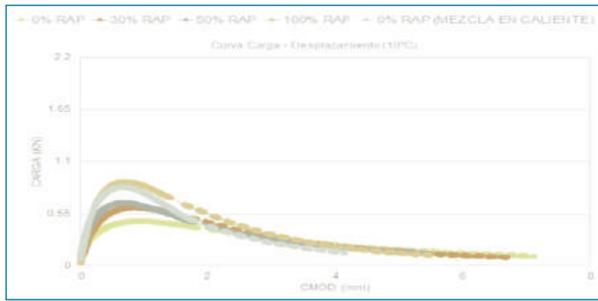


Figura 6. Curva Carga - Desplazamiento (10°C)

Mediante los resultados obtenidos de la curva carga - desplazamiento (Figuras 4, 5 y 6), se pueden obtener los parámetros que nos permitirán identificar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas relacionadas con su resistencia a la falla por fisuración.

2.1 Área (WD)

Se define el área bajo la curva Carga - Deformación.

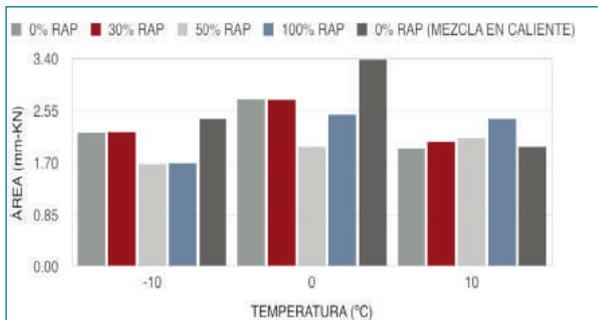


Figura 7. Área bajo las Curvas Carga - Desplazamiento

2.2 Carga máxima a tracción (Fmax)

Se define como la carga máxima registrada en el ensayo a tracción directa. (Vidal, 2011)

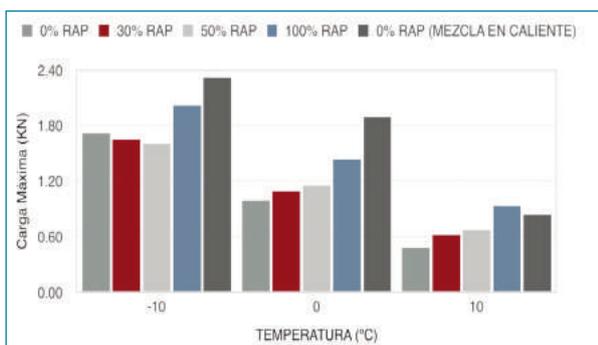


Figura 8. Carga Máxima (KN)

2.3 Desplazamiento a carga máxima (ΔFmax)

Se define como el desplazamiento realizado por el pistón cuando se registra la carga máxima a tracción. (Vidal, 2011)

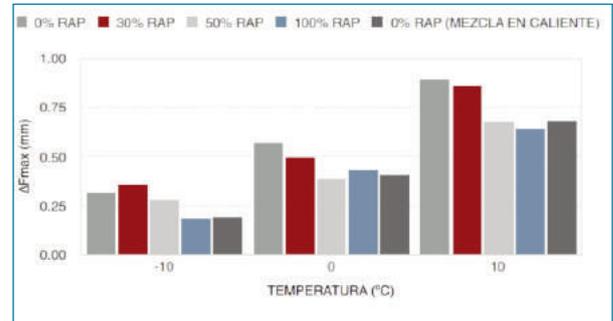


Figura 9. Desplazamiento a Carga Máxima (KN)

2.4 Resistencia a tracción (RT)

Se define como la relación entre la carga máxima registrada, Fmax y el área de ligamento o de fractura. La resistencia a tracción se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$R_T = \frac{1000 \cdot F_{Fmax}}{h \cdot l} \quad (1)$$

Dónde:

RT: Resistencia a tracción, (MPa)

Fmax: Carga máxima registrada (KN)

h: Espesor de la probeta (mm)

l: Longitud inicial de ligamento (mm)

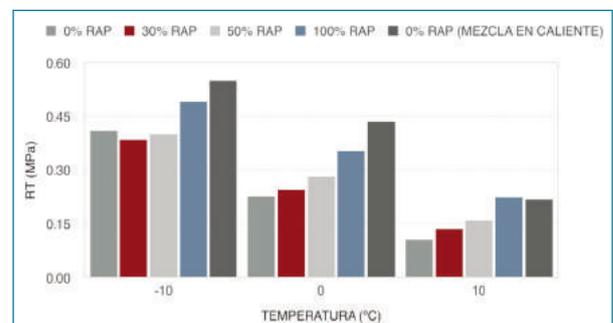


Figura 10. Resistencia a Tracción (MPa)

2.5 Desplazamiento de rotura (ΔR)

Se define como el desplazamiento en el cual la carga ha

caído hasta los 0.1 KN. Este parámetro entrega un valor importante, puesto que permite calcular las energías disipadas en el proceso de fractura de las mezclas, y a su vez, permite distinguir entre mezclas con iguales energías disipadas, GD, diferenciando las más frágiles de las más dúctiles. (Vidal, 2011)

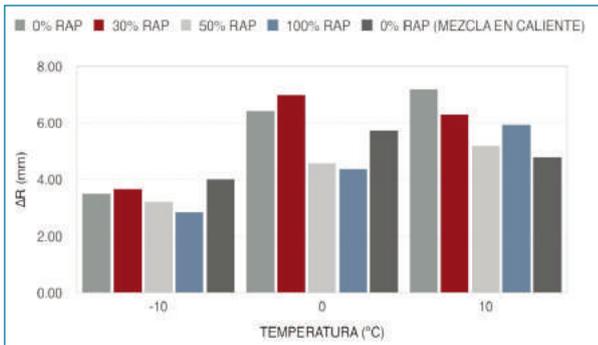


Figura 11. Desplazamiento de Rotura (ΔR)

2.6 Índice de rigidez a tracción (IRT)

Se define como la relación entre la mitad de la carga máxima, 1/2 Fmax, y el desplazamiento correspondiente a ese valor de carga antes de la carga máxima, Δm. Este índice indica una pseudo-rigidez del material, mostrando que tan flexible o rígida es la mezcla bituminosa evaluada. A mayor índice de rigidez a tracción, menos flexible es la mezcla. El índice de rigidez de tracción se calcula de acuerdo a la ecuación 2. (Vidal, 2011)

$$I_{RT} = \frac{\frac{1}{2} \cdot F_{Fmax}}{\Delta_m} \quad (2)$$

Dónde:

IRT: Índice de rigidez a tracción (KN/mm)

Fmax: Carga máxima registrada (KN)

Δm: Desplazamiento antes de la carga máxima a 1/2 Fmax (mm)

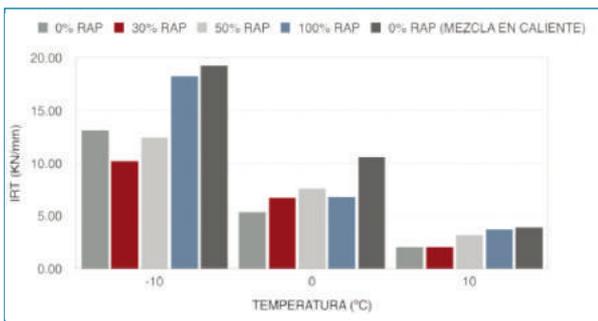


Figura 12. Índice de Rigidez a Tracción (KN/mm)

2.7 Desplazamiento al 50% Fmax postpico, (Δmdp)

Se define como el desplazamiento registrado por la mezcla una vez que la carga ha caído a la mitad del valor de su carga máxima. Este parámetro indica la capacidad que tiene la mezcla evaluada de admitir deformación, puesto que a medida que las mezclas son más dúctiles, y por ende más deformables, se obtienen mayores valores de Δmdp, mientras que para mezclas más frágiles se obtienen menores valores de Δmdp. (Vidal, 2011)

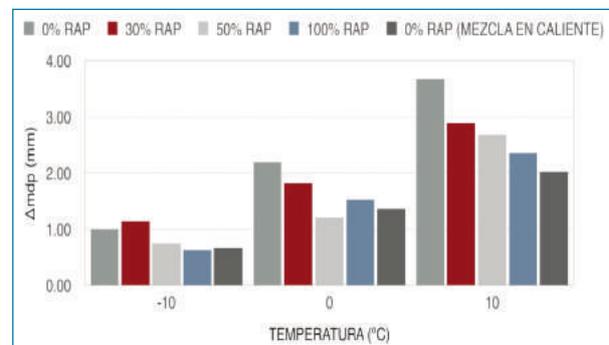


Figura 13. Desplazamiento al 50% Fmax postpico (Δmdp)

2.8 Energía disipada por unidad de superficie (GD)

Se define como el trabajo total realizado en el proceso de fisuración, WD, dividido entre el área de ligamento o fractura, perpendicular a la fuerza aplicada. El cálculo del trabajo realizado se efectúa mediante la ecuación 3 y la energía disipada en el proceso de fisuración se calcula de acuerdo a la ecuación 4. (Vidal, 2011)

$$W_D = \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i) \cdot (y_i) + 0.5 \cdot (x_{i+1} - x_i) \cdot (y_{i+1} - y_i) \quad (3)$$

Dónde:

WD: Trabajo realizado en el proceso de fisuración, área bajo curva carga - desplazamiento (KN - mm).

xi: Desplazamiento registrado (mm).

yi: Carga registrada (mm).

n: Punto en que la carga ha descendido a 0.1 KN.

$$G_D = \frac{W_D}{h \cdot l} \quad (4)$$

Evaluación de la energía de fractura mediante el ensayo DC (T) de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío

Dónde:

GD: Energía disipada por unidad de superficie en el proceso de figuración (J/m²).

WD: Trabajo realizado en el proceso de figuración, área bajo curva carga - desplazamiento (KN - mm).

h: Espesor de la probeta (mm).

l: Longitud inicial de ligamento (mm).

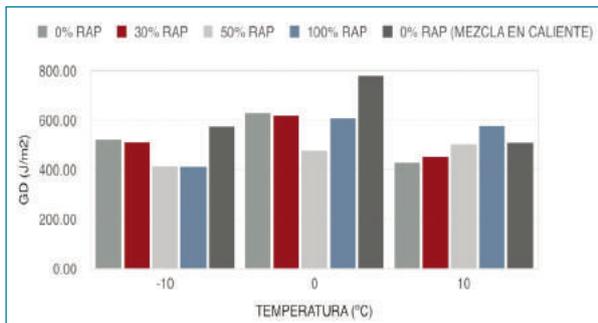


Figura 14. Energía disipada por unidad de superficie (GD)

2.9 Índice de energía (IE)

Se define como la energía disipada en el periodo de relajación o softening ponderada por la razón de su proporción respecto del total de la energía disipada en el proceso de fisuración. Este índice tiene la finalidad de evaluar la cantidad de energía disipada por el material una vez que éste ya ha alcanzado su resistencia máxima, ponderando las mezclas que sean capaces de disipar mayor energía en su fase de softening, respecto de la disipada en su fase de carga inicial hasta la carga máxima. Por tanto, para igualdad de valores de energía disipada en la fase de softening, este parámetro aumenta en las mezclas más dúctiles respecto de las más frágiles, puesto que su razón de proporción respecto del total de la energía disipada será mayor. Su expresión de cálculo se observa en la ecuación 5 y sus variables se muestran mediante la Figura 3 (Vidal, 2011)

$$I_E = \frac{W_s}{h \cdot l} \cdot \left(\frac{W_s}{W_D} \right) \quad (5)$$

Dónde:

IE: Índice de energía (J/m²).

WS: Trabajo realizado en la zona de softening, postpico (KN · mm).

WD: Trabajo realizado en el proceso de fisuración, área ba-

jo curva carga - desplazamiento (KN · mm).

h: Espesor de la probeta (m).

l: Longitud inicial de ligamento (m).

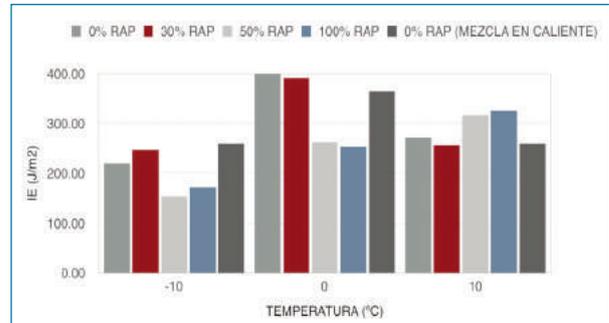


Figura 15. Índice de Energía (IE)

2.10 Índice de tenacidad (IT, (J/m²)-mm)

Se define como la energía disipada en el periodo de relajación o softening multiplicada por un factor de fragilidad, el cual corresponde al desplazamiento realizado desde la carga máxima, Fmax, hasta que la carga ha caído a la mitad de su valor máximo. Este índice tiene la finalidad de evaluar la tenacidad de la mezcla bituminosa, considerándose ésta como la capacidad de la mezcla de mantener unidos sus componentes una vez que ya ha alcanzado su resistencia máxima. Por lo tanto, a medida que este parámetro aumenta, la mezcla es más tenaz, y por otra parte, a medida que este factor disminuye, la mezcla tiene un comportamiento más frágil. Su expresión de cálculo se observa en la ecuación 6 y sus variables se muestran mediante la Figura 3 (Vidal, 2011)

$$I_T = \frac{W_D - W_{Fmax}}{h \cdot l} \cdot (\Delta_{mdp} - \Delta_{Fmax}) \quad (6)$$

Dónde:

IT : Índice de tenacidad ((J/m²)-mm).

WD: Trabajo realizado en el proceso de fisuración, área bajo curva carga – desplazamiento (KN · mm).

WFmax: Trabajo realizado hasta carga máxima (KN · mm).

ΔFmax: Desplazamiento a Fmax (mm).

Δmdp: Desplazamiento a 1/2 Fmax post pico (mm).

h: Espesor de la probeta (m).

l: Longitud inicial de ligamento (m).

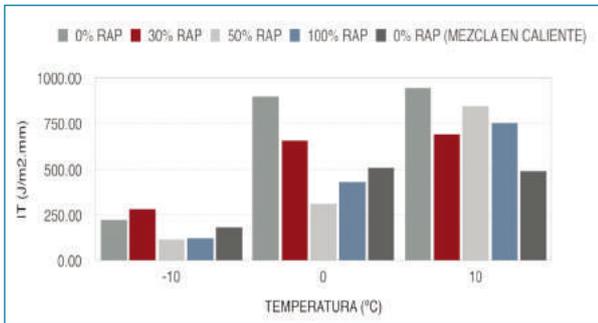


Figura 16. Índice de Tenacidad (IT)

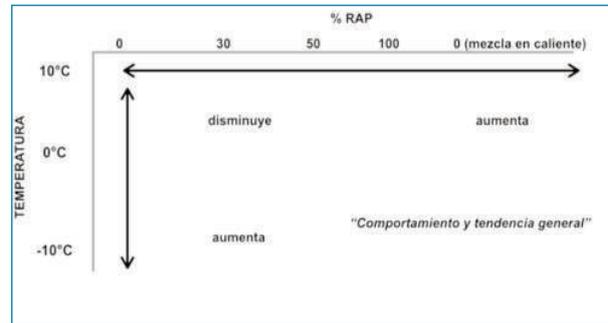


Figura 18. Esquema de tendencia y comportamiento general

3. Conclusiones

El uso de RAP en las mezclas asfálticas fabricadas en frío nos brinda la posibilidad de aumentar la rigidez de dichas mezclas como se observa en las gráficas de carga - desplazamiento, sin embargo, también se ha observado que el uso de RAP debe tener un carácter racional, ya que las mezclas con altas tasas de RAP, en particular la mezcla con un 100% de RAP, presenta un comportamiento postpico susceptible a la fatiga, ya que la mezcla ha llegado a rigidizarse más que la mezcla en caliente que se ha evaluado.

En cuanto a los otros parámetros observados en este artículo, derivados de las curvas carga - desplazamiento, se han encontrado tendencias generales en los siguientes y que se presentan de manera esquemática en las Figuras 17 y 18:

- Carga Máxima
- Desplazamiento Máximo (ΔF_{max})
- Desplazamiento de Rotura (ΔR)
- Desplazamiento al 50% F_{max} postpico (Δmdp)
- Índice de Tenacidad (IT)

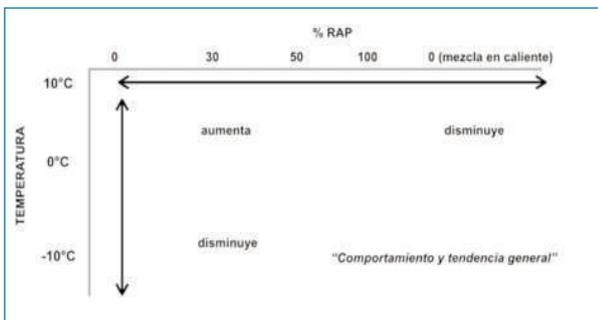


Figura 17. Esquema de tendencia y comportamiento general

- Resistencia a Tracción (MPa)
- Índice de rigidez a tracción (KN/mm)

De acuerdo a las muestras evaluadas no se encontraron comportamientos generales para los siguientes parámetros:

- Trabajo realizado en la zona softening, postpico (Ws)
- Índice de energía (IE)

Desplazamiento antes de la carga máxima a 1/2 F_{max} (Δm)

Trabajo realizado hasta carga máxima (WF_{max})

Ahora bien, los resultados obtenidos en este proyecto de investigación pueden variar si se presentan cambios en los materiales ensayados, tales como el origen del RAP, emulsión asfáltica, agregado de aportación, o bien, en las dosificaciones de humedad, emulsión; es decir, en cada diseño de mezcla en frío se vuelve imprescindible el diseño individual, así mismo, su evaluación de desempeño. Por lo que este estudio muestra resultados para un diseño específico y solo nos puede guiar ante resultados que se podrían esperar en otros estudios a realizar.

4. Bibliografía

- [1] Oller S. Fractura Mecánica. Un Enfoque Global, Centro Internacional de Métodos Numéricos, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2001.
- [2] Vidal, G. A. (2011). Evaluación del Proceso de Fisuración en las Mezclas Bituminosas Mediante el Desarrollo de un Nuevo Ensayo Experimental "Ensayo Fénix". Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- [3] Wagoner M., W. Buttlar and G. Paulino. Disk-shaped Compact Tension Test for Asphalt Concrete Fracture, Experimental Mechanics, Vol. 45, N° 3, pp 270-277, 2005b.

VIATOP®

Liderando las SMA
desde 1988

inside

VIATOP®

RETENMAJER IBÉRICA
S.L. Y CIA. S. COB.



Fibras diseñadas
por la naturaleza
Más seguridad del grupo JRS

C/ Francesc de Borja 55, 2º
08005 Barcelona
Tf. 903 262 888 - Fx. 903 262 887

www.jrsiberica.com - info@jrsiberica.com

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 15 de noviembre de 2018 hasta el 19 de febrero de 2019.

BETUNES Y LIGANTES BITUMINOSOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 51/SC1)

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 12591 (Última publicación año 2009)** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación
- **PNE-prEN 13074-1 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Recuperación por evaporación
- **PNE-prEN 13074-2 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Estabilización después de la recuperación por evaporación
- **PNE-prEN 13358 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las características de destilación de los betunes fluidificados y fluxados fabricados con fundentes de origen mineral
- **PNE-prEN 13589 (Última publicación año 2008)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método fuerza-ductilidad
- **PNE-prEN 13702 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC2)

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 12697-13 (Publicada en diciembre de 2018)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **UNE EN 12697-17 (Publicada en diciembre de 2018)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de una probeta de mezcla bituminosa drenante
- **UNE EN 12697-18 (Publicada en diciembre de 2018)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento de ligante
- **UNE EN 12697-23 (Publicada en diciembre de 2018)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **UNE EN 12697-27 (Publicada en diciembre de 2018)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras
- **UNE EN 13108-9 (Publicada en diciembre de 2018)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezcla bituminosa tipo AUTL

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras
- **PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **PNE-EN 12697-1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble
- **PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- **PNE-EN 12697-3/prA1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- **PNE-prEN 12697-5 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima
- **PNE-prEN 12697-6 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-8 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-10 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-11 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún.
- **PNE-EN 12697-12 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua
- **PNE-prEN 12697-14 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- **PNE-prEN 12697-19 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- **PNE-prEN 12697-20 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- **PNE-prEN 12697-21 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-EN 12697-24 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a fatiga
- **PNE-EN 12697-25 (última publicación año 2006)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-prEN 12697-28 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría
- **PNE-prEN 12697-29 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-30 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 30: Preparación de probetas mediante compactador de impactos
- **PNE-EN 12697-31 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de probetas mediante compactación giratoria
- **PNE-EN 12697-32 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 32: Preparación de probetas mediante compactador vibratorio

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12697-33 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
- **PNE-prEN 12697-34 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- **PNE-prEN 12697-39 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- **PNE-prEN 12697-40 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- **PNE-prEN 12697-44 (última publicación año 2011)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas en caliente. Parte 44: Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular
- **PNE-prEN 12697-45 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)
- **PNE-prEN 12697-46 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- **PNE-FprCEN/TS 12697-50 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-prEN 12697-53 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-prEN 12697-54 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-prEN 12697-55 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-prEN 12697-56 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-prEN 13036-5 (norma nueva)** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-1 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-prEN 13108-31 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-EN 13285 (última publicación año 2010)** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-prEN ISO 13473-1 (última publicación año 2006)** Caracterización de la textura de pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad del perfil
- **PNE-prEN 13880-6 (última publicación año 2006)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 6: Método para la preparación de muestras de ensayo
- **PNE-prEN 13880-7 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 7: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 13880-8 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión en carburante
- **PNE-EN 13880-10 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 10: Método de ensayo para la determinación de la adherencia y de la cohesión después del alargamiento y compresión continuados
- **PNE-EN 13880-13 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 13: Método de ensayo para la determinación del alargamiento discontinuo (ensayo de adherencia)
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005)** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío
- **PNE 41265-1 (norma nueva)** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 1: Control térmico de mezclas bituminosas

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146)

NORMATIVA EN PROYECTO

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

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Desde la última publicación de la revista en la normativa se han producido las siguientes novedades:

- Dentro del Comité de mezclas bituminosas se han publicado nuevas actualizaciones para la determinación de las siguientes propiedades; tracción indirecta, toma de muestra, escurrimiento y pérdida de partículas. También se ha publicado la norma de producto para las mezclas ultrafinas AUTL.

También en este Comité se han incorporado como normas en proyecto las que describen la metodología para la determinación del contenido de ligante por ignición, la densidad aparente y Marshall.

En cuanto a la evaluación de las características de las mezclas bituminosas durante el extendido destacar que se está trabajando en una norma española para la comprobación del control térmico de las mezclas bituminosas.

- Dentro del Comité de áridos se continúa con la revisión de la norma de especificaciones de áridos para su empleo en mezclas bituminosas así como en la norma para definir la verificación de prestaciones para el ensayo inicial de tipo y producción en planta.

Otras normas a destacar que se encuentran en proyecto son la determinación del coeficiente de pulimento acelerado así como la resistencia a la fragmentación

Publicación de las recomendaciones para la redacción de pliegos de prescripciones técnicas particulares de pavimentos bituminosos de carreteras de baja intensidad de tráfico

Durante el año 2018, y desde el Grupo de Trabajo GT 3 "Firmes de bajo coste. Uso de materiales próximos. Prácticas y técnicas", del Comité Técnico de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico (BIT) de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC), coordinado por D. Andres Costa, se ha trabajado en la elaboración de unas "Recomendaciones para la redacción de Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares de Firmes y Pavimentos Bituminosos de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico". Publicación que fue presentada oficialmente en la IV Jornada Nacional de ATEB.

Este documento, como así indica D. Luis Alberto Solís Villa, autor del prólogo, tiene como objetivo recopilar técnicas que permitan aportar soluciones ingenieriles adaptadas a la red de carreteras de baja intensidad de tráfico, titularidad de las CC.AA., Diputaciones o Ayuntamientos, y que principalmente están formadas por firmes flexibles con base granular, que por sus características, es posible el empleo de soluciones ambientalmente amigables con una mejor respuesta tensional en estas vías, frente a otro tipo de soluciones.

Estas recomendaciones incluyen técnicas que en la actualidad no están contempladas en los documentos normativos de referencia, entre los que se encuentran el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG3 y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras, PG4, pero que sí han estado incluidos en publicaciones anteriores, y para las que en la actualidad no se dispone de una normativa oficial.

Las técnicas que han sido incluidas son las siguientes:

- Grava-emulsión
- Riegos de protección y sellado
- Tratamientos superficiales de riegos con gravilla
- Lechas bituminosas
- Mezclas abiertas en frío
- Mezclas bituminosas templadas cerradas
- Mezclas bituminosas templadas discontinuas y drenantes con emulsión bituminosa
- Reciclados in situ con emulsión
- Reciclados templados

Cada una de ellas se han desarrollado siguiendo el mismo esquema y contenido que las normativas de referencia incluyendo apartados como:

- Definición
- Características de los materiales
- Tipo y composición
- Equipo necesario para la ejecución de las obras
- Ejecución de las obras
- Tramo de prueba
- Especificaciones de la unidad terminada
- Limitaciones en la ejecución
- Control de calidad
- Criterios de aceptación y rechazo
- Medición y abono

Su elaboración ha permitido por un lado adaptar algunos documentos disponibles en la bibliografía que describen estas técnicas a los cambios normativos correspondiente al Mercado CE de los materiales y algunas técnicas, así como a definir unas recomendaciones para técnicas no normalizadas en la actualidad como es el caso de las mezclas templadas.

Esta publicación no se puede considerar un documento normativo, dado que la potestad para ello no corresponde a este Comité de la ATC, pero sí que pretende ser una guía de referencia para los técnicos que en sus respectivas competencias, pueden necesitar disponer de información sobre cada una de ellas.

Estas recomendaciones en breve se encontrarán publicadas para su consulta en la página web de la ATC en la dirección www.normativadecarreteras.com



Madrid, 22 y 23 de Mayo de 2019

XIV Jornada Nacional asefma 2019

PROVISIONAL

PROGRAMA

XIV Jornada Nacional
asefma 2019

22 y 23 de Mayo de 2019

 #XIVJornadaAsefma

**Asfalto 4.0, clave en la
conservación preventiva
y en la reducción de
emisiones de CO2**

Hotel Holiday Inn
Plaza Carlos Trías Bertrán, 4 - 28020 Madrid

Coordinador:
Dr. Ing. Angel Sampedro y Dña. Nuria Uguet

Patrocinan:



Organiza:



Teléf.: 91 129 36 60 • e-mail: asefma@asefma.com.es
www.asefma.es

Asfalto 4.0, clave en la conservación preventiva y en la reducción de emisiones de CO2

INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:
asefma@asefma.com.es

tras haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente:
Bankinter 0128 0013 29 0100041983

Inscripción on-line a través de:
www.itafec.com

Síguenos en Twitter  #XIVJornadaAsefma



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

Noticias del sector

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

BECSA dedica su VI Jornada de I+D+i a la sostenibilidad en carreteras

La Universidad Politécnica de Valencia acogió el pasado jueves 21 de febrero la VI Jornada de I+D+i de BECSA, un seminario técnico enfocado a la innovación aplicada al sector de la construcción. La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), representada por su presidente, Juan José Potti, participó en la clausura de la jornada dedicada a innovación y la sostenibilidad en carreteras. También intervinieron universidades, empresas, asociaciones profesionales y administraciones públicas.

Durante este seminario técnico, organizado bajo el lema "La innovación al servicio de la sostenibilidad", se presentaron las últimas tendencias en pavimentos asfálticos (GRAPHOS, AUTO-PRO2 y PAVDT), se expusieron avances en pantallas acústicas (cristales de sonido, RESON-CS y minibarrera acústica) y se analizaron la respuesta de las infraestructuras al cambio climático a partir del concepto de BIOLIGWASTE y las investigaciones BIOLAC y SOLPINTER. Además, Marc Vidal, profesor y consultor en transformación y estrategia digital, impartió una ponencia sobre "reWORKING, no es lo mismo digitalizarse que transformarse digitalmente".

El evento, pudo ser seguido de forma gratuita gracias a la plataforma de ITAFEC, que cuenta con la colaboración de la Plataforma Tecnológica española de la Carretera (PTC), la Universidad Politécnica de Valencia, el Ayuntamiento de Valencia y la Generalitat Valenciana.

ASEFMA confirma que el sector del asfalto aún no ha salido de la crisis económica pero muestra optimismo moderado ante las previsiones para 2019

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) ha expuesto en su Asamblea General Or-

dinaria el ligero repunte en los resultados productivos de la industria del asfalto de 2018, 15 puntos por debajo de las previsiones de la patronal. Un acto en el que intervinieron en Juan José Potti, presidente de ASEFMA; Juan Lazcano, presidente de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC); y Javier Herrero, Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Potti anunció que el sector había cerrado 2018 con una cifra estimada de producción superior ligeramente a los 16 millones de toneladas y que el consumo de betún para mezclas asfálticas ha crecido un 5,6% respecto al año anterior. Unos datos que continúa dejando claro una crisis sectorial y que está por debajo de la inversión necesaria para las infraestructuras viarias españolas: las necesidades de las carreteras en España, atendiendo a tráfico y longitud de la red, necesitan una producción de mezclas asfálticas del doble de la actual.

"Algunas administraciones locales han empezado a reactivar licitaciones" algo que afirmó el presidente de ASEFMA, "pero la escasa actividad de conservación de los firmes en las Comunidades Autónomas es muy preocupante". En esta línea, expresó que "la rehabilitación de los firmes debe ser realizada de manera eficaz y con los medios adecuados" y que "el sistema de licitación más adecuado es el concurso", ya que reconoce la innovación, la experiencia y los nuevos desarrollos.

Por otra parte, Juan Lazcano durante su intervención quiso dejar ver que existe un crecimiento del sector de la construcción, que llegó a cerrar el último trimestre del 2018 con un volumen acumulado de producción de 96.741 millones de euros, lo que supone una variación positiva respecto al año pasado del 8,45%, del que la obra civil solo aporta un crecimiento del 5,45%.

"La licitación en 2018 ha sido de 16.842 millones de euros, es decir: ha crecido un 31,81%", expresó el máximo representante de la CNC. También quiso destacar el peso de la licitación local que casi dobla la autonómica y supera a la central: "la administración central ha licitado por 5.435 mi-

llones de euros, la autonómica por 4.218 millones y la local por 7.189 millones de euros”, quiso destacar: “En el caso de la conservación de carreteras en el año 2018, la licitación fue de 953,5 millones de euros, que supone un decremento del 7,4%”.

El presidente de la CNC también refirió al crecimiento del 14,2% del presupuesto de conservación (programa 453C) del Ministerio de Fomento: “demuestra que hay una nueva sensibilidad en Fomento”, expresó.

Durante su presentación, el Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento, apuntó que “cuando llegamos al Ministerio, en junio de 2018, la ejecución presupuestaria era del 17% y el día 31 de diciembre era del 95%”. En esta línea afirmó que “vamos a ejecutar todo el presupuesto disponible para mejora de las carreteras”.

Javier Herrero también destacó que “por primera vez en la historia el presupuesto de conservación es superior al de creación de infraestructuras”. Con el presupuesto actual, “la previsión para 2019 es licitar 95,9 millones de euros, de los cuales 72,6 millones corresponden a rehabilitación de firmes”, apuntó. “En la plataforma de contratación tenemos colgados 33,1 millones pero nuestra voluntad es hacer 83,6 millones más”.

ASEFMA anuncia su IX Jornada de ensayos para las mezclas bituminosas

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos acogió el pasado 7 de marzo de 2019 la IX Jornada de caracterización de mezclas bituminosas. Un acontecimiento considerado como el principal escaparate de los trabajos científicos realizados en España en el campo de la experimentación con mezclas asfálticas relacionadas con metodologías de evaluación de mezclas bituminosas y pavimentos asfálticos, esta edición aportará una visión crítica a los diez años de mercado CE.

Expertos, académicos, técnicos y personal de la Administración ha encontrado en esta novena edición la sesión que da nombre a las jornadas, aunque también han incluido en esta ocasión las conclusiones de los trabajos de adherencia entre capas desarrollados por ALEAS, la presentación de comunicaciones libres que no fueron expuestas durante la XIII Jornada de ASEFMA y una sesión específica sobre control térmico de mezclas bituminosas.

Como en anteriores ediciones, toda la jornada técnica ha podido ser seguida vía streaming desde la plataforma de ITAFEC y vía Twitter mediante el hashtag #IXJornadaEnsayos.

Todo un acontecimiento dividido en 6 sesiones: Una primera enfocada a 10 años de mercado CE. Una visión crítica, coordinada por D. Jesús Felipe y en la que participaron Javier Loma, Carlos Alonso, Julio José Vaquero, M^a José Sierra y Tomás Enfedaque.

La segunda estuvo marcada por las Comunicaciones libres que trataron sobre envejecimiento por el método SATS (Emilio Moreno), fisuración de capas ultrafinas (Rodrigo Miró) y divergencias en la obtención de los huecos en mezclas bituminosas (Pablo Álvarez).

En la tercera sesión, Jorge Ortíz, trató el tema de “Aherencia y durabilidad” y José Manuel Berenguer, habló sobre “Presentación de los últimos resultados del grupo ALEAS”

Tras esta mesa, se reabrió el turno para unas nuevas comunicaciones libres expuestas de la mano de Fernando Moreno quien trató el “Efecto de la climatología en la fatiga” y María González junto a Francisco Barceló expusieron “Reología de los ligantes españoles”

El acto fue cerrado por una última mesa en la que se expuso Control térmico de mezclas bituminosas y José Luis Peña presentó el informe “PNE 41265-I. Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte I: control térmico de las mezclas bituminosas”

La producción europea de mezclas asfálticas crece un 5% en 2017, según EAPA

La producción global de mezclas bituminosas en Europa alcanzó los 296,7 millones de toneladas en 2017, anuncia EAPA en su último informe sectorial. Estos datos han significado una variación positiva del 5% respecto al año precedente, en el que se registraron 282,5 millones de toneladas.

En cuanto a España, EAPA señala que la producción española de mezclas asfálticas registró en 2017 un crecimiento del 16% respecto al ejercicio anterior, como adelantó ASEFMA durante su última Asamblea General. Los 15,2 millones de toneladas producidas durante 2017 significan un primer dato positivo tras la caída de la producción de asfal-

to en España a mínimos históricos en 2016, pero no puede interpretarse como el inicio de la recuperación. Los resultados que maneja ASEFMA respecto al ejercicio económico 2018 son ligeramente positivos, aunque se permanece en niveles mínimos de producción y con un déficit acumulado en carreteras muy importante.

Atendiendo a las cifras arrojadas por la EAPA, España ha pasado de ser el segundo país europeo productor de asfalto (2008) a ocupar hoy la séptima posición por detrás de Alemania (42 millones de toneladas), Turquía (46,9), Francia (33,7), Italia (23,7), Gran Bretaña (22,7) y Polonia (19), países todos ellos que han aumentado su producción en 2017.

Respecto al número de empresas de la industria del asfalto activas en Europa durante 2017, en el territorio europeo han operado al menos 9.223 compañías, lo que supone, según los datos disponibles, un descenso del 13,8% respecto al año anterior (en 2016 los datos disponibles contaban 10.703 empresas activas). De estas entidades: 781 se dedican solo a la producción, 7.453 solo al extendido y 989 realizan ambas actividades.

En el caso de España y atendiendo a los datos proporcionados por EAPA, las compañías activas en 2017 han sido las mismas que en el ejercicio económico anterior. En total han sido 281 las entidades en activo durante 2017: 6 exclusivamente para producción, 150 en extendido y 125 en producción y extendido.

PTCARRETERA participa en TRANSFIERE 2019

El pasado mes de febrero tuvo lugar en Málaga el 8º Foro Europeo para la Ciencia, tecnología e Innovación, TRANSFIERE 2019 y PTCarretera acudió para participar en diversas actividades.

A parte de verla en la participación de charlas y diferentes ponencias, PTCarretera aprovechó la ocasión para mantener encuentros B2B con otras entidades buscando sinergias y áreas de colaboración con diferentes agentes.

Por otro lado, el Consejo Gestor de Plataforma organizó una reunión dentro del espacio del Palacio de Ferias y Congresos de Málaga ya que todos sus miembros acudieron al evento.

Por último, quiso abrir un foro sobre la aplicación de la CPI al sector de la movilidad por carretera.

El sector de la carretera (tal vez sería más apropiado hablar en estos momentos de movilidad por carretera) ha participado en el desarrollo de la CPI apoyando todas aquellas iniciativas que ha sido posible. Así, casos como la licitación de la autovía A-8 en Lugo, o la de pavimentos sostenibles de la Generalitat de Cataluña pueden considerarse muy buenos ejemplos del trabajo desarrollado.

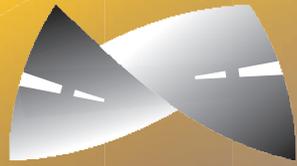
La Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC) es, sin duda, la organización sectorial que más empeño ha puesto en desarrollar la CPI ya que tenemos el convencimiento de que es un procedimiento muy adecuado para impulsar la innovación cuando la inmensa mayoría de los clientes son administraciones públicas. Mediante la organización de este evento pretendemos poner en contacto a los diversos actores que intervienen en la implantación de la CPI para analizar y proponer ideas que ayuden a ampliar las experiencias de uso de este tipo de licitaciones.

A nivel de organización, a excepción de unas breves presentaciones iniciales que sirvieron de introducción a las temáticas a tratar, el formato que se plasmó fue el de intervenciones libres por parte de los asistentes a partir de unas cuestiones lanzadas un moderador. Algunas de las cuestiones que se trataron:

- * Experiencia de los asistentes al aplicar CPI
- * Fuentes de financiación disponibles hoy en día
- * Qué tipo de problemas/retos son más adecuados para ser tratadas como CPI
- * Compra Pública Precomercial vs Compra Pública de Tecnología Innovadora
- * Límites del uso de la CPI en las licitaciones

El sector de la movilidad por carretera va a ser objeto de una revolución debido a la confluencia de diversas tecnologías disruptivas como son la conducción autónoma y la electrificación. Si a este coctel añadimos la cada vez mayor importancia que se está dando a la calidad de vida en zonas urbanas (concretado en el concepto de Smart Cities), en las que la movilidad son un capítulo fundamental, es fácil entender que la innovación no es un capricho sino que va a ser el leitmotiv de muchas estrategias de desarrollo técnico, industrial y social.

Sin duda, otro año más TRANSFIERE 2019 pone de manifiesto la apuesta por la Innovación en todas sus vertientes y PTCarretera no faltó a esa cita para seguir fomentando la tecnología en el mundo de la carretera.



7th E&E CONGRESS

EURASPHALT & EUROBITUME

MADRID 12-14 May 2020
Palacio Municipal de Congresos de Madrid

ASPHALT 4.0 FOR FUTURE MOBILITY



#eecongress2020

www.eecongress2020.org

Calendario de eventos

AÑO 2019		
7 de marzo ASEFMA	VIII Jornada Nacional de Ensayos; #VIIIJornadaensayos	Madrid (España) www.asefma.es
4-5 de abril EAPA	6th International seminar "Asphalt pavements 2019"	Opatija (Grecia) www.eapa.org
22-23 de mayo ASEFMA	XIV Jornada de Asefma; #XIVJornadaAsefma	Madrid (España) www.asefma.es
22-23 de mayo ASEFMA	InterCILA; #interCILA	Madrid (España) www.asefma.es
28-30 de mayo CRP	9º Congresso Rodoviário Português	Lisboa (Portugal) www.crp.pt
3-6 de junio EATA	8th Meeting EATA	Granada (España) www.eata-group.eu
12-14 de junio ICONFBMP	The 17th International Conference "Bituminous Mixtures and Pavements"	Tesalónica (Grecia) http://iconfbmp.civil.auth.gr
18-19 de agosto EAPA	The 18th AAPA International Flexible Pavements Conference & Exhibition	Sydney www.eapa.org
15-18 de septiembre TRB	TRB International Conference on Low Volume Roads	Montana (EUA) www.trb.org
6-10 de octubre PIARC	26º Congreso Mundial de la Carretera	Abu Dhabi (Emiratos Árabes) www.piarc.org
11 de octubre	Día Mundial de la Carretera; #Diamundialcarretera	
13-16 de octubre EAPA	The 12th Conference on Asphalt Pavements for southern Africa	Sun City_Sudáfrica www.capsaconference.co.za
29 de octubre PTC	INNOVACARRETERA; #INNOVACARRETERA	Madrid (España) www.ptcarretera.es
25-29 de Noviembre AMAAC	XXCILA; #XXCILA2019	Guadalajara (México) www.amaac.org.mx
26-27 de Noviembre EAPA	Conference Asphalt Pavements 2019	República Checa www.eapa.org

AÑO 2020		
12-16 de enero PIARC	99 Reunión Anual TRB	Washington, DC (EEUU) www.piarc.org
2-5 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Hawaii (EUA) www.eapa.org
17-21 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Texas (EUA) AEMA-ISSA-ARRA
12-14 de mayo EUROBITUMEN-EAPA	The 7th Eurasphalt & Eurobitume Congress	Madrid (España) www.eapa.org
12-16 de junio	TRB 99th Annual Meeting TRB	Washington DC(EUA) www.trb.org
4-6 de noviembre AEMA	International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia (EUA) www.aema.org/

AÑO 2021		
7-10 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Orlando, DC (EUA) www.eapa.org



Con un **FIRME** en **MAL ESTADO** serán de **3.500-3.600 kg de CO₂** para cada turismo medio

ADVANTAGE 12: Road users love asphalt for its smooth ride #AsphaltAdvantages

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO ➔

ABRIL 2019 | **EVENTOS**

4 de abril #IRMD2019

asefma EAPA eurobitume ZAS

f /asefma t @asefma_es i /company/asefma @asefma

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



SI REHABILITAMOS ese firme (asfaltando). En una vía de circulación convencional, **SE EMITEN** durante la obra unos **140 kg de CO₂ por m²**

ADVANTAGE 31: Asphalt roads are safe roads #AsphaltAdvantages

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO ➔

MAYO 2019 | **EVENTOS**

22-23 de mayo #XIVJornadaAsefma #PremioMPA #interCILA

asefma EAPA eurobitume ZAS

f /asefma t @asefma_es i /company/asefma @asefma

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

Lecturas recomendadas

Libro: “Recomendaciones para la redacción de pliegos de prescripciones técnicas particulares de firmes y pavimentos bituminosos de carreteras de baja intensidad de tráfico”. 2018. Asociación Técnica de Carreteras. 248 p.p.

La paulatina retirada y obsolescencia de las especificaciones sobre firmes y materiales destinados a carreteras de baja intensidad de tráfico por parte del Ministerio de Fomento ha dejado un vacío técnico y normativo que tan solo ha sido parcialmente abordado por algunas comunidades autónomas.

Dada la importancia que para muchas poblaciones tienen las redes viarias locales, se hace necesario ofrecer un compendio de soluciones técnicas actualizadas que permitan una construcción y mantenimiento adecuado de las vías de baja intensidad de tráfico. Bajo la coordinación de la Asociación Técnica de Carreteras, y más concretamente a través del Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico, un grupo de técnicos con contrastada experiencia ha redactado un pliego que va a ser la referencia básica en el sector.



http://www.atc-piarc.com/publicaciones_catalogo.php



Informe : “A Mechanistic Empirical Model for Top Down Cracking of Asphalt Pavements Layers”. Editado por TRB's National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Marzo 2018. 213 pp (idioma: inglés)

Estudios recientes han determinado que algunas grietas por fatiga relacionadas por las cargas en el pavimento asfáltico pueden iniciarse en la superficie del pavimento y propagarse hacia abajo a través del asfalto.

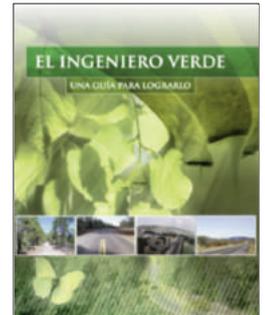
Sin embargo, esta forma de deterioro no puede explicarse por completo por los mecanismos de deterioro utilizados hasta ahora y que normalmente se basan en las fisuras que se inician en las capas de base del pavimento. Estos estudios también han sugerido hipótesis sobre los mecanismos de fisuración descendente (por ejemplo, tensión superficial inducida por la flexión y por cizalla cerca de la superficie) y desarrollaron modelos preliminares para predecir la iniciación y propagación de las fisuras.

El diseño de pavimento empírico mecanicista de AASHTO (MEPDG) desarrollada bajo el Proyecto NCHRP 01-37A proporciona una propuesta de metodología para el análisis y predicción del rendimiento de tal tipo de fisuración. Además, el reciente trabajo completado bajo el proyecto NCHRP 01-42A desarrolló un modelo de daño continuo de tipo viscoelástico en el que el inicio y propagación de fisuras se basa en la mecánica de fractura de la capa de asfalto.

<https://www.nap.edu/catalog/25304/a-mechanistic-empirical-model-for-top-down-cracking-of-asphalt-pavements-layers>

Libro “El ingeniero verde. Una Guía para lograrlo”. Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República de México. 2016. 207 pp (idioma: español)

La ingeniería de carreteras debe asumir como una obligación el diseño de infraestructuras en las que se minimicen los impactos medioambientales. En la guía elaborada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República de México podemos encontrar un muy buen ejemplo de cómo compaginar la protección de los recursos naturales y la necesidad de facilitar la movilidad por carretera para conseguir que el concepto carreteras sostenibles (sustentables en América Latina) se convierta en una realidad.



Publicación: “Continuous assessment of compaction quality”. Editado por Road Surface Technology . 2018. 200 pp. 14-19 (idioma: inglés)

<http://digital.worldhighways.com/2018/rst/html5/index.html?&locale=ESN&pn=15>



En la actualidad, la densidad de referencia es ampliamente utilizada para evaluar el nivel de compactación de las mezclas asfálticas. La densidad es comúnmente evaluada mediante testigos o con equipos nucleares de control de la densidad.

La tendencia actual a nivel de control de calidad es lograr un control de la totalidad de la superficie asfáltica extendida y compactada. El georradar (GPR, Ground-Penetrating Radar) es una tecnología de ensayo no destructiva que se está empezando a utilizar para evaluar la densidad y uniformidad de los pavimentos asfálticos

El GPR identifica, en tiempo real, el nivel de compactación. Cuando las ondas electromagnéticas se emiten hacia el pavimento, el equipo detecta los materiales con diferentes propiedades dieléctricas, tales como aire y la superficie del pavimento. Parte de las ondas son reflejadas de nuevo al receptor y las ondas recibidas incluyen información sobre la constante dieléctrica de la mezcla bituminosa. Cuanto mayor sea la constante dieléctrica mayor será la densidad.

El Departamento de Transporte de Minnesota (MnDOT) ha estado evaluando la tecnología durante años y ya dispone de planes para la Implementación en el control de calidad de la compactación de las mezclas bituminosas en caliente. Además, por medio del programa SHRP2, la experiencia de MnDOT ha sido replicada en otros estados de EE.UU. En el siguiente enlace se pueden encontrar las citadas experiencias de verificación de la tecnología.

http://shrp2.transportation.org/Pages/R06C_MN_Peer_Exchange2.aspx

I+D+i. Proyectos destacados



La innovación puede provenir no solo de los productos/tecnologías sobre los que se enfocan los proyectos de I+D+i sino de la forma en la que se administran los recursos humanos y materiales o de los procedimientos de gestión de los sistemas de licitación, como es el caso de la compra pública innovadora.

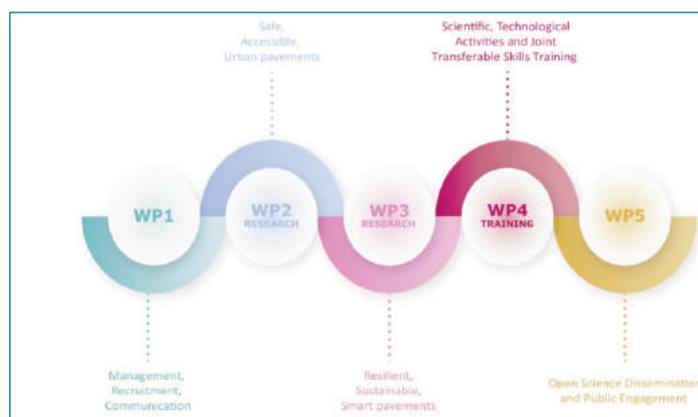
El proyecto SAFERUP, coordinado por la Universidad de Bolonia y financiado por el programa europeo H2020 a través de las acciones Marie Skłodowska-Curie se diferencia de las convocatorias temáticas convencionales por centrarse en el apoyo a la formación del personal investigador. Los objetivos principales del proyecto son:

- Formar investigadores y profesionales de alto nivel con gran experiencia en el campo de los materiales de pavimentación reciclados, inteligentes y duraderos, usuarios vulnerables y seguridad vial, accesibilidad y protección de peatones, sistemas de gestión del agua y biorremediación, simuladores de comportamiento y herramientas de evaluación del ciclo de vida, geotermia vial, energía, recolección de energía y tecnologías de auto-detección.
- Aumentar la empleabilidad y ayudar a satisfacer la creciente demanda de investigadores y gerentes cualificados que los preparan para unirse a industrias, empresas, centros de investigación, universidades e instituciones de gestión locales o nacionales relacionadas con SAFERUP.

- Impulsar las fronteras científicas del diseño, la construcción y la gestión de pavimentos urbanos para proporcionar a las ciudades entornos más habitables y espacios más seguros, accesibles y sostenibles para la movilidad.
- Consolidar y ampliar la red de colaboraciones entre los socios mediante la creación de una base de investigación y formación integrada a largo plazo en la UE que reúna a universidades, institutos de investigación, empresas industriales y partes interesadas activas en disciplinas clave de investigación, desarrollo y gestión.
- Mejorar la transferencia de conocimiento entre la academia y la industria en ambas direcciones y obtenga el valor total de la red mediante la difusión de resultados en revistas científicas, revistas de comercio y conferencias internacionales de acceso abierto revisadas por pares y desarrollando soluciones innovadoras para los pavimentos urbanos del futuro.

Está previsto que 15 doctorandos completen sus tesis doctorales con las temáticas que son objeto de estudio en el proyecto. La estructura del trabajo a realizar se muestra en el siguiente esquema:

Por parte de España, participan las siguientes organizaciones: Universidad de Cantabria, CEPESA, TECNALIA y la Fundación ONCE.



#IRMD2019

• I N T E R N A T I O N A L •

Road Maintenance Day

Conservar las carreteras es
preservar el medioambiente

4 de abril de 2019

www.roadmaintenanceday.org

El IRMD es una iniciativa global en defensa
de la conservación de carreteras para
combatir el cambio climático

Impacto IV Jornada Técnica Nacional de ATEB

El pasado 22 de noviembre de 2018 se celebró en el Campus de Alcobendas de la Universidad Europea de Madrid @UEuropea, la IV Jornada Técnica Nacional de ATEB @ateb_es (Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas).

El programa establecido para dicha Jornada se desarrolló en cuatro sesiones de trabajo en las que se incluyeron ponencias y mesas redondas con debates muy interesantes relativos a la actualización y adaptación de la normativa de emulsiones bituminosas y de sus técnicas de pavimentación; casos de buenas prácticas en obra; técnicas que permiten el empleo del reciclado de firmes; herramientas para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV); etc.

En definitiva, un programa diseñado para satisfacer las necesidades concretas de la conservación y construcción de carreteras, a través de nuevos conceptos y estrategias, como el de la Economía Circular, donde los términos de reducir, reutilizar y reciclar marcarán las prioridades en los firmes de las carreteras, y donde las técnicas basadas en el empleo de emulsiones bituminosas serán fundamentales para actuar bajo los principios de la Economía Circular y la Descarbonización de nuestras actividades.

Todos estos temas generaron sin duda gran interés en las redes sociales, donde a través del hashtag #JornadaATEB se generaron casi 1.200 tuits, desde 108 cuentas diferentes, lo que supone un impacto de 6,5 millones de impresiones.



Ilustración 1: Tuit de @ateb_es con los impactos de la #JornadaATEB.

Impacto IV Jornada Técnica Nacional de ATEB

Las Jornadas fueron retransmitidas en streaming HD en directo, como ya es habitual en las Jornadas de ATEB, a través del cual se conectaron asistentes desde 16 países; cuyos países de origen han sido tan diversos como: España (41,46%), México (15,85%), Argentina (9,76%), Chile (7,32%), Perú

(6,10%), Venezuela (4,88%), Costa Rica (2,44%), y Ecuador (2,44%).

Resulta muy significativo que más de la mitad de los usuarios conectados on line hayan sido de otros países, lo cual ya viene siendo habitual en las jornadas del sector viario, gracias a este nuevo formato de retransmisión de los eventos.

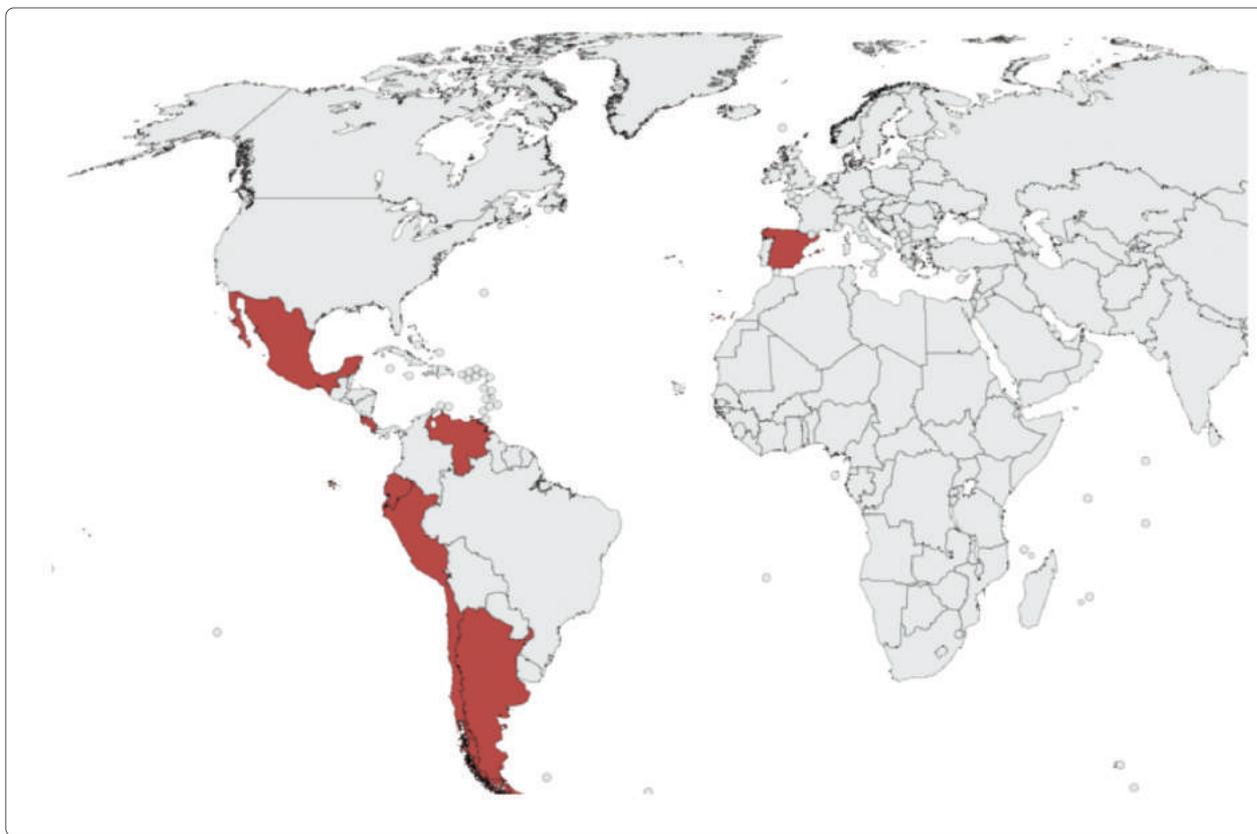


Ilustración 2: Distribución mundial de las conexiones vía streaming a la #JornadaATEB.

Observatorio del sector

Esta es la tabla de la primera estimación presentada en la Asamblea General de Asefma 2019.

A partir de los consumos de betún ofrecidos por los 4 suministradores de España: Cepsa, Repsol, Galp y Ditecpesa.

Estos datos se confirmarán con la estadística de producción anual 2018, que esta en elaboración, a partir de los socios fabricantes de Asefma.





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

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