

ASFALTO

y pavimentación

Número 43 · Volumen XI · Cuarto trimestre · 2021

número **43**

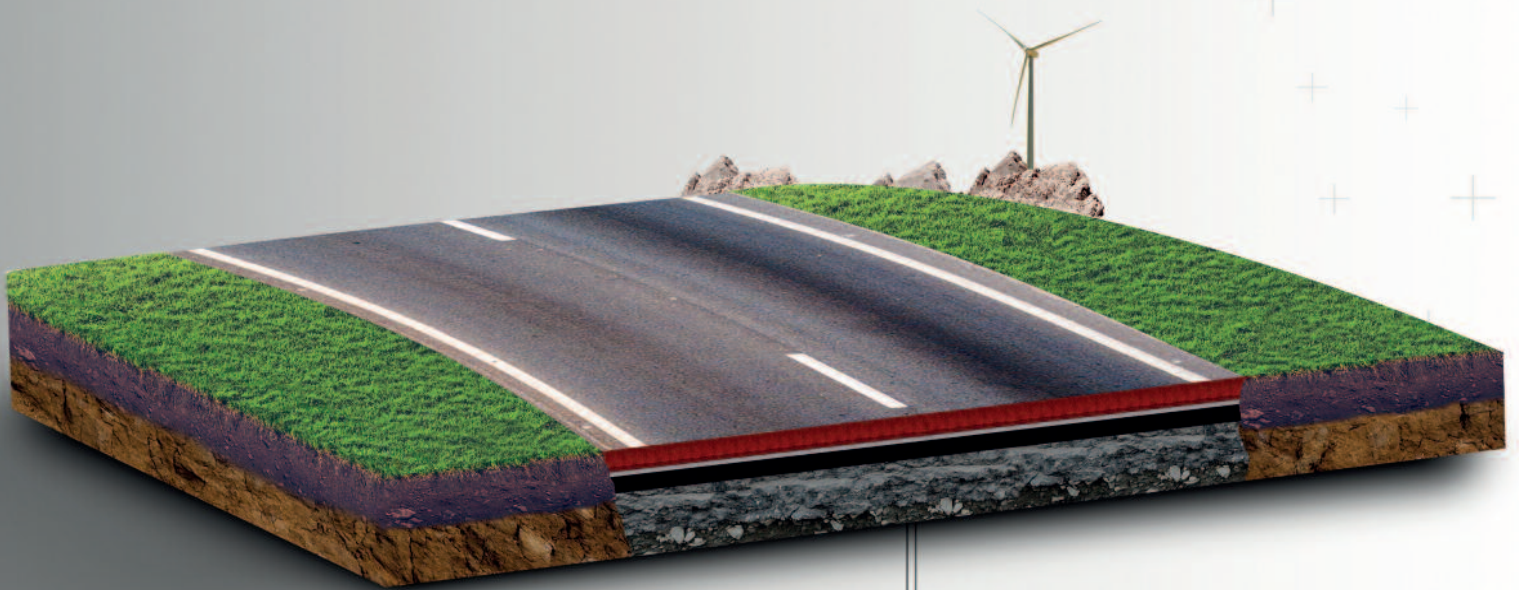




DESCUBRE LA GAMA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Gracias a las **mejoras en la Gama de Emulsiones de Cepsa**, disfruta de soluciones específicas para cada aplicación y optimiza las prestaciones de cada tratamiento.

INFÓRMATE EN **cepsa.es**



Riegos de adherencia
Otros riegos auxiliares
Microaglomerados y Lechadas
Mezclas templadas

Riegos de adherencia termoadherente
Tratamientos superficiales con gravilla
Mezclas bituminosas en frío
Reciclados con emulsión

CEPSA

Tu mundo, más eficiente.



Número 43 · Volumen XI
Cuarto trimestre · 2021

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

María del Mar Colás,
Andrés Costa, Jesús Felipo,
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 43 · Volumen XI · Cuarto trimestre · 2021

Editorial

Y tras la pandemia, el alza de los precios

05

Tribuna

Pepe Soto

07

Tribuna

Lucía Miranda

09

Tribuna

María del Mar Colás

11

La carretera es la cantera: 100% reciclado

Nuria Uguet Canal - Teresa Marín Cuenda
Alfonso Pérez García - Yannick Marquet - Olivier Petry
Jacques-Antoine Decamps - Nathalie Paquet

13

Secciones fijas

Ensayos, Normativa

25

Patologías de los Pavimentos

Andrés Costa

31

Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado

Rey Omar Adame Hernández - Jorge Vázquez Camacho - Ignacio Cremades
Ibáñez - Israel Sandoval Navarro

39

Secciones fijas

Mirando al Pasado, Noticias del Sector; Calendario, Lecturas
recomendadas, Observatorio de Sector; Digitalización del
Sector; Afirmaciones Asfálticas

49

DANOX[®] RAP-100

**UNA NUEVA VIDA
AL BETÓN ENVEJECIDO**



**LA SOLUCIÓN SOSTENIBLE Y
ECONÓMICA PARA AUMENTAR LA TASA
DE RAP EN MEZCLAS DE RECICLADO**



Y tras la pandemia, el alza de los precios

Redactamos este editorial en un momento de gran preocupación para el sector como consecuencia del alza de las materias primas, en general, y de los combustibles, la energía y el betún, en particular. El betún lleva unos meses encadenando subidas que han hecho que esta materia prima, haya tenido una subida acumulada en este año 2021 de más del 30%.

Esta situación añade un factor de incertidumbre enorme en el desarrollo de las obras. Hemos pasado muchos años desde esta revista reclamando un incremento sustancial de las inversiones en la conservación de carreteras y más concretamente en el refuerzo de los firmes de nuestra red de carreteras. Este año, por fin, se ha producido un año mucho mejor que los anteriores en la licitación de obras de refuerzo de firmes (además de los ayuntamientos y algunas autonomías, es muy notable el esfuerzo realizado por el MITMA en este año) y parece que las perspectivas para el año 2022 también pueden ser buenas pero parece que una vez resuelto el problema fundamental, la falta de obras, aparece con mucha fuerza una circunstancia que puede alterar enormemente el normal desarrollo de nuestra actividad. La subida de los precios de las materias primas y de la energía.

Este sector ha pasado a ser noticia en los medios de comunicación generalistas y en la prensa y lo somos como consecuencia de la subida experimentada por los precios actuales de la mezcla bituminosa. No es un caso aislado, la madera, el acero y otros muchos materiales han experimentado una subida de precios anormal en este año 2021, además de los combustibles y la energía. La noticia radica en que la mezcla bituminosa es uno de los productos de la construcción y conservación de carreteras que más han subido en este año. Hasta aquí es simplemente un ejercicio informativo y descriptivo.

El lector de esta revista seguro que ya conoce perfectamente esta situación y las consecuencias que ya está generando. Lo que es más grave es que desde hace unos años no exista un fórmula que permita actualizar o minimizar estas subidas del betún, de los combustibles o de la energía. Los índices de revisión de precios se acabaron en la época

del Ministro Montoro con su famosa ley de desindexación de los precios para luchar contra la gran crisis económica que nos dejó el gobierno de Zapatero. Desde entonces, la situación sigue igual y la mezcla bituminosa no “tiene derecho a la revisión de sus precios”.

Si combinamos ambas situaciones, una subida anormal del betún, combustibles y la energía y además una imposibilidad de repercutir estas subidas en los contratos de construcción o de conservación para el refuerzo de firmes, el problema ya está creado pero desgraciadamente, la situación problemática no acaba aquí. Además, en la Ley 9/2017 quedan excluidos de la revisión el primer 20% ejecutado y los dos primeros años transcurridos desde la formalización. Por tanto, los contratos de refuerzos de firmes no tienen derecho a la revisión de precios (nada de nada) durante los 2 años siguientes a su contratación de modo que el problema ya no es tan solo buscar tal o cual fórmula, el problema es que hay que cambiar la ley y eliminar o reducir al mínimo este periodo de 2 años que además de ser excesivo y arbitrario hace que la situación se vuelva absolutamente imposible.

Vivimos una coyuntura que afecta especialmente a las empresas que tienen firmados contratos públicos plurianuales sin fórmula de revisión de precios y, precisamente, este es el caso de las empresas de conservación de carreteras, cuyos contratos con la Administración normalmente tienen una duración que alcanza entre los 5 y los 6 años (para los contratos de explotación) y la no revisión de precios para los contratos de rehabilitación (refuerzos de firmes) durante los 2 primeros años del contrato.

En este negro panorama parece que hay un Real Decreto que se está redactando para buscar una solución coyuntural a esta grave situación. Desde esta revista pedimos que se aborde el problema de manera no coyuntural sino que se haga como en el resto de los países europeos y se actualicen los precios de los contratos automáticamente y siempre, esto es, sin periodos de carencia. No hay otra solución sostenible.



Madrid, 14 y 15 de Diciembre de 2021

XVI Jornada Nacional asefma 2021

PROVISIONAL

PROGRAMA

**XVI Jornada Nacional
asefma 2021**

Madrid, 14 y 15 de Diciembre de 2021

#XVIJornadaAsefma

**Análisis de la evolución
de la pavimentación
en los últimos 50 años
y mirada al futuro bajo
la perspectiva actual**

Hotel Canopy by Hilton Madrid Castellana
Plaza Carlos Trias Bertrán, 4 - 28020 Madrid

Jornada presencial / digital en entorno virtual

Coordinador:

Dr. Ing. Ángel Sampedro

Organiza:

 asefma

T.: 91 129 36 60 / M.: 680 210 537 - e-mail: asefma@asefma.com.es
www.asefma.es

Patrocinan:



Jornada presencial

Análisis de la evolución de la pavimentación en los últimos 50 años y mirada al futuro bajo la perspectiva actual

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  #XVIJornadaAsefma



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26 T.: +34 911 293 660 / M.: 680 210 537
28020 Madrid F.: +34 911 293 566
www.asefma.es E.: asefma@asefma.com.es

¿QUÉ MODELO DE FINANCIACIÓN ELEGIRIAN LAS CARRETERAS DE ESPAÑA ...SI ELLAS PUDIESEN ELEGIR?



José Antonio Soto
Miembro de la revista
Asfalto y Pavimentación

 @soto228pepe

Existiendo ya varias alternativas al posible Modelo de Financiación para la Conservación de Carreteras (Peaje por tarifas medias europeas, "Bonus" y Viñeta), por el compromiso adquirido desde el Gobierno Central ante Europa, sobre la instauración de un sistema de "Pago por Uso" de la red de carreteras del Estado para 2024 (tal como se recoge en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia presentado a la comisión europea) y teniendo en cuenta que actualmente todas nuestras vías de comunicación están necesitadas de una conservación curativa, sería interesante, haciendo un esfuerzo de imaginación, escuchar qué opinan ellas al respecto, qué orden de prioridad según sus necesidades más urgentes y cuál de los sistemas propuestos les parecería más interesante, antes de que unos algoritmos, basados en los Big- Data, sean los que decidan qué camino tomar, ya que al fin y al cabo son ellas las sufridoras directas de la desinversión en conservación de los últimos años.

Visualicemos pues un Congreso en donde los asistentes fuesen representantes de las carreteras – Vías Rápidas (VR), Carreteras Nacionales (CN), Carreteras Autonómicas (CA), Carreteras Comarcales (CC) etc. – y se debatiera cuáles deberían ser las primeras en recibir esos presupuestos, tan deseados, obtenidos del Pago por Uso de los vehículos.

A la propuesta del **Peaje por tarifas medias europeas**, previa instalación de pórticos controladores en las V.R., las opiniones derivarían en este sentido:

VR.:

"Si los vehículos van a pagar por el uso de nuestras vías, lo lógico es que la recaudación se aplique en la conservación que necesitemos y así podrán circular más cómodamente y, si sobra algo que lo utilicen en las vías que más lo necesiten". Y no se preocupen por el aumento de kilómetros que supone la incorporación de las autopistas de peaje ya que, el haber dependido su conservación, hasta ahora, de las concesionarias, ha hecho que estén estructuralmente sanas, por lo que con unos simples Microaglomerados en Frío las dejarán como nuevas. Esto también sería aplicable al resto de nosotras salvo alguna excepción".

Este argumento sería rápidamente cuestionado por el resto de carreteras.

CN, CA, CC":

¿Se están dando cuenta del incremento tan brutal de tráfico que vamos a tener debido al aumento de vehículos, especialmente pesados, por ahorrarse ese peaje?, por no hablar de la peligrosidad que supondrá ese incremento de tráfico y el deterioro que se produciría en nuestros pavimentos, ya de por sí deficientes, amén del incremento de emisiones de GEI como consecuencia del tráfico más lento y el mal estado en que nos encontramos. Por todo esto, opinamos que si adoptan esta solución, los primeros presupuestos sean para nosotras y así tener vías alternativas en buen estado y seguras para los que no quieran pagar ese

¿QUÉ MODELO DE FINANCIACIÓN ELEGIRÍAN LAS CARRETERAS DE ESPAÑA...SI ELLAS PUDIESEN ELEGIR?

nuevo peaje. Y no nos extrañaría que en unos años, a todos los vehículos que circulen sobre nosotras, por ser más contaminantes, les apliquen una tasa medioambiental" "Así pues, no empeceemos la casa por el tejado y antes de adoptar este tipo de pago, reforzemos nuestras vías para evitar su ruina total".

"Por cierto, hasta ahora, se nos ha catalogado como T2, T3 o T4 y con el incremento de vehículos pasaríamos a ser tráfico más pesados por lo que exigimos que nuestra conservación sea acorde con esta nueva clasificación".

Otra propuesta de financiación más novedosa pero que implicaría una puesta en marcha más compleja, es la implantación de un "bonus" por el que pagarían más los vehículos que más utilicen las carreteras con una franquicia de un número a determinar de km sin coste alguno para el usuario, y los más contaminantes. Pero qué dirían las carreteras ante este sistema:

VR.:

"Las VR estamos de acuerdo, pero ya que los vehículos que más km hacen al año son nuestros usuarios esta recaudación debe redundar en nuestra conservación ya que además repercutiría de forma positiva en la disminución de GEI"

CC, CA.CN.:

"El resto de vías, y especialmente las CC, no podemos aceptar el argumento de las VR ya que conllevaría una gran desinversión en el resto de vías por ser mucho menor el número de usuarios, aunque estaríamos de acuerdo siempre que la recaudación repercuta según las necesidades de cada una de nosotras. Si estamos de acuerdo en que los vehículos más contaminantes se les penalice, pero si quieren que disminuyan las emisiones hagan una conservación adecuada de todas nosotras"

El tercer sistema que se discutió fue el denominado de la **viñeta**. Con este sistema cada vehículo paga un impuesto, similar al "numerito" de los ayuntamientos y con el cual los vehículos podrían circular por cualquier carretera dentro del territorio nacional.

CN, CA, CC, VR.

"Creo que todas estamos de acuerdo con este sistema por ser el más fácil y rápido de implantar y por tanto de comenzar a tener fondos para los proyectos de conservación más urgentes. Pero siempre y cuando, lo recaudado **se destine a la red de carreteras**

Si las carreteras vamos a ser protagonistas en la Agenda de la UE 2030 para el Desarrollo Sostenible, queremos que este protagonismo se perciba en la mejoras de nuestros pavimentos y de esa manera contribuiremos a esa reducción de GEI y a una mejora en seguridad vial.

Y no se olviden los representantes del Ministerio, que sobre nosotras y gracias a que existimos circulan vehículos que se dejan al año, en impuestos, la friolera de 30.000 millones de euros, por lo que nuestro objetivo prioritario es satisfacer a nuestros usuarios de la mejor manera posible y es que cuando circulen sobre nosotras se sientan cómodos y seguros, que no se distraigan por evitar un bache ni por la mala señalización.

Otro tema que no hemos tocado es el relativo a los empleos directos, amén de los indirectos, que generarían estas inversiones.

Resumiendo, no pedimos inversiones por pedir, pedimos porque con estas obras de conservación estaríamos reduciendo las emisiones, aumentando la seguridad y creando empleo, sin olvidar que la gran política de nuestra conservación debe ir orientada y basada en prevenir no en curar. Más no se puede dar teniendo en cuenta que lo que pedimos nos corresponde".

El moderador, vistos los comentarios sobre el pago por Viñeta, da por terminada la jornada, comprometiéndose a enviar al Ministerio esta propuesta como la elegida por unanimidad por las carreteras.

LA XVI JORNADA NACIONAL DE ASEFMA ANALIZA LA EVOLUCIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS



María Lucía Miranda
Miembro de la revista
Asfalto y Pavimentación

 @lmiranda01

La publicación de este número 43 de la revista coincide con la celebración de la XVI Jornada Nacional de Asefma, que se celebrará los días 14 y 15 de diciembre en formato tanto digital como streaming HD, retomando la forma presencial, teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad requeridas por la situación del COVID 19 y además en formato virtual VR/2D. Será el primer evento de este sector en el mundo que se desarrolle en los 3 sistemas al mismo tiempo: presencial, digital (streaming HD y redes sociales) y además virtual VR/2D.

Esta jornada lleva por título “Análisis de la evolución de la pavimentación en los últimos 50 años y mirada al futuro bajo la perspectiva actual” y pretende ser un adelanto, a dos años vista, de la celebración de los 50 años de la constitución de dos asociaciones claves en el sector de la pavimentación como son EAPA (1973) y ASEFMA (1974), complementada además con una perspectiva de lo que nos espera en el futuro en las infraestructuras de carreteras.

El programa de esta jornada muestra un contenido muy atractivo, con la presentación de la evolución que en estos 50 años, ha tenido lugar en todos los aspectos de la pavimentación desde la evolución de las plantas de fabricación de mezclas, así como los equipos de puesta en obra gracias a la automatización y digitalización, el desarrollo de nuevos ligantes bituminosos que han permitido y permiten aumentar la durabilidad de las mezclas, la evolución en los tipos de

mezclas bituminosas cada vez con mayores prestaciones y con un comportamiento, que se ha ido mejorando de cara a los retos futuros de sostenibilidad y economía circular y todo ello, sin olvidar la evolución que las empresas del sector han experimentado para adaptarse a los nuevos tiempos, así como a los futuros requisitos de eficiencia.

Todos los temas serán expuestos y debatidos en mesas redondas con un amplio abanico de técnicos del sector entre los que se encuentran los que actualmente están en activo, así como técnicos que en los últimos años han pasado a su jubilación, y que son los que más conocen la evolución que se ha experimentado en estos 50 años, donde ha coincidido con casi toda su vida laboral.

El programa también abordará una visión a futuro del sector de la pavimentación sobre todo teniendo en cuenta el papel de la infraestructura de transporte por carretera ante los vehículos autónomos, los vehículos conectados, la transformación energética, ..., aspectos todos ellos analizados por el sector de la pavimentación con la participación de fabricantes de mezclas bituminosas, fabricantes de plantas, fabricantes de ligantes bituminosos, representantes de asociaciones como EAPA, PIARC, EUROBITUME, IBEF y ASEFMA, así como representantes de la administración nacional y de comunidades autónomas.

El final de la jornada se completará con la exposición de las comunicaciones presentadas como Mejores Prácticas Am-

LA XVI JORNADA NACIONAL DE ASEFMA ANALIZA LA EVOLUCIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS

bientales de las cuales aquella que sea seleccionada como la mejor, se le otorgará el premio MPA 2021. También se hará entrega de los premios Asfaltero 4.0 para aquella persona/entidad que durante la jornada haya interactuado de manera más activa en las redes sociales, así como también se entregarán premios a personas/entidades destacadas por su trayectoria profesional.

Tal y como se ha indicado al inicio, se trata de una jornada muy atractiva y que puede servir como un paréntesis para recordar todo lo que se ha hecho y a partir de aquí, poder hacer una crítica con el fin de valorar y seleccionar aque-

llo que se considere útil como referencia, y ser utilizado para su mejora de cara a un futuro cada vez más exigente tanto en aspectos técnicos como en aspectos medioambientales y sobre todo para su adaptación a los nuevos retos que se nos presentan.

Se anima a todos los técnicos la presencia en esta jornada en cualquiera de los formatos disponibles, y sobre todo a las futuras generaciones de este sector en donde podrán tener, de primera mano de los expertos, toda la experiencia, que ha sido mucha, de estos 50 años para abordar el futuro de la pavimentación que nos llega

#96

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas drenantes permiten una amplia visibilidad en condiciones de lluvia proporcionando una rodadura cómoda y segura”

#CONFORT_Y_SEGURIDAD

ATEB CUMPLE 20 AÑOS DE ACTIVIDAD EN CONTINUO CRECIMIENTO



La Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) es una asociación técnica vinculada al sector de la carretera que, desde su constitución en el año 2002, se ha dedicado a la defensa de los valores aportados por la Emulsión Bituminosa y las técnicas que conllevan su empleo en la pavimentación de carreteras. El trabajo que se lleva a cabo desde ATEB tiene siempre un enfoque técnico y representa el liderazgo tecnológico de un sector que permite posicionar a las

técnicas con emulsión, como alternativas viables en la construcción y mantenimiento de nuestras carreteras.

En breve ATEB cumplirá 20 años y sus objetivos se han ido logrando año tras año gracias a una estructura sencilla, que permite diversificar el talento que aportan sus asociados en las diferentes áreas de gestión, así como a través de los diez grupos de trabajo de su Comité Técnico.



ATEB CUMPLE 20 AÑOS DE ACTIVIDAD EN CONTINUO CRECIMIENTO

En la última década, ATEB ha experimentado un crecimiento tanto en número de socios como en su actividad. Convencidos de que la emulsión bituminosa pone al servicio de las carreteras soluciones sostenibles adaptadas a cada necesidad y que las técnicas con emulsión bituminosa son claves en la Economía Circular, ATEB hace partícipe a todo el sector de las novedades e innovaciones que tienen que ver con estas técnicas y de los retos que asume en su promoción. Para ello, utiliza herramientas como la formación, la comunicación, la puesta en valor de sus asociados y el fomento de relaciones institucionales fruto del grado de reconocimiento adquirido a lo largo de todos estos años.

ATEB es una asociación que ha afrontado con éxito el relevo generacional que se ha ido produciendo a lo largo de los años. Los expertos que, con ilusión y motivación, iniciaron este proyecto han ido dando paso a otros más jóvenes, pero también expertos, que han sabido coger el testigo de sus predecesores en las diferentes empresas fundadoras para seguir promoviendo y defendiendo en el sector el empleo de las técnicas con emulsión bituminosa.

Desde la Presidencia se cree que el entorno actual es muy favorable para el sector de las emulsiones bituminosas y que ATEB tendrá mucho que aportar al sector en los próximos años. Inmersos en acciones que aporten soluciones para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, la estrategia española de Economía Circular define como objetivos una mayor eficiencia en el uso de recursos, la reducción en la generación de residuos, así como el aprovechamiento de aquellos residuos que no pueden evitarse. Las técnicas de pavimentación con emulsiones bituminosas, tanto en frío como en templado, permiten el cumplimiento de estos tres objetivos globales ya que se fabrican a temperatura ambiente o, en el caso de las mezclas templadas, por debajo de 100°C lo que reduce un uso de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero. Además, son 100% reciclables y permiten la reutilización de hasta el 100% de mezclas asfálticas envejecidas al finalizar su vida útil, lo que encaja a la perfección con la economía circular y el objetivo de reducción en el uso de recursos naturales.



Podría decirse que, de los 17 ODS, las técnicas con emulsiones se encuentran muy alineadas en el cumplimiento de varios de ellos.

Por todo ello, las técnicas con emulsiones deben ser más que nunca consideradas como una alternativa atractiva y fiable en las actuaciones de fabricación y puesta en obra de mezclas asfálticas durante las obras de construcción, conservación y rehabilitación de nuestras carreteras.

Para lograr estos objetivos, además de promover el empleo de las soluciones clásicas con emulsiones bituminosas, ATEB seguirá trabajando en la propuesta de soluciones innovadoras que se adapten a las necesidades de nuestras carreteras, considerando también los aspectos asociados con la movilidad futura.

Desde su página web www.ateb.es ATEB proporciona una plataforma útil para que nuestra industria y todos los actores interesados se mantengan actualizados sobre los resultados y publicaciones de interés, sobre las áreas de innovación en las técnicas con emulsión y noticias de interés. Adicionalmente, consideramos que la comunicación entre asociados y con el sector es clave y por ello, ATEB mantendrá su presencia en redes sociales (Facebook, Twitter, LinkedIn) y en su canal de YouTube dando promoción a las técnicas con emulsiones y proponiendo debates de interés.

Para finalizar, hay que destacar el compromiso de ATEB con las jornadas de formación a nuevos profesionales en las universidades españolas, la realización de los #seminarioATEB virtuales realizados durante la pandemia de la COVID y la Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas, cuya quinta edición celebraremos en 2022, coincidiendo con su 20 aniversario y en la que os esperamos a todos.

La carretera es la cantera: 100% reciclado

Nuria Uguet Canal,
nuria.uguet@eurovia-es.com
Teresa Marín Cuenda,
teresa.marin@eurovia-es.com
Alfonso Pérez García,
alfonso.perez@eurovia-es.com
Yannick Marquet,
yannick.marquet@eurovia.com

Olivier Petry,
olivier.petry@eurovia.com
Jacques-Antoine Decamps,
jacques-antoine.decamps@eurovia.com
Nathalie Paquet,
nathalie.paquet@eurovia.com

La reducción de residuos mediante su reincorporación a la cadena productiva es una necesidad emergente para reducir el impacto ambiental de las actividades industriales. Además, la valorización de residuos es una alternativa interesante para aumentar y diversificar la actividad de las empresas.

En el caso de las mezclas bituminosas, se llevan produciendo experiencias de reciclado y reutilización de material proveniente de fresado con resultados positivos desde hace más de tres décadas. Mientras tanto, se estima que en España se generan 1,5 millones de toneladas anuales de residuos de mezclas asfálticas. La obligatoriedad de incorporar material fresado en las mezclas asfálticas es cada vez más acuciante, ya que constituye una solución medioambientalmente sostenible y muy rentable desde el punto de vista económico para el mantenimiento de carreteras, minimizando las molestias directas e indirectas durante la fase de construcción, y reduciendo la huella ambiental de las operaciones de rehabilitación. El presente artículo propone una novedosa metodología de fabricación que permite, por primera vez a nivel mundial, la elaboración de una mezcla asfáltica en caliente empleando un 100% de material obtenido del fresado de carreteras como materia prima mineral. Esta tecnología se ha aplicado en una autovía de alta intensidad de tráfico en todas las capas de ésta (base, intermedia y rodadura) con excelente resultado.

Palabras Clave: Reciclado, carretera, fresado, aglomerado, ligante.

The reduction of waste through its reincorporation into the production chain is an emerging need to reduce the environmental impact of industrial activities. Furthermore, the recovery of waste is an interesting alternative to increase and diversify the activity of companies.

In the case of bituminous mixtures, experiences of recycling and reuse of material from milling have been produced with positive results for more than three decades. Meanwhile, it is estimated that in Spain 1,5 million tons of asphalt mix waste are generated annually.

The mandatory incorporation of milled material in asphalt mixes is becoming more and more pressing, as it constitutes an environmentally sustainable and very cost-effective solution for road maintenance, minimising direct and indirect disturbance during the construction phase, and reducing the environmental footprint of rehabilitation operations. This paper proposes a novel manufacturing methodology that allows, for the first time in the world, the production of a hot mix asphalt using 100% road milling material as the mineral raw material. This technology has been applied on a motorway with high traffic intensity in all its layers (base, intermediate and wearing course) with excellent results.

Keywords: Recycled, road, milling, chipboard, binder.

1. INTRODUCCIÓN

Desde principios del siglo XXI, el reciclaje de mezclas asfálticas experimentó un nuevo auge vinculado, por un lado, a recomendaciones de la Administración con la redacción de la circular OC 8/2001, relativa a la reutilización de fresado en la red de carreteras del estado y, por otro lado, a los avances tecnológicos de los fabricantes de plantas de mezcla bituminosa. Esta normativa se revisó y actualizó en 2017 permitiendo mayores porcentajes de material fresado.

Tanto Administración como empresas del sector han podido ofrecer nuevas soluciones de mantenimiento de carreteras empleando una proporción creciente de materiales reciclados, pero también integrando el impacto social y ambiental que se debe tener en cuenta más que nunca.

A título comparativo, el consumo de fresado es del orden del 80% en algunos países europeos como Alemania y Holanda, o en Estados Unidos, y cerca del 100% en Japón. Probablemente, la tasa de renovación del parque de plantas asfálticas sea una explicación, aunque no todos los equipos tienen la capacidad de reciclar altas tasas. Las diferencias en la climatología también pueden influir sobre todo en otoño e invierno, cuando las temperaturas son más bajas y/o la probabilidad de lluvia mayor. También se observa un impedimento no menos importante que los dos anteriores: el cambio de hábitos. Se tiene la imagen de que las mezclas con fresado son de peor calidad que las mezclas con 100% de árido virgen. Para mitigar esta imagen de este tipo de mezclas, se están haciendo estudios en diferentes países para demostrar que la calidad de estas mezclas es comparable a las mezclas sin fresado.

2. BENEFICIOS DE UN PROYECTO CON MEZCLAS CON UN 100% DE MATERIAL FRESADO

Los beneficios de un proyecto de reciclado 100% en caliente son múltiples:

- Superar las barreras tecnológicas que limitan hasta ahora la tasa de reciclaje de las mezclas en caliente.
- Proponer una solución ecológica y económica para la construcción y mantenimiento de pavimentos con una disminución significativa de la huella ambiental de una operación de mantenimiento de carreteras.
- Reducir las molestias directas e indirectas generadas por la construcción de carreteras.

"La carretera 100% reciclado" es un concepto que integra:

- Planta asfáltica móvil sin precedentes.
- Investigación en laboratorio para ampliar el conocimiento de corrección de ligantes y formulaciones de mezclas con tasas muy altas de fresado (entendiendo por corrección a la adición de aditivos que mejoren las propiedades del ligante existente en el fresado).
- Metodología de producción de un fresado que permita su incorporación a tasas muy altas en todo tipo de formulaciones de mezclas.
- Organización de la obra y de las herramientas adaptadas a las exigencias específicas para grandes obras de construcción.

Se presentó esta idea en Francia y fue seleccionada durante la convocatoria de proyectos "Camino al futuro" del Programa de Inversión (PIA, edición 2015), liderado por Ademe (Agencia de la transición ecológica francesa).

La obra experimental debía llevarse a cabo en condiciones reales para verificar la viabilidad técnica, económica y organizativa de la innovación.

En el contrato de conservación del tramo Pons/ Saint-Aubin-de-Blaye de la autopista A10 de la red ASF de Vinci Autopistas se aprovechó para proponer la realización de un tramo experimental. Tras un análisis técnico conjunto, se seleccionaron los siguientes tramos de obra:

- Un primer tramo consistente en una operación de fresado y reposición más refuerzo. Se trata de la renovación del carril lento de una mezcla gruesa 100% reciclada a 15 cm de espesor (fresado y posterior reposición) y la extensión de una capa de rodadura a ancho completo constituida por una mezcla bituminosa semidensa de 6 cm con un 95% de material fresado.
- En un segundo tramo se aplica una capa de rodadura de refuerzo con una mezcla bituminosa discontinua reciclada al 70% y puesta en obra en el marco de las obras de mantenimiento de la autopista (figura 1).

Hay que señalar que, paralelamente a esta prueba, se fabricaron y extendieron en toda la obra varias decenas de miles de toneladas de mezclas con una elevada tasa de reciclado (> 70%).

Después de más de dos años de investigación, en octubre de 2018 se ejecutó la carretera 100% reciclada.

El tramo experimental ha sido objeto de seguimiento de las

características de las mezclas durante un año. El proyecto Ademe «La carretera 100 % reciclada» concluyó en octubre de 2019. No obstante, con el fin de evaluar el comportamiento a lo largo del tiempo de estas fórmulas específicas, se tiene previsto proseguir este seguimiento a lo largo de tres años.

fluctuaciones de los precios:

- Minimiza la compra de materias primas: áridos y betún.
- Reduce el transporte.
- Reduce el consumo energético de la planta de fabricación. Al tratarse de una planta con un diseño único, con

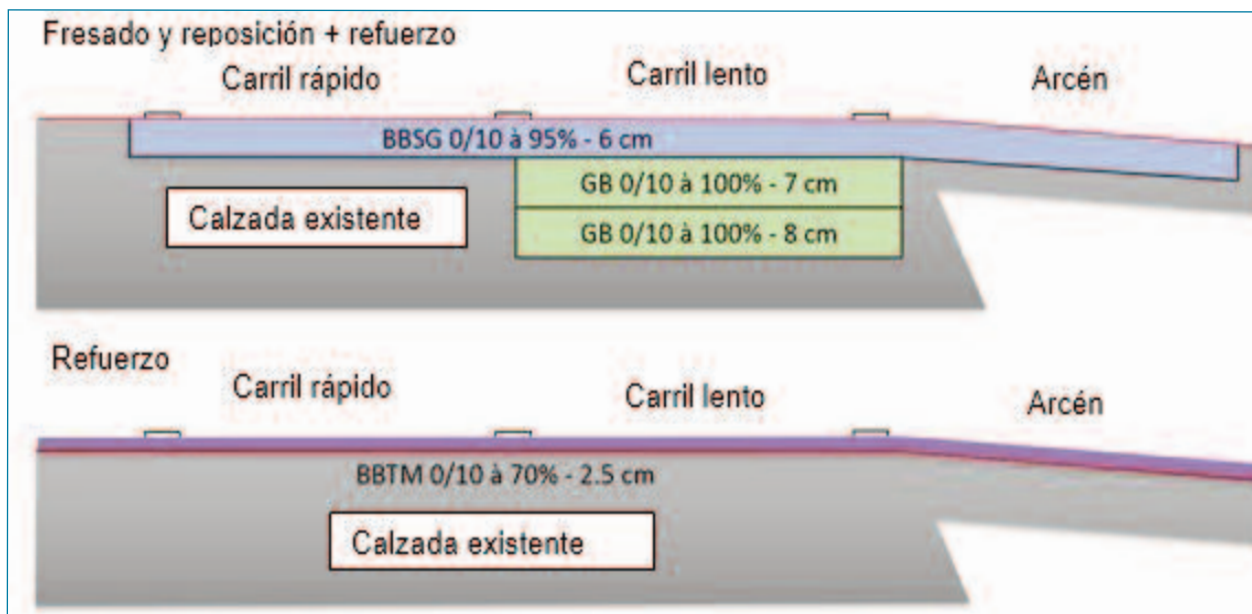


Figura 1. Estructura de los dos tramos de prueba

3. OBJETIVOS DE LA CARRETERA 100% RECICLADA

«La carretera 100% reciclada», se fijó numerosos objetivos.

3.1 Objetivos técnicos

Los impedimentos para llevar a cabo una carretera 100 % reciclada eran a la vez técnicos (control de los recursos), tecnológicos (maquinaria de producción) y organizativos (procesos industriales para la obra).

El objetivo consistía en valorizar plenamente el fresado proveniente de la carretera existente y demostrar la calidad técnica de una calzada renovada de esta manera.

3.2 Objetivos económicos

Los costes de las operaciones de mantenimiento en carretera representan cada año millones de euros. La carretera 100% reciclada contribuye a reducir la exposición de la actividad a las

un solo quemador pero dos tambores, el aire caliente que calienta el árido en el primer tambor, pasa por el segundo, calentando el fresado. Si comparamos este sistema con uno con un tambor y un quemador (donde el fresado no se precalienta, sino que el intercambio térmico se realiza por contacto entre el árido virgen y el fresado), el consumo energético en el caso de TRX-100 es inferior. Si se compara con una planta de doble tambor, el consumo con el sistema de Eurovia también será menor porque tiene un único quemador.

Los resultados de la evaluación de los ligantes recuperados de las mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando AM3 y AM3 LT se muestran en Tabla 3:

3.3 Objetivos sociales y medioambientales

La industria del transporte por carretera es esencial para mantener un nivel de servicio eficiente de las infraestructuras de transporte, lo que constituye un reto importante para una sociedad y su economía. Sin embargo, como toda actividad humana, es fuente de impactos directos o indirectos, positivos

La carretera es la cantera: 100% reciclado

o negativos para la sociedad. La carretera 100% reciclada se propone disminuir significativamente las principales molestias generadas por la construcción por carretera que son:

- El tráfico relacionado con el transporte de materias primas: fuente de contaminación atmosférica, ruido, etc... El tráfico de vehículos pesados daña la red de carreteras (genera costes indirectos relacionados con el mantenimiento de las carreteras). Con la carretera 100% reciclada, el tráfico por carretera relacionado con el transporte de materias primas se ha reducido en más de un 50%.
- El consumo de recursos naturales: la carretera 100% reciclada permite, por una parte, preservar las canteras de áridos y, por otra, reciclar in situ y en su totalidad del fresado producido en la obra, evitando el uso de vertederos.
- La contaminación del aire y el cambio climático: la carretera 100% reciclada contribuye a reducir significativamente las emisiones a la atmósfera.

La importante disminución de las molestias debe conducir a una mayor aceptación de las instalaciones (plantas de mezclas bituminosas) y de las canteras. La carretera 100% reciclada ha sido diseñada para reducir la huella ambiental de una operación de mantenimiento de carreteras.

4. LOS IMPEDIMENTOS

Como se apuntó anteriormente, es innegable que varios impedimentos tecnológicos limitaban el reciclaje en caliente a elevada tasa.

4.1 Calidad y homogeneidad de los recursos: control de los fresados

Sin áridos vírgenes de aportación, la producción de mezclas fabricadas a partir del 100% de fresado requiere de un control perfecto de la granulometría de los fresados entrantes, de su contenido en ligante y de las características intrínsecas de los áridos constitutivos de estos fresados. Ahora bien, los fresados suelen tener una curva granulométrica continua 0/20 y presentan en la mayoría de los casos una variabilidad importante de sus características. Por lo tanto, no es posible diseñar fórmulas de mezclas precisas sin recurrir a materiales de aportación (áridos y betún) y esto limita la tasa de incorporación de fresado.

El reto consiste, por tanto, en desarrollar nuevos procesos de tratamiento de fresado eficaces y fiables.

4.2 Tecnología de las plantas de aglomerado

Los áridos del fresado no soportan el contacto directo con la llama del quemador; las altas temperaturas provocan la degradación de la película de ligante y generan emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV). Por lo tanto, el calentamiento del fresado se realiza generalmente por intercambio térmico con áridos vírgenes previamente calentados entre 250 y hasta más de 300°C. El principio consiste en introducir fresado en el tambor lejos de la llama en el anillo de reciclaje, en una zona donde la temperatura de los gases no es excesiva.

Existen plantas fijas de aglomerado que deberían ser capaces, al menos en teoría, de producir mezclas con fresado al 100%. Sin embargo, estas plantas de producción son complejas, voluminosas y no están diseñadas para ser trasladadas de una obra a otra. El reto consistía, por tanto, en diseñar un nuevo tipo de planta de aglomerado móvil, eficiente, de bajo impacto medioambiental y capaz de reciclar el 100% del fresado, un equipo que no existía en el mercado.

4.3 Durabilidad de las mezclas con alta tasa de reciclado: corrección de ligantes

La calidad de los ligantes es un parámetro esencial en la durabilidad y el comportamiento de la mezcla. Ahora bien, el betún contenido en el fresado presenta características heterogéneas y está endurecido. En los procesos con una tasa de reciclado muy elevada, la principal dificultad reside en la capacidad de regenerar las características reológicas del ligante minimizando las aportaciones externas (betún de aportación, aditivo de reciclado). Para ello es necesario responder a varias preguntas: ¿Cómo favorecer la regeneración del betún presente en el fresado durante su paso por la planta de aglomerado? ¿Cómo seleccionar los aditivos adecuados (en términos cualitativos y cuantitativos)? ¿Cómo garantizar una mezcla homogénea en la instalación? ¿Cómo predecir el comportamiento en el tiempo de la nueva mezcla fabricada?

El reto consiste en desarrollar las reglas de corrección de los ligantes del fresado y utilizar aditivos en la formulación de mezclas con tasa elevada de reciclado.

5. LAS SOLUCIONES

Se diseñó y desarrolló la carretera 100% reciclada, constituida por más del 95% de fresado, con los aditivos necesarios para la corrección de ligantes. Esta calzada cumple todas las especificaciones técnicas de una calzada tradicional, minimizando al mismo tiempo la huella medioambiental.

Las innovaciones desarrolladas pretenden solventar los tres impedimentos tecnológicos actuales que se refieren a la vez a los métodos, los equipos y los procedimientos:

- En el caso de los retos relativos a calidad y homogeneidad de los fresados y durabilidad de las mezclas recicladas, se demostró a gran escala el control de la elaboración y la utilización de fresado. Esto también puso a prueba los métodos desarrollados en el laboratorio de corrección de ligantes.
- Para el reto relativo a la planta de producción, se ha co-desarrollado una planta de aglomerado móvil de nueva generación (foto 1).

- La primera consiste en el análisis histórico de la obra, generalmente conocido en la red de autopistas adjudicada, con el fin de tener una primera aproximación de la naturaleza de las mezclas existentes, su edad y su composición (áridos y ligante). Se completará con el análisis de los resultados de los testigos de auscultación.

Tras el análisis de estos datos se establece una primera clasificación del material en familias con productos del mismo tipo o características equivalentes. Ésta se hace de acuerdo con la lógica de la obra y la extracción de los testigos complementarios se lleva a cabo de manera que se respete un muestreo regular a razón de uno cada 1000 toneladas.

- La segunda etapa de la caracterización consiste en realizar tomas de muestras para completar los datos y analizar con mayor precisión las características de cada familia de fresado. El objetivo de los ensayos es caracterizar los áridos y ligante en términos de calidad y regularidad.



Foto 1. Imagen de la planta de aglomerado móvil de nueva generación

5.1 Auscultación y caracterización del fresado

Antes de cualquier operación de alta tasa de reciclado, conviene caracterizar el recurso fundamental de las futuras mezclas: el fresado. La caracterización se realiza en varias etapas:

En esta fase, los ensayos realizados a los áridos son el análisis granulométrico y la densidad real. En lo que respecta a los ligantes del fresado, los ensayos tradicionales de penetración a 25 °C y temperatura anillo y bola se completan con ensayos no convencionales: viscosidad,

La carretera es la cantera: 100% reciclado

análisis por espectrómetro de infrarrojo para evaluar los índices de oxidación y las características reológicas utilizando un reómetro DSR (Dynamic Shear Rheometer).

El análisis de todos estos resultados es lo que determina las diferentes familias de fresado y sus procesos de elaboración. Cada obra es un caso único y requiere de este enfoque para garantizar el control de la homogeneidad del fresado y de las mezclas que se fabriquen.

- Para el uso en una fórmula de mezcla continua y porcentajes de reciclado hasta del 70%, la homogeneidad de las diferentes familias hace posible el uso del fresado proveniente directamente de la obra, es decir, sin otro tratamiento más que un acopio antes de la fabricación.

- En cambio, para las fórmulas de la carretera 100% reciclada, es necesario el machaqueo y cribado de los fresados una vez fresada la carretera. El objetivo de esta operación es recomponer un esqueleto granular controlado para la mezcla, con niveles de finos y de arena controladas, y ajustar el contenido de ligante del fresado para poder corregirlo (foto 2).

La operación dio lugar a tres cortes de fresado de granulometrías 0/5, 5/10 y 10/25 mm. Las formulaciones de la prueba se realizaron con los cortes 5/10 y 10/25. Cabe señalar que estos cortes, una vez extraído el betún, tienen curvas granulares de mezclas bituminosas tipo 0/6 y 0/10. La fracción

0/5 se ha aprovechado en producciones anejas a la cantera.

5.2 Formulación

Como todo trabajo de formulación, el diseño de una fórmula con un elevado porcentaje de fresado comienza por una caracterización precisa de los materiales disponibles. Esto es tan importante porque el ligante del fresado ya ha pasado por un primer ciclo de envejecimiento y es inevitable que sea mayoritario en el ligante total de estas formulaciones con tasa muy elevada de reciclado. En función de las cantidades disponibles de cada lote de fresado y de sus características, los lotes de fresado se dedicaron a determinadas formulaciones y no a otras.

Con el fin de simplificar la logística, se ha elegido un único ligante de aportación para el conjunto de las fórmulas de la obra. El análisis de los fresados y del ligante de aportación se presenta en la tabla 1 [1].

En el marco de este proyecto, el estudio de formulación se realizó con un enfoque basado en prestaciones que, en el caso del ligante, iban encaminadas a la obtención de prestaciones de un módulo complejo (G^* 15°C, 10 Hz) del ligante de la mezcla en DSR equivalente al de un betún 35/50, es decir, 20-45 MPa. Para controlar las prestaciones a baja temperatura, los ligantes de la mezcla se evaluaron con el ensayo BBR (Bending Beam Rheometer) antes y después del envejecimiento [2]. Pa-



Foto 2. Cribado y acopio de las fracciones de fresado

ra este envejecimiento se utilizó el ensayo PAV (Pressure Aging Vessel): se realizaron 45 horas de ensayo PAV para los ligantes de las capas de rodadura y para las capas inferiores fueron suficientes 25 horas.

mismo tiempo una viscosidad suficiente y un tiempo de mezcla adecuado para garantizar la homogeneidad de la mezcla. Los ensayos de “desenvuelta secuenciada” [3] validaron la mezcla correcta de los ligantes (del fresado, de aportación y aditivo)

Tabla 1. Análisis de los fresados y ligante de aportación

Ensayo	Ligante de aportación 45/80-55	Ligante Fresado 0	Ligante Fresado 1	Ligante Fresado 2	Ligante Fresado 3
Penetración (1/10mm) EN 1426	46	10	15	13	27
Temperatura Anillo y Bola (°C) EN 1427	61,4	74	75,6	78,6	61,6
Viscosidad Dinámica a 160°C (mPa.s)	317	469	914	1570	311
Módulo Complejo G* - 15°C, 10 Hz (MPa)	20	96	72	74	31
ICO (%) – Determinación Infrarrojo	1,1	8	6,9	9,4	4

Para obtener el comportamiento deseado en los ligantes de la mezcla se utilizó un aditivo de reciclado. La dosificación de este aditivo tiene el fin de devolver al ligante del fresado a un intervalo correspondiente al módulo de cizallamiento habitual de un betún 35/50 (G* 15°C, 10 Hz). En la figura 2 se presenta un ejemplo de la evolución del módulo en función del contenido de aditivo.

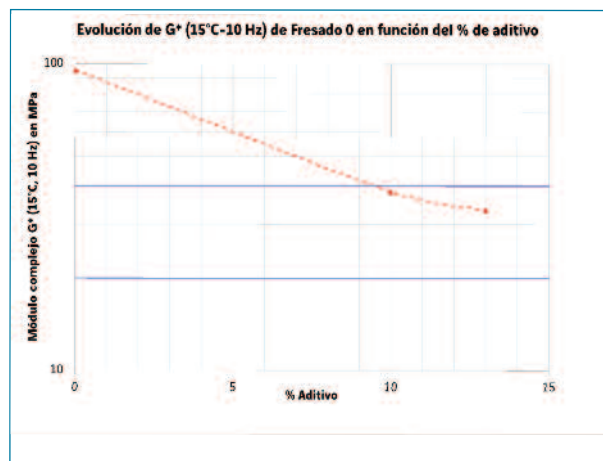


Figura 2. Evolución del módulo del fresado 0 en función del contenido de aditivo

Para acercarse lo más posible al funcionamiento de la planta de aglomerado diseñada para permitir el aumento de la temperatura controlada del fresado y la fabricación de mezclas con alta tasa de reciclaje, ha sido necesario adaptar el protocolo de fabricación en laboratorio: el fresado se calienta de manera que se conserven las prestaciones de su ligante, garantizando al

en las mezclas fabricadas en laboratorio.

Como ejemplo, en la figura 3 se muestran los resultados de una mezcla semidensa al 95% de fresado fabricado en laboratorio.

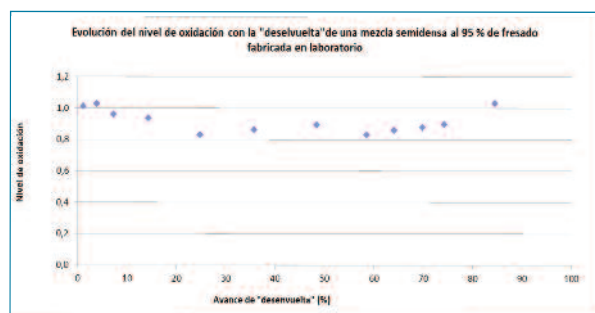


Figura 3. Evolución del nivel de oxidación de mezcla semidensa al 95 % de fresado

Este gráfico muestra que, gracias al protocolo aplicado, se obtiene una homogeneidad de la mezcla satisfactoria. En cuanto a la conservación del ligante, el índice medio de oxidación (ICO) apenas ha cambiado. Así pues, los métodos de fabricación elegidos en laboratorio han contribuido a obtener el objetivo buscado. Por consiguiente, este protocolo se ha utilizado para todas las fórmulas con un elevado porcentaje de fresado.

Para evaluar el riesgo de fisuración en el tiempo de las mezclas fabricadas, se realizaron ensayos de TSRST (Thermal Stress Restrain Specimen) antes y después del envejecimiento de la mezcla con arreglo al procedimiento RILEM (la mezcla se so-

Tabla 2. Composición de las fórmulas estudiadas

	Mezcla tipo G 100 %	Mezcla tipo S 95 %	Mezcla tipo BBTM 70 %
Fresado 5,5 /10	35,0 % Fresado 0	53,5 % Fresado 1	23,0 % Fresado 1
Fresado 10/25	13,9 % Fresado 0 y 50,6 % Fresado 1	40,0 % Fresado 1	47,0 % Fresado 1
6/10 Diorita	-	-	15,6 %
0/2 Diorita	-	3,7 %	10,9 %
Filler calizo	-	1,5 %	1,5 %
Aditivo de reciclado	SI	SI	SI
Betún de aportación 45/80-55	-	0,8 %	1,7 %
Ligante total	5,0 %	5,2 %	5,0 %

mete 4 horas a 135 °C y luego 9 días a 85 °C [4]).

La composición de las fórmulas se expone en la tabla 2.

Las prestaciones de los ligantes extraídos de las mezclas fabricadas en laboratorio figuran en la tabla 3.

Los resultados de los ensayos de formulación de las mezclas se presentan en la tabla 4.

El conjunto de este programa de estudio demuestra que el reciclado a tasa muy elevada es posible siempre que se disponga de un fresado adecuado, y que la obtención de productos de altas prestaciones es realista, siempre que se controle plenamente la calidad de todos los componentes.

Tabla 3. Prestaciones de los ligantes extraídos de las mezclas de laboratorio

Ensayo	Ligante extraído mezcla tipo G 100 %	Ligante extraído mezcla tipo S 95 %	Ligante extraído mezcla tipo BBTM 70 %
Penetración (1/10mm) EN 1426	17	18	15
Temperatura Anillo Bola (°C) EN 1427	71	71,8	78,2
Viscosidad Dinámica a 160°C (mPa.s)	546	627	868
Módulo complejo G* - 15°C, 10 Hz (MPa)	55,9	44,2	46,6
BBR antes de envejecimiento			%
T 300 MPa - 60 s (°C)	-14,3	-15,7	-15,1
BBR tras PAV	25 h	45 h	45 h
Ligante T 300 MPa - 60 s (°C)	-11,9	-15,1	,12,8

Se han obtenido los resultados buscados en todos los niveles. Esto sólo ha sido posible mediante una selección previa del fresado destinado a estas mezclas a tasa muy elevada. Inicialmente, estaba previsto fabricar la mezcla gruesa al 100% a partir de un único origen de fresado. La granulometría de los distintos cortes de fresado y el ligante final de la mezcla requirieron el uso de diferentes orígenes de fresado para obtener el comportamiento deseado.

6. TRAMO DE PRUEBA

La realización de la prueba en obra tuvo lugar en octubre de 2018. En el marco del proyecto «La carretera 100 % reciclada» se han realizado dos zonas distintas:

- Un primer kilómetro con fresado y reposición en el carril lento de 1500 t de mezcla gruesa al 100% de fresado se-

guido por 1400 t de mezcla semidensa 0/10 al 95% de tes extraídos se resumen en la tabla 5.

Tabla 4. Resultados de formulación de las mezclas de laboratorio

		Mezcla G 100 %	Mezcla S 95 %	Mezcla BBTM 70 %
Nivel 1	PCG (%)	4,8 (V120)	5,4 (V60)	14,1 (V25)
	ITSR (%)	92,6	89,3	98,9
Nivel 2	Pista - 30 000 ciclos (%)	1,8	3,6	5,9
	huecos (%)	8,6	6,1	10,9
Nivel 3	Módulo - 15°C, 10 Hz (MPa)	14781	10079	
	huecos (%)	5,1	8,5	
Nivel 4	Fatiga (μ def)	128	130	
	huecos (%)	5,6	8,3	
TSRST antes de envejecimiento	Temperatura (°C)	-18,6	-23,6	
	Tensión de rotura (MPa)	5,0	4,5	
	Huecos (%)	3,6	3,7	
TSRST después de envejecimiento	Temperatura (°C)	-12,5	-12,1	
	Tensión de rotura (MPa)	3,4	1,1	
	Huecos (%)	5,4	9,5	

Tabla 5. Resultados de los ligantes extraídos de las mezclas de obra

Ensayo	Ligante extraído mezcla tipo G 100 %	Ligante extraído mezcla tipo S 95 %	Ligante extraído mezcla tipo.BBTM 70 %
Penetración (1/10mm) EN 1426	22	20	23
Temperatura Anillo y Bola (°C) EN 1427	66,4	70	69,8
Viscosidad Dinámica a 160°C (mPa.s)	294	394	368
Módulo Complejo G* - 15°C, 10 Hz (MPa)	48,7	47,8	33,4
BBR antes de envejecimiento			
T 300 MPa - 60 s (°C)	-15,2	-15,6	-17,7

fresado como capa de rodadura que cubre el ancho completo.

- Una segunda zona de un kilómetro de refuerzo constituida por 620 t de capa de rodadura de mezcla discontinua 0/10 al 70% de fresado aplicada en ancho completo (figura 1).

La fabricación se desarrolló sin ningún problema, con una regularidad de producción notable. Las pruebas de laboratorio también mostraron una mezcla perfecta y una homogeneización del ligante del fresado con los aditivos de reciclado. Los resultados de los ligantes

Los módulos complejos G* (15 °C, 10 Hz) medidos en los ligantes extraídos son inferiores o equivalentes a los medidos en las fabricaciones de laboratorio (tabla 3). El sistema de calentamiento de los materiales de la planta TRX 100% protege al ligante de una "sobreoxidación" durante la fabricación. Las características a baja temperatura del ligante de la mezcla determinadas con el ensayo BBR también corroboran los estudios de formulación.

En cuanto a la puesta en obra, las mezclas con alta tasa de reciclado se han comportado igual que las mezclas convencionales. El único punto que hay que destacar es la necesidad de una energía de

La carretera es la cantera: 100% reciclado

compactación ligeramente superior para mezclas gruesas y semiden-
sas. El porcentaje de huecos y la macrotextura cumplen las especifica-
ciones normativas. (tabla 6).

kilómetros en todas las redes. La calidad y la homogeneidad de los
materiales utilizados para la construcción de carreteras, permite bene-
ficiarse de una materia prima de calidad fácilmente explotable.

Tabla 6. Porcentaje de huecos y macrotextura

	Porcentaje de huecos	Macrotextura (PMT)
Mezcla tipo G 100 %	4.1 % - [1.9 % ; 7.6 %]	-
Mezcla tipo S 95 %	6.6 % - [5.0 % ; 9.2 %]	0.82 mm – [0.68 mm ; 1.06 mm]
Mezcla tipo G 100 %	-	1.33 mm – [0.96 mm ; 1.72 mm]

Durante la fabricación en la planta TRX al 100%, se tomó mues-
tra de la mezcla y se verificaron todas las características analizadas
en los estudios de formulación. Estos resultados se presentan en la
tabla 7.

El proyecto «La carretera 100% reciclada» realizado a finales de
2018 ayudará a capitalizar aún más las características de estas nuevas
mezclas fabricadas con antiguas mezclas.

Gracias a esta operación, se validaron un concepto de produc-

Tabla 7. Resultados de las mezclas de obra

		Mezcla G 100 %	Mezclas S 95 %	Mezclas BBTM 70 %
Nivel 2	Pista - 30 000 ciclos (%) huecos (%)	3,7	3,8	6,8
		3,9	7,4	11,5
Nivel 3	Módulo - 15°C, 10 Hz (MPa) huecos (%)	13422	12762	
		4,2	4,3	
Nivel 4	Fatiga (μ def) huecos (%)	125	126	
		3,2	5,1	
TSRST Antes de envejecimiento	Temperatura (°C)	-19,85	-23,1	
	Tensión de rotura (MPa)	4,5	4,6	
	Huecos (%)	4,3	7,1	
TSRST Tras envejecimiento	Temperatura (°C)	-15,1	-22,1	
	Tensión de rotura (MPa)	3,8	3,4	
	Huecos (%)	5,0	10,0	

Los ensayos sobre los ligantes extraídos también son compati-
bles con los resultados del estudio de formulación. Esta experiencia
demuestra que, incluso a niveles muy elevados de fresado en las
mezclas, los ensayos de laboratorio (con un protocolo adecuado) son
adecuados para evaluar mejor el comportamiento de la mezcla.

7. CONCLUSIONES

Sabemos que la carretera es un enorme yacimiento de recursos,
una cantera potencial que se extiende a lo largo de casi un millón de

ción ecológica desarrollado en un plazo récord de dos años. Los equi-
pos técnicos y de investigación han puesto en práctica las compe-
tencias adquiridas en el reciclado desde hace más de 15 años para
desarrollar ensayos sobre ligantes y mezclas que permiten formular
productos duraderos y conformes a las especificaciones.

El éxito de esta operación demuestra que es posible la produc-
ción de mezclas con muy altas tasas de reciclado y debe servir para
incrementar el empleo de este tipo de soluciones, imprescindibles pa-
ra la industria vial.

8. REFERENCIAS

- [1] 1] T. Koudelka, P. Coufalik, M. Varaus, I. Coufalikova. 2019. "Rejuvenated Binders, Reclaimed Binders and Paving Bitumens, Are They Any Different?", France. RILEM 252-CMB 2018, pp. 208–214.
- [2] F. Delfosse, S. Gazeau, I. Drouadaine, J.-P. Planche, F. Turner, J. Rovani, 2017. "Corrélations entre composition chimique des bitumes et propriétés des enrobés", France. RGRA n° 949, pp 57-63.
- [3] F. Delfosse, J.A. Decamps, S. Gazeau. 2017. "Enrobés à base d'agrégats d'enrobés: qualification de l'homogénéité". France. RGRA n° 949, pp 52-56.
- [4] K. Mollenhauer, V. Moulliet, N. Pierard, M. Tusar, T. Gabet. 2012. "Laboratory aging of asphalt mixtures – simulation of reclaimed asphalt and application as test method for durability", 5th Eurobitume Congress,

VIATOP®

Liderando las SMA desde 1988



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



Fibras diseñadas
por la naturaleza

Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia 56, 2º 2ª
08006 Barcelona
Tf. 933 262 880 · Fx. 933 262 897

www.jrsiberica.com · Info@jrsiberica.com

UNE-EN 12697-20:2013

Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o cilíndricas (CY)

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

Esta norma de ensayo describe el método para determinar la profundidad de indentación de másticos u otros tipos de mezclas bituminosas con tamaño máximo nominal menor o igual a 16 mm, cuando se aplica una fuerza por medio de un vástago cilíndrico cuyo extremo es plano y circular.

2. Método operativo

Para el caso de las muestras de másticos bituminosos de la norma UNE-EN 13108-6, las probetas de ensayo se preparan con una geometría cúbica. Para el resto de tipos de mezclas bituminosas se fabrican probetas cilíndricas con el compactador de impacto, según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando 50 golpes por cada cara.

Para la ejecución del ensayo las probetas se sitúan sobre la bancada, y en el caso de las probetas cilíndricas se sitúan bajo las placas de sujeción, y se acondicionan junto a sus moldes sumergidas en agua durante 60 minutos a la temperatura de ensayo, que puede realizarse a 40°C o a 22 °C. Durante el ensayo debe evitarse que el molde apoye en la bancada, con una separación superior a 0,5 mm.

Se coloca verticalmente y centrado el vástago y se aplica una fuerza de 25±1 N durante 10±1 min, tomando la lectura del transductor. Luego se aplica una fuerza total de 525±1 N tomando lectura de la profundidad a los 30 min, 60 min, 120 min y 300 min.

3. Equipamiento

Para la fabricación de las probetas cúbicas en los ensayos de másticos, se utiliza un molde de metal con aristas de $70,7\pm 0,5$ mm y se precisa un horno que pueda mantener la temperatura a 250 ± 10 °C. Para el resto de mezclas se emplean los moldes cilíndricos descritos en la UNE-EN 12697-30.

Para el ensayo se requiere un equipo de indentación equipado por un vástago y un medidor del desplazamiento, insertado en un recipiente de agua con temperatura controlada, capaz de aplicar una carga preliminar de 25 ± 1 N y posteriormente una fuerza adicional durante el ensayo de 525 ± 1 N. El vástago tendrá forma cilíndrica con superficie plana y uniforme con un área de 100 mm² o 500 mm², y una longitud mínima de 20 mm.



UNE-EN 12697-20:2013 Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o cilíndricas (CY)

Un baño de agua con capacidad de al menos 7,5 l equipado con un regulador de temperatura para conseguir una precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$.

Otros equipos son la bancada de ensayo y el bloque de calibración compuesto por caucho para verificar la operatividad del equipo.

4. Puntos Críticos

La norma de ensayo indica valores de precisión obtenida para las probetas cúbicas de másticos bituminosos, pero no aporta ningún estudio para el ensayo del resto de mezclas bituminosas con probetas cilíndricas.

Hay poca experiencia con este tipo de ensayo en nuestro país y no se disponen valores orientativos que permitan evaluar el comportamiento de las mezclas bituminosas o la interpretación de los resultados que se obtienen.

5. Comentarios

A pesar de la poca experiencia en España con este ensayo, puede ser un procedimiento interesante para la evaluación de la resistencia al punzonamiento de mezclas bituminosas colocadas en cierto tipo de pavimento, como son los pavimentos para puertos marítimos, pavimentos de naves industriales o espacios empleados para almacenamiento de materiales.

Es un procedimiento sencillo, rápido y de fácil aplicación en los laboratorios.

6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-27. Toma de muestra.
- UNE-EN 12697-35. Mezclado en laboratorio.
- UNE-EN 12697-30. Preparación de probetas con el compactador de impacto.
- UNE-EN 13108-6. Másticos bituminosos.

Este ensayo, todavía con poca aplicación en la caracterización de las mezclas bituminosas fabricadas para las carreteras, podría tener buena aplicación para diseñar pavimentos especiales sometidos a altas concentraciones de cargas estáticas.

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 7 de septiembre hasta el 10 de noviembre de 2021.

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 13614 (Publicada en Septiembre 2021).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-pr EN 12846-1 (Última publicación año 2011).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas.
- **PNE-pr EN 12846-2 (Última publicación año 2011).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 2: Betunes fluidificados y fluxados.
- **PNE-pr EN 12847 (Última publicación año 2009).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas.
- **PNE-pr EN 12850 (Última publicación año 2009).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del pH de las emulsiones bituminosas.
- **PNE-pr EN 14023 (Última publicación año 2010).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de especificaciones de los betunes modificados con polímeros
- **PNE-pr EN 17643 (Norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la temperatura del módulo de corte equidistante utilizando un reómetro de corte dinámico (DSR). Ensayos BTSV

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 12272-1 (última publicación año 2002).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 1: Índice y regularidad de la dispersión del ligante y de las gravillas
- **PNE-prEN 12272-3 (última publicación año 2003).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la adhesión entre ligante y árido por el método de ensayo de choque de la placa Vialit.
- **PNE-EN 12697-1 (última publicación año 2013).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble
- **PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- **PNE-EN 12697-6 (última publicación año 2012).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12697-7 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas mediante rayos gamma
- **PNE-EN 12697-11 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún.
- **PNE-EN 12697-14 (última publicación año 2001). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- **PNE-prEN 12697-15 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 15: Determinación de la sensibilidad a la segregación
- **PNE-EN 12697-19 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- **PNE-EN 12697-20 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- **PNE-EN 12697-21 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-EN 12697-28 (última publicación año 2001). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría
- **PNE-EN 12697-29 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-34 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- **PNE-prEN 12697-36 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 36: Determinación del espesor de pavimentos bituminosos
- **PNE-prEN 12697-37 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 37: Ensayo de arena caliente para determinar la adhesividad del ligante sobre la gravilla preenvuelta para HRA
- **PNE-prEN 12697-38 (última publicación año 2006). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 38: Equipos comunes y calibración
- **PNE-EN 12697-39 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- **PNE-EN 12697-40 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- **PNE-prEN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-42 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado
- **PNE-EN 12697-43 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-EN 12697-45 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)
- **PNE-EN 12697-46 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- **PNE-prEN 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales
- **PNE-prEN 12697-48 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 48: Adherencia entre capas
- **PNE-prEN 12697-49 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 49: Determinación del rozamiento tras el pulido
- **PNE-CEN/TS 12697-50 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-EN 12697-53 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-55 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-56 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-EN 13108-31 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **DIN EN 17392-1 (norma nueva).** ESTADO: **RETIRADA** Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for road materials - Part 1: Bituminous mixtures; German and English version prEN 17392-1:2020 / Note: Date of issue 2020-03-13
- **PNE 41265-2 IN (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 932-3 (última publicación año 2004).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada
- **PNE-EN 933-1 (última publicación año 2012).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado
- **PNE-EN 933-2 (última publicación año 1999).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
- **PNE-prEN 933-5 (última publicación año 1999).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de partículas trituradas en áridos naturales gruesos e integrados
- **PNE-prEN 933-6 (última publicación año 2014).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **PNE-prEN 933-9 (última publicación año 2013).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 933-11 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11: Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- **PNE-EN 1097-1 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
- **PNE-prEN 1097-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **PNE-prEN 1097-7 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **PNE-prEN 1744-4 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 4: Determinación de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas
- **BS-EN 16236 (Norma nueva). ESTADO: BAJO REVISIÓN EN 2018 EN BSI** Assessment and Verification of the Constancy of Performance (AVCP) of aggregates. Type testing and Factory Production Control.
- **PNE-CEN/TS 17438 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Origen de los materiales considerados en el desarrollo de las normas de áridos del CEN/TC 154
- **PNE-prEN 17555-2 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 2: Información complementaria
- **PNE-146316 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Declaración de prestaciones digital para áridos conforme a las Normas EN 12620, 13139 y 13043

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Se ha publicado la norma UNE EN 13614 de emulsiones para evaluar la adhesividad por la acción del agua.

En cuanto a las normas que se están revisando destacar que se han incorporado las siguientes:

- La norma EN 933-1 para la determinación de la granulometría
- Dos normas nuevas una de ellas una norma europea EN 17555-2 sobre información complementaria de áridos para obras de construcción y una norma española 146316 sobre las declaraciones de prestaciones digital para diferentes normas de áridos incluida entre ellas la 13043 de áridos para carreteras

PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

ENTREGA 15.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

PATOLOGIAS EN LOS FIRMES DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS

Denominación de la patología: 17 BACHES.



Imágenes de distintos tipos de baches.

Descripción de la patología:

Se trata de una cavidad localizada con cierta profundidad producida en el firme de una carretera, de forma irregular y de diferentes tamaños.

Causas de la patología:

Esta patología se puede producir por diferentes causas según en qué etapa se produzca. Así, se pueden distinguir:

a) Causas relacionadas con el estado estructural del firme.

La aparición de un bache puede ser la consecuencia final de la evolución de otros deterioros. Por ejemplo, la piel de cocodrilo por desintegración y arranque de los materiales del firme, provocado por el tránsito de vehículos, da lugar finalmente a un bache.

b) Causas relacionadas con la fabricación de la mezcla bituminosa.

Un inadecuado proceso de fabricación de una mezcla bituminosa puede provocar la aparición de baches debido principalmente a masas aisladas de mezclas bituminosas fuertemente segregadas o muy frías o con betún muy envejecido debido a elevadas temperaturas de fabricación, pequeñas cantidades de áridos inadecuados, por ejemplo, pegotes de arcillas o exceso de finos

c) Causas relacionadas con la puesta en obra.

En este caso, la aparición de este defecto en el firme puede estar asociado a deficiencias en el saneo y acondicionamiento previo de la superficie, que actuará como soporte de la mezcla bituminosa, por ejemplo en un recricido. También, puede deberse al efecto de alguno de los problemas siguientes:

- o Un drenaje defectuoso.
- o Falta de compactación de la mezcla.
- o Zonas con espesor insuficiente.

d) Causas externas al proceso de asfaltado.

Problemas en el riego de adherencia (insuficiente o exceso).

Deterioros producidos por algún accidente de tráfico o vandalismo (quema de neumáticos, contenedores, etc...), por derrames de aceites o carburantes y que posteriormente no han sido saneados de forma adecuada.

Por el propio proceso de envejecimiento de la mezcla que ocurre durante su vida en servicio.

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

Un bache en una carretera puede ser causante de un accidente, debido tanto al intentar esquivarlo como si se pisa por la pérdida del control del vehículo, especialmente grave para los motoristas y ciclistas.

Un bache en una vía urbana donde se circula a velocidad moderada o en caminos peatonales (paso de peatones, carriles de bicis, etc.) también es un peligro ya que puede provocar rotura de alguna pieza del vehículo, reventón de rueda, amortiguador, lesiones a los viandantes, etc...

Hay que tener en cuenta que el deterioro producido por el bache siempre va aumentando y no se estabiliza, aumentando primero el volumen del mismo y luego afectando a las capas inferiores por entrada de agua, etc.

Reparación de la patología:

Dependiendo del tamaño del bache el tratamiento para su reparación puede ser alguna de las actuaciones que se describen a continuación.

Si se trata de un bache aislado y pequeño, se requiere de una reparación rápida pero provisional hasta realizar un tratamiento definitivo, se rellenaría mediante una mezcla bituminosa en frío.

Para cualquier otro tipo (bache grande o un conjunto de baches muy próximos entre sí), el tratamiento más adecuado sería eliminar la capa defectuosa mediante fresado y reponer con una nueva capa de mezcla bituminosa para capa de rodadura y dependiendo de la profundidad del bache puede ser aconsejable reponer también la capa inferior.

Para el asfaltado de los baches en general, independientemente de su superficie, estarían muy recomendadas en la actualidad las mezclas tanto templadas, como semicalientes, que nos permiten un tiempo de trabajabilidad muy elevado teniendo en cuenta lo laborioso que pueden llegar a ser su reparación.

Acciones preventivas:

Las acciones preventivas a tomar, para evitar la aparición de un bache en el firme, son diferentes según en qué etapa del proceso de asfaltado se quiera actuar.

- **En la estructura del firme sería conveniente tener en cuenta:**
 - o Un diseño correcto del firme y de las rehabilitaciones.
 - o Conservación del firme para evitar zonas fatigadas que pueden causar la aparición de baches.
 - o Evitar zonas críticas, retirando tapas de alcantarillas de la zona de rodadura de los vehículos.
 - o Prestar atención al proyecto y a la conservación de los elementos de drenaje.
- En cuanto a las **actuaciones preventivas** a realizar en las etapas de fabricación y extendido de mezclas bituminosas bastaría con decir que se debe cumplir escrupulosamente la normativa existente del buen hacer o trabajar con profesionalidad en la materia.



Baches producidos por causas relacionadas con la puesta en obra

Denominación de la patología: 18 ESCALONES.



Escalón localizado en un punto de la vía.



Escalones debidos a asentamiento localizado de las capas inferiores

Descripción de la patología:

Esta patología puede definirse como una sobre elevación localizada en la vía, sobre la que se circula, provocando desplazamientos verticales del vehículo, en el momento de alcanzar el punto donde se encuentra la patología, bien por impacto directo de los neumáticos, bien por caída. En caso que se localicen múltiples escalones consecutivos, puede tratarse de un problema de ondulaciones. Debe considerarse que, en el caso donde las dimensiones del punto afectado sean elevadas y la pendiente de la sobre elevación sea muy suave, puede tratarse de un blandón en lugar de escalón.

Causas de la patología:

Pueden ser diversas las causas que originan un problema de este tipo en la regularidad de la vía o calzada, pero las más normales y frecuentes son las siguientes:

- a) Mala ejecución en obra.
- b) Asentamiento localizado de las capas inferiores.
- c) Inicio o final de una estructura.
- d) Zanja localizada mal reconstruida, que sufre un asentamiento posterior.

La forma más sencilla de identificar esta patología viene regida por el momento en el que aparece y el punto donde lo hace.

En caso que sea mala ejecución de obra, será el mismo momento de finalizar un tramo o zona de obra, cuando queda patente el defecto.

Cuando el escalón se produce por un asentamiento de las capas inferiores tras la inmediata apertura al tráfico, y aun habiendo quedado el pavimento en buenas condiciones, aparece la patología de forma gradual al paso de los vehículos.

En caso que la patología esté producida a la entrada o salida de una estructura, no será fácil detectarla en un primer momento, sino pasado un tiempo y habitualmente debido a los asientos diferenciales que se pueden producir entre un pavimento flexible y otro, el de la estructura, rígido, acrecentados por diversos condicionantes como un escaso espesor de capa, problemas de diseño con la MBC, un posible mal dimensionado de la sección o asociado a una mala compactación de las capas inferiores junto a la estructura (defecto en la ejecución de la losa de transición). De forma que la presencia de la estructura se refleja en superficie, provocando el escalón. No siempre es fácil de apreciar a simple vista, pero bien mediante la medición de Índice de Regularidad Internacional (IRI) o circulando sobre la vía con la patología, es posible su localización.

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

La presente patología provoca desplazamientos y variaciones de la trayectoria no deseadas del vehículo, que en determinadas condiciones pueden provocar un accidente o colisión con otro.

En caso que sea especialmente remarcada la patología, a parte de la falta de comodidad que genera, eleva de forma considerable el riesgo de accidente, debido a la reducción de estabilidad que provoca el impacto en el vehículo que se conduce, cabe resaltar que puede estar ubicado en vías de elevada capacidad y velocidad.

El impacto del vehículo en el desplazamiento vertical sobre el firme produce una carga dinámica elevada que puede afectar, cuando se repite de forma continuada, a la vida útil del firme.

En cualquier caso esta patología, provoca incomodidad en la circulación del vehículo.

Reparación de la patología:

En caso que no quede claro si se ha producido por mala ejecución de obra, bien por fallo en capas inferiores o presencia de estructura, o cualquier otra causa, resulta interesante realizar un seguimiento sobre la evolución de la patología y observación de la zona afectada.

Si se determina que el origen del defecto es debido a una mala ejecución de obra, la solución pasa por el fresado y reposición de zonas anteriores y posteriores, dejando al nivel adecuado la zona afectada. Con una correcta compactación.

En el caso que sea debido a un asentamiento o fallo de capas inferiores, en primer lugar debe concretarse el motivo que origina el asentamiento y resolverlo de forma adecuada, según el motivo o causas que lo originaron. Una vez se ha reparado el asentamiento, se requiere un correcto procedimiento de extendido y compactación de MBC, de esta forma se minimiza la probabilidad de reaparición del escalón, ya que es consecuencia de otro problema.

En el caso de deberse a la transición del firme normal, con capas granulares, a la estructura, losa de hormigón, una buena solución es construir las denominadas losas de transición que evitan el asentamiento del material granular escasamente compactado junto a la estructura.

Acciones preventivas:

Para prevenir cualquiera de las causas de esta patología, es conveniente actuar de forma preventiva.

En caso que sea problema de ejecución se resolverá, si es posible en el momento de la puesta en obra de la MBC. La revisión visual del tramo ejecutado resulta fundamental, ya sea por los responsables de la puesta en obra, jefe de obra, responsables de calidad, técnicos de laboratorios,... sin que llegue a ponerse en servicio la vía, no generándose el defecto para los conductores.

En el caso que sea debido a asentamiento de capas inferiores, el buen trabajo con las capas granulares, así como el correcto dimensionado de la sección para el tráfico esperado y el diseño de la mezcla son imprescindibles. Debe prestarse especial atención a posibles problemas con el drenaje de las capas granulares y presencia de materiales no adecuados, como yesos, arcillas,...

En presencia de una estructura y de forma análoga al caso de asentamientos, la mejor alternativa es tratar de estudiar correctamente el trabajo a realizar, antes de ejecutar la MBC.

En el caso de deberse a la transición del firme normal, con capas granulares, a la estructura, losa de hormigón, una buena solución es construir las denominadas losas de transición que evitan el asentamiento del material granular escasamente compactado junto a la estructura.



Escalones producidos por afeción al firme de las raíces de los árboles próximos a la carretera



Escalón producido por la presencia de una estructura.



Escalón producido por asentamiento de zanja mal reparada

Denominación de la patología: 19 SURGENCIAS DE AGUA Y FINOS.



Surgencias de finos y agua en distintos tipos de firmes



Surgencias de agua y finos como consecuencia de zahorra plástica y falta de drenaje longitudinal

Descripción de la patología:

Este deterioro consiste en el afloramiento en la superficie de la carretera, o de los viales urbanos, de agua y finos procedentes de las capas inferiores a la de rodadura.

Aunque en la superficie de la carretera puede aparecer agua, finos o una combinación de ambos, (barro), lo usual es que la surgencia sea de agua que en su ascenso arrastra finos; posteriormente este agua puede o no evaporarse dejando en la superficie, caso de evaporarse, barro o solo finos, en este último caso tendríamos un proceso similar al de las eflorescencias.

Lo habitual es que esta patología concorra con otras patologías como son fisuraciones, agrietamientos, hundimientos, cordones laterales, baches, etc. Esta conjunción de deterioros importa a la hora de determinar las causas, los efectos sobre la circulación y por supuesto las propuestas de reparación, como se irá analizando en los siguientes apartados.

Causas de la patología:

Para que se pueda producir esta patología es necesario la combinación de las siguientes situaciones:

- **Agua bajo la capa de rodadura.**
- **Posibilidad de ascensión:**
 - o Fisuras, grietas.
 - o Roturas.
 - o Porosidad

Además de ello, para que surjan finos, es necesaria la presencia o exceso de material fino en las capas granulares, zehorra o terraplén del firme. Dependiendo de cómo el agua ha llegado a estas capas bajo la de rodadura y de dónde proceden las surgencias, tendremos distintas causas y consecuentemente distintos tratamientos de reparación:

Acceso inicial del agua de fuera adentro

En este caso, inicialmente el agua pasa de la superficie de la carretera a las capas inferiores y posteriormente, por succión por la acción del tráfico, retorna a la superficie, con o sin finos, por los mismos conductos produciendo la surgencia.

Acceso del agua de dentro afuera

Esta patología, habitualmente, se produce por la presencia de materiales finos, (y el efecto se incrementa si además son plásticos), en las capas granulares de la subbase o en la coronación del terraplén. El agua puede acceder a estas capas por fallos de las unidades de drenaje, principalmente las longitudinales.

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

Problemas a la vía

La posibilidad de que haya movimientos de agua entre las distintas capas de la carretera y si en ellas existen excesos de finos o estos son de mala calidad (plásticos), que pueden ser arrastrados por el agua, conlleva a pérdidas de la capacidad estructural de la carretera y con ello a deterioros asociados a las surgencias como son los blandones, fisuraciones, baches, descarnaduras, etc.

Problemas a los usuarios

La aparición en la superficie de agua, finos, o la combinación de ambos (barro), son muy peligrosos para la circulación de los vehículos, en especial los de dos ruedas, como motocicletas, ciclomotores y bicicletas.

Estos materiales son causantes de:

- Falta de adherencia al pavimento.
- Proyección de material sólido a otros vehículos.
- Pavimento antiestético.

Además de estos problemas a la circulación, la presencia de estos productos en la superficie de la calzada puede provocar, por el efecto del tráfico, proyecciones de los mismos a los peatones y a otros vehículos.

Reparación de la patología:

Las reparaciones de estos fallos dependerán:

- De las causas.
- De los defectos asociados.

La reparación, en exclusiva, de la surgencia consistiría en su limpieza, pero evidentemente, de no solucionar la causa, esta seguirá manifestándose y evolucionará provocando otros deterioros.

La reparación del defecto dependerá de los posibles deterioros asociados, y será:

- **Eliminación de la posibilidad de la llegada del agua:**
o Reparación o ejecución de obras de drenaje.
- **En su caso, reparación de las capas afectadas, que, dependiendo del grado del deterioro y de la profundidad de la capa, podría consistir en:**
o Reciclado conjunto de las capas bituminosas con las granulares con cemento, cal o mixta.
o Fresado de las capas bituminosas para su posterior reciclado y actuación sobre las granulares, sustituyéndolas o realizando tareas de mejora o estabilización in situ; posteriormente se colocarán las capas asfálticas.

Acciones preventivas:

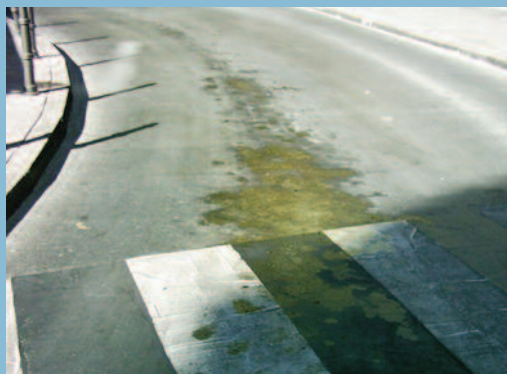
En el caso de una incorrecta ejecución de la carretera, las surgencias aparecerán al poco tiempo de su terminación y entonces no caben acciones preventivas.

En el caso del envejecimiento de la carretera, la causa inicial que provocaría las surgencias es el paso del agua de fuera hacia dentro como consecuencia de roturas del firme. En este caso las acciones preventivas serían:

- En el caso de fisuras, proceder a su pronto sellado.
- En el caso de aumento de la porosidad de la carretera, por desprendimiento de áridos, la acción preventiva sería la de aplicar una capa o bien de lechada o una mezcla bituminosa de refuerzo.
- En el caso de múltiples fisuras o grietas, si aún no se han producido otros deterioros, proceder a una capa de refuerzo.

Este tipo de fallo evoluciona a mayores deterioros muy rápidamente, por ello, como regla general, la mejor acción preventiva es la de actuar lo más pronto posible para evitar esta evolución.

Denominación de la patología: 20 PATOLOGÍA POR VERTIDOS SUPERFICIALES.



Diversos casos de vertidos de combustibles y su afección al firme

Descripción de la patología:

Esta patología se puede describir como los distintos problemas que aparecen en la superficie de un firme cuando se produce el vertido de determinados productos que afectan a su integridad y características. Se consideran como vertidos superficiales que producen esta patología sobre la superficie de un firme a aquellos vertidos de líquidos o productos sólidos que modifican sus características. Los derrames de hidrocarburos (combustibles, carburantes y lubricantes), los vertidos de sales fundentes para nieve o hielo o la goma depositada por las ruedas de los aviones en las zonas de aterrizaje de la pista de vuelo de un aeropuerto, son los que afectan principalmente al deterioro de firmes con pavimentos bituminosos.

Atendiendo a la forma y continuidad en la que se producen los vertidos superficiales podemos clasificarlos en accidentales-ocasionales y periódicos-operacionales.

Causas de la patología:

Con respecto a los hidrocarburos, y en caso concreto del gasoil y keroseno, su composición rica en parafinas es capaz de solubilizar la fracción nafteno-aromática y los saturados del ligante de la mezcla bituminosa, modificando la estructura coloidal del mismo, hacia un estado donde las partículas de asfaltenos se encuentran muy disgregadas. Esto repercute modificando y empeorando el valor de la penetración y del anillo y bola inicial del ligante.

En relación a las sales fundentes, para entender la causa que origina el deterioro del firme, hay que tener en cuenta que en España, los fundentes que se vienen utilizando de forma generalizada para el mantenimiento de la viabilidad invernal en la carretera son el Cloruro Sódico (ClNa) y el Cloruro Cálcico (Cl₂Ca). Es el ion cloruro el que provoca un efecto corrosivo en el betún y en combinación con el agua disminuye la adhesividad pasiva de la mezcla provocando descarnaduras en el pavimento. Asimismo, debido al aceleramiento del proceso de oxidación del ligante bituminoso, provocan un exceso de fragilidad y pérdida de flexibilidad con la consecuente facilidad de agrietamiento del firme.

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

Los deterioros producidos por los vertidos superficiales que se han indicado anteriormente, influyen principalmente en la comodidad y en la seguridad del usuario, pero si no se toman medidas de conservación y mantenimiento, la desintegración del aglomerado al paso de vehículos será mayor y esto originará otros desperfectos en el firme que pueden afectar de forma significativa en la seguridad vial.

Además, este deterioro, facilita la entrada de agua al firme y su posterior deterioro más profundo, estructural.

Reparación de la patología:

En fase de explotación, en el caso de un vertido accidental sea de la naturaleza que sea, se procederá a su eliminación para que no se produzcan daños ni a la propia carretera ni a las zonas colindantes. Tras su retirada, se llevará a cabo la limpieza del firme mediante un lavado del mismo. Para poder controlar de forma inmediata los derrames y minimizar los daños y posibles perjuicios en el medioambiente, es necesario llevar a cabo programas de contingencias que permitan una rápida y efectiva respuesta.

Cuando son continuados, el firme acaba deteriorándose hasta tal punto que la única solución es el fresado de la mezcla bituminosa hasta el espesor afectado y su reposición con otra mezcla bituminosa que presente un mejor comportamiento y resistencia a la acción de estos carburantes, aceites, etc.

En el caso de las sales fundentes, la alternativa para evitar un mayor deterioro del pavimento es el empleo de otros fundentes con menor afección en el mismo. Como esto económicamente no está resuelto, la solución pasa por la utilización en capa de rodadura de mezclas bituminosas con un contenido mayor de ligante y más flexibles, con un mejor comportamiento en presencia de la sal y de las bajas temperaturas.

En el caso del caucho en la pista de vuelo de aeropuertos, la solución es la limpieza periódica de este caucho antes de que afecte claramente a las características superficiales (textura y resistencia al deslizamiento).

Acciones preventivas:

Una medida para evitar el uso frecuente de fundentes o productos químicos contra la formación del hielo es el empleo de aditivos antiadherentes empleados directamente en las mezclas asfálticas, ya que al formar parte de la propia composición de la mezcla asfáltica, el material fundente actúa en todo momento.

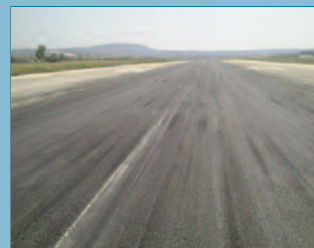
En el caso de pavimentos afectados por el vertido de combustibles, para la fase de diseño, existen distintas soluciones de firmes anticarburantes, utilizadas para evitar los daños producidos por los vertidos fundamentalmente de combustibles no volátiles. Estas pueden ser:

- **Recubrimientos superficiales:**
 - o Pinturas epoxi
 - o Poliuretano
 - o Riegos superficiales

- **Tratamientos en masa:**
 - o Ligantes hidráulicos
 - o Sistemas mixtos percolados
 - o Betunes asfálticos anticarburantes



Agrietamiento de la capa de rodadura afectada por el vertido de sales como tratamiento anti hielo y las bajas temperaturas



Depósitos de caucho de los neumáticos en la zona de toma de tierra de pistas de vuelo de aeropuertos

Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado

Rey Omar Adame Hernández,
omar.adame@lasfalto.com.mx

Ignacio Cremades Ibáñez,
Cremades@surfax.com.mx

Jorge Vázquez Camacho,
Jorge.vazquez@lasfalto.com.mx

Israel Sandoval Navarro,
Israel@surfax.com.mx

El asfalto espumado se ha convertido en uno de los métodos más usados para producir mezclas asfálticas tibias, principalmente en los Estados Unidos de Norte América (USA). El proceso de mezclar asfalto caliente y agua fría resulta en una expansión de volumen y reducción de la viscosidad del asfalto la cual produce un mejor cubrimiento de los agregados junto con una mejora en la manejabilidad de la mezcla. En este estudio se utilizó un método de medición de las propiedades de la espuma, el cual mide la expansión, tamaño, cantidad y colapso de ésta durante su proceso y evolución, adicionalmente, se evalúa el uso de un aditivo que mejora sus propiedades, resultando en una espuma estable que mejora las capacidades de esta y las propiedades de desempeño en la mezcla asfáltica.

Los resultados indican que la cantidad de agua tiene un efecto significativo en las propiedades y características de la espuma, mientras que el aditivo mejora la homogeneidad de ésta proporcionándole estabilidad. Finalmente, la mezcla asfáltica tibia se comparó con una mezcla con asfalto espumado con temperatura de una mezcla en caliente y agregados en caliente (temperatura de una mezcla asfáltica en caliente), resultando en términos de desempeño un comportamiento similar entre ambas mezclas asfálticas.

Palabras Clave: Asfalto espumado, mezclas asfálticas tibias, coeficiente de expansión, vida media.

Foamed asphalt has become one of the most widely used methods to produce warm asphalt mixes, mainly in the United States of North America. The process of mixing hot asphalt and cold water results in an expansion of volume and a reduction in the viscosity of the asphalt which produces a better coverage of the aggregates together with an improvement in the workability of the mixture.

In this study, a method of measuring the properties of the foam was used, which measures the expansion, size, quantity and collapse of the foam during its process and evolution. Additionally, the use of an additive that improves its properties is evaluated, resulting in a stable foam that improves its capabilities and performance properties in the asphalt mix.

The results indicate that the amount of water has a significant effect on the properties and characteristics of the foam, while the additive improves its homogeneity by providing stability. Finally, the warm asphalt mix was compared with a mixture with foamed asphalt with the temperature of a hot mix and hot aggregates (temperature of a hot asphalt mix), resulting in performance terms similar behavior between both asphalt mixes.

Keywords: Foam asphalt, warm asphalt mixes, expansion ratio, high life.

1. INTRODUCCIÓN

Las mezclas asfálticas tibias (MAT o Warm Mix Asphalt,

WMA) son un conjunto de tecnologías desarrolladas en Europa como consecuencia del tratado con Kyoto y la Comunidad Económica Europea en 1997, con el objetivo de disminuir la

Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado

producción de los gases del efecto invernadero. En los Estados Unidos la National Asphalt Pavement Association (NAPA), en cooperación con la Federal Highway Administration (FHWA) introdujeron las MAT en el World Asphalt Show & Conference del 2004, en Nashville, TN., como aporte a estos problemas ambientales (Goh et al. 2007).

tación han sido motivadas debido a los beneficios económicos, ambientales e ingenieriles para obtener disminuciones en el proceso, esto en términos del consumo de energía, olores y emisión de gases durante la fabricación y colocación de la mezcla asfáltica, además de extender el tiempo disponible de traslado de la planta a la obra, prolongar la pavimentación en cam-

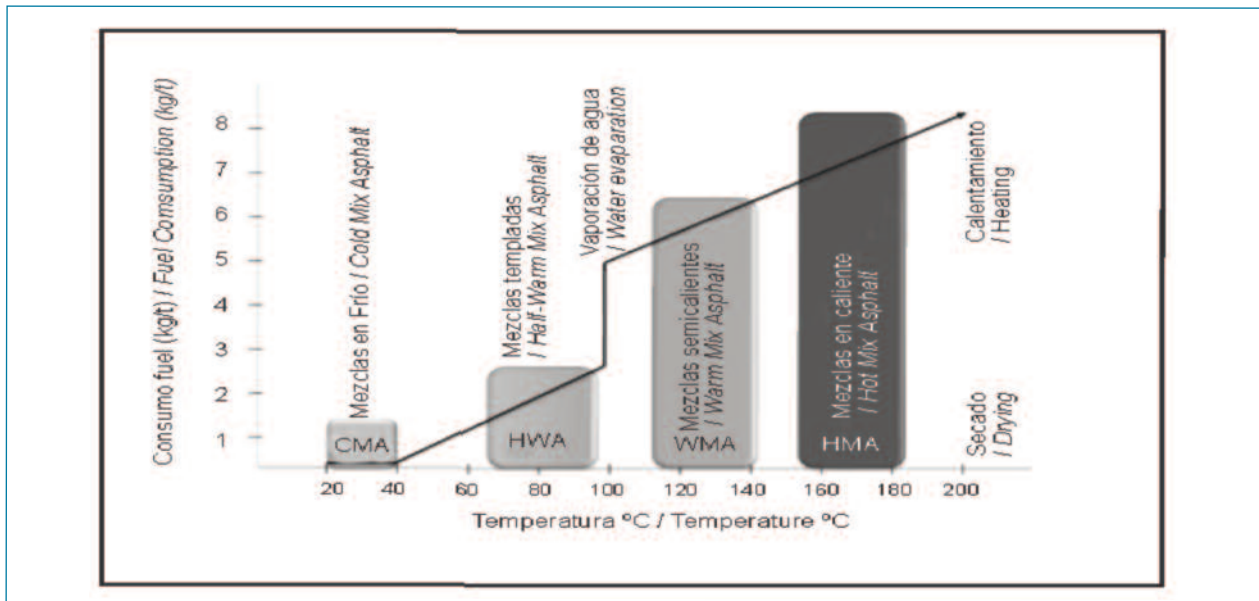


Figura 1. Clasificación de las mezclas asfálticas por temperatura de producción (Goh et al. 2007)

Los gases generados en la producción de mezclas asfálticas en caliente tienen un efecto en la atmósfera y en el cambio climático, además, estas pueden causar daños en la piel por quemaduras a los trabajadores que las manipulan. Gracias a las grandes cualidades de las mezclas asfálticas tibias, estos efectos negativos para la atmósfera y el medio ambiente pueden disminuir significativamente, principalmente por la reducción de temperatura durante el proceso de fabricación. El objetivo de estas tecnologías es bajar las temperaturas de trabajo, principalmente de compactación. Para ello existen diferentes técnicas que buscan reducir la viscosidad del ligante asfáltico y que pueden aplicarse tanto en mezclas continuas como discontinuas. Dichas técnicas se separan en cuatro categorías definidas como:

- Reducción de la viscosidad utilizando aditivos orgánicos.
- Asfaltos espumados.
- Tecnologías con bases acuosas.
- Uso de emulsiones asfálticas.

La reducción de las temperaturas de fabricación y compac-

po y la disminución de la oxidación del asfalto, el uso de mezclas asfálticas tibias reduce las temperaturas de trabajo sin afectar a las propiedades, calidad y desempeño de la mezcla asfáltica resultante.

Con respecto a la tecnología del asfalto espumado, estudios previos muestran que una varilla graduada es comúnmente usada para caracterizar y medir las propiedades del asfalto espumado en términos de coeficiente de expansión (ER_{max}) y vida media (HL). ER_{max} es definido como la relación del volumen máximo de asfalto espumado comparado con el volumen ocupado por la misma masa de asfalto sin espumar y sin agua; HL es definido como el tiempo requerido para la espuma de asfalto para colapsar a la mitad del volumen máximo. Sin embargo, este método presenta algunas limitaciones, sobre todo en la lectura de ambos parámetros debido a que las burbujas pueden confundir la medición de la espuma sobre la varilla.

2. ANÁLISIS EXPERIMENTAL

2.1 Materiales usados en este trabajo

Los agregados pétreos utilizados en este trabajo son procedentes de las zonas aledañas a la Ciudad de México y de origen volcánico. Mientras que el asfalto es procedente de la refinería de PEMEX-Salamanca clasificado con un grado de desempeño PG 64-16. Las mezclas asfálticas fueron diseñadas con el Método Marshall, 50 golpes por cara.

2.2 Fabricación y medición de las características del asfalto espumado

El método utilizado para producir mezclas de asfalto espumado consiste en la utilización de un equipo de laboratorio para espumar asfalto, el cual es capaz de dosificar una cantidad de agua y de asfalto de manera simultánea en una proporción establecida, resultando una expansión instantánea, debido al choque térmico entre ambos componentes. Posteriormente, la espuma resultante se deposita sobre una vasija de acero previamente calentada y que contiene el material pétreo a la temperatura de trabajo.

2.3 Calibración en la dosificación de asfalto

Un paso importante en el proceso es controlar el tiempo de descarga del asfalto espumado que va a ser adicionado al material pétreo. Para calibrar la descarga se grafica el peso del asfalto que genera el equipo con respecto al tiempo. Los datos se obtienen pesando la cantidad de asfalto obtenido en diferentes tiempos de descarga. La cantidad de agua que va a ser adicionada se determina mediante el uso del medidor de flujo. A continuación, el mezclador se coloca directamente debajo de la salida de la cámara de expansión de formación de espuma y se mezcla con el agregado.

2.4 Evaluación de las propiedades de la espuma

Para dar soporte a este estudio, el primer paso fue la evaluación del espumado de asfalto provocado solamente con la adición de agua a diferentes concentraciones. Se determinó el tiempo de vida media de la espuma y su coeficiente de expansión en un rango de concentraciones entre 0.5 y hasta 4.0% de agua sobre el peso del asfalto determinando la concentración óptima de agua para espumar. La evaluación se realizó en condiciones de laboratorio con el uso de la planta de espumado.



Figura 2. Equipo de espumado completo que lo conforma: dispositivo de espumado, mezclador de asfalto y distanciómetro láser (Fuente: elaboración propia) Lasfalto S de R. L. .

Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado

En la figura 3 se observa la capacidad mínima en las propiedades de espumado con agua presentando un tiempo de vida media inferior a 20 segundos, este se considera como un tiempo insuficiente para realizar un buen mezclado durante el proceso de producción de mezcla asfáltica tibia que requiere de al menos 30 segundos para lograr una incorporación homogénea (Jenkins et al, 1999), poniendo de manifiesto que es necesaria la incorporación de un aditivo que permita prolongar el tiempo de vida media de la espuma y así aumentar la probabilidad de contacto del asfalto con el pétreo. Para este trabajo se dibujó una gráfica de equilibrio entre el porcentaje de agua vs propiedades de la espuma (HL y Er), para este caso la intersección de ambas condiciones es de 2.8% de agua. Sin embargo, para esta investigación fue más importante el tiempo de vida media (tiempo disponible para mezclarse con el agregado). Por lo tanto, el porcentaje de agua seleccionado fue de 2% de agua con respecto al peso del asfalto.

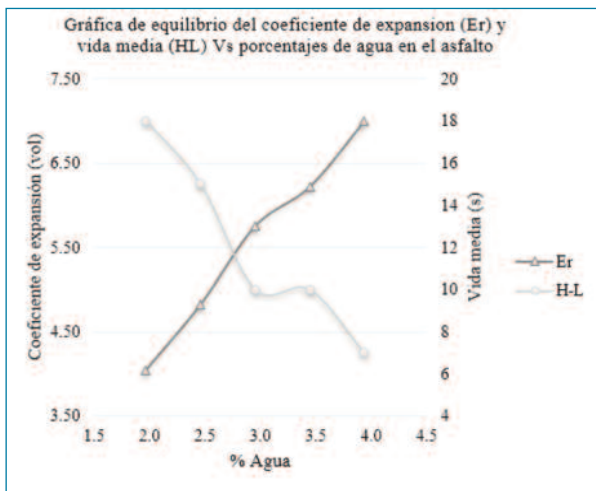


Figura 3. Gráfica de equilibrio de la vida media y coeficiente de expansión en relación con el porcentaje de agua,

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el objetivo de mejorar las características del espumado y por consiguiente las condiciones de producción y desempeño de la mezcla asfáltica, se realizaron pruebas utilizando 8 aditivos diferentes para asfalto espumado, además del agua. Se determinaron las propiedades de la espuma obtenida (tiempo de vida media, coeficiente de expansión y homogeneidad de la burbuja) y se compararon con los resultados obtenidos con las características de la espuma generada con agua. Todos los adi-

tivos fueron agregados en el agua para después mezclarse con el asfalto.

El asfalto base o betún utilizado en este trabajo para espumar; está clasificado como un asfalto PG 64-16 (AC-20), este es procedente de la refinería de Pemex-Salamanca, ubicado en el estado de Guanajuato. Cabe mencionar que este asfalto funcionó como base para espumar con cada uno de los aditivos usados en este trabajo.

La medición de las propiedades de la espuma se hizo con la ayuda de un distanciómetro laser, en los métodos tradicionales se usa una varilla para medir la vida media y coeficiente de expansión, sin embargo, este método suele ser complicado para registrar las alturas de la espuma respecto al tiempo, debido a que para el ojo humano es fácil confundir alturas en movimiento y el registro segundo a segundo, para esto, el uso de un distanciómetro laser se vuelve necesario, el distanciómetro se coloca en un punto fijo (en un trípode, ver figura 4) así el láser detecta los cambios de altura en el recipiente en el que se coloca la espuma de asfalto, por lo que hace registros de alturas vs tiempo durante toda la evolución del proceso de espumado, entonces, de esta manera en este proceso se mide el coeficiente de expansión y vida media. Además, paralelo al proceso de medición se hacen fotografías a cada segundo para visualizar el tamaño de la burbuja, estas fotografías son ingresadas a AutoCAD para después ser escaladas en base al diámetro conocido del recipiente donde fue hecho el proceso de espumado, después se contabilizan las burbujas de un mismo tamaño y su respectivo diámetro de cada una de ellas durante todo el proceso (ejemplo: figuras 9 y 10), finalmente, se grafican en el tiempo correspondiente a la vida media de cada asfalto para poder distinguir las calidades de la espuma con diferentes aditivos, siendo este un punto de comparación para cada una de las variables (ver gráfico de figura 11).



Figura 4. Distanciómetro láser para la medición de coeficiente de expansión y vida media del espumado (Fuente: elaboración propia) Lasfalto S. de R. L.

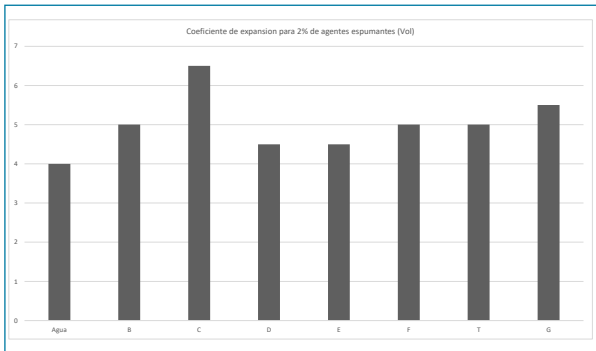


Figura 5. Coeficiente de expansión para un 2% de agua vs 2% agentes espumantes

En la figura 5 se observa que el uso de un aditivo o agente espumante incrementa el coeficiente de expansión de la espuma de asfalto con respecto al obtenido con el agua.

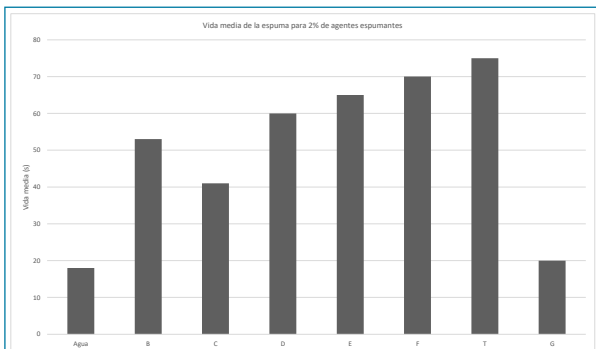


Figura 6. Vida media para un 2% de agua vs agentes espumantes.

En la figura 6 se presenta el tiempo de vida media de la espuma obtenida con los diferentes agentes espumantes con un

2% de agua. En donde es evidente que los productos F y T ofrecen los tiempos de vida media más largos, aunque no necesariamente presenten los coeficientes de expansión más altos. Como se explicó anteriormente, la característica determinante para lograr el completo recubrimiento del pétreo durante el mezclado es el tiempo de vida media de la espuma, por lo que el aditivo identificado como "T" es sobresaliente en este rubro y brinda tiempos de mezclado adecuados para la producción de mezclas asfálticas tibias.

De acuerdo con los resultados anteriores se procedió a determinar la concentración óptima de aditivo T requerida para espumar el asfalto, según el coeficiente de expansión y el tiempo de vida media de la espuma como se muestra a continuación en la figura 7.

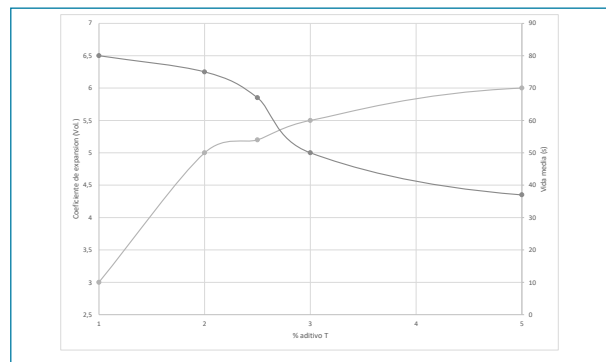


Figura 7. Grafica de equilibrio para definir el contenido óptimo de aditivo T.

El contenido óptimo de uso de aditivo T es de 2.2% sobre el peso del asfalto, teniendo un rango de trabajo desde 2.2% hasta 3.5% sobre el peso del asfalto según lo demanden las características del asfalto utilizado y el diseño de la mezcla.

En la figura 8 se incluye la comparativa del tiempo de vida media y el coeficiente de expansión de la burbuja obtenida con el aditivo T con respecto a los obtenidos con agua, siendo 4.2 y 1.25 veces mayores respectivamente los resultados obtenidos con el aditivo T.

Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado

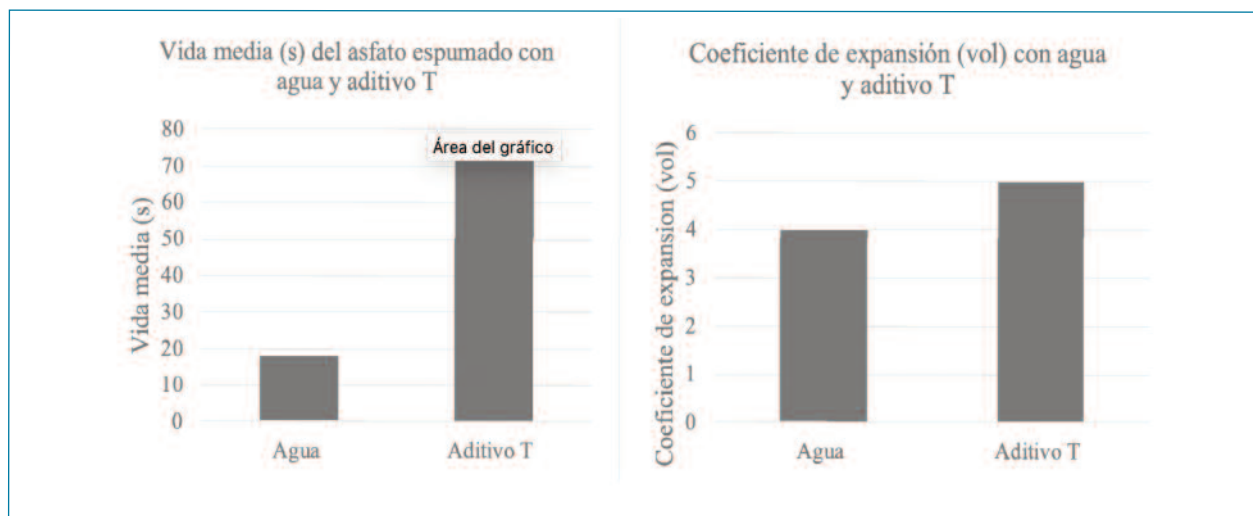


Figura 8. Coeficiente de Expansión (ErMAX) y tiempo de vida media (HL) del asfalto espumado, usando aditivo T vs el espumado con agua

En la tabla 1 se presentan los tamaños de burbuja y su tiempo de vida media al utilizarse diferentes concentraciones del aditivo T. Lográndose una burbuja pequeña y uniforme con larga duración.

bre sobre el agregado. El tamaño de burbuja obtenida con el aditivo T es más pequeña, homogénea. Tales dimensiones generan un incremento en la superficie específica del asfalto que entra en contacto con el agregado pétreo, lo que significa:

Tabla 1. Tiempo de vida y tamaño de las burbujas de material asfáltico usando agua vs aditivo T.

Aditivo T	Concentración respecto al asfalto (%)	Tamaño de la burbuja (mm)	Tiempo de vida (s)
1	1.0	0.50 – 3.0	< 35
2	2.0	0.50 – 3.0	> 75
3	2.5	0.50-3.5	70
4	3.0	0.50 – 4	60
5	3.5	0.50 – 3.0	50
6	4.0	0.50-3.5	< 45
7	4.5	0.50-2.5	< 30
8	5.0	0.50-3.0	< 30
Agua	Concentración de agua sin aditivo		
	2.0	4 – 10	< 20

Las imágenes muestran visualmente el cambio entre el tipo de burbuja y espuma producidas con agua (ver figura 9) y el tipo de burbuja producidas con aditivo el aditivo T (ver figura 10), cuando el asfalto es espumado sólo con AGUA se producen burbujas de diversos tamaños que impiden la estabilidad en la espuma y producen un recubrimiento heterogéneo y po-

1. Una mayor capacidad para cubrir totalmente el agregado pétreo y mejorar el contacto íntimo entre el asfalto y el agregado.
2. Un incremento en el tiempo disponible de mezclado, prolongando la manejabilidad de la mezcla durante el proceso de producción, almacenamiento, transpor-

te y tendido.

3. Un incremento en la compactabilidad de la mezcla permitiendo obtener las propiedades volumétricas de diseño de la mezcla a temperaturas más bajas.

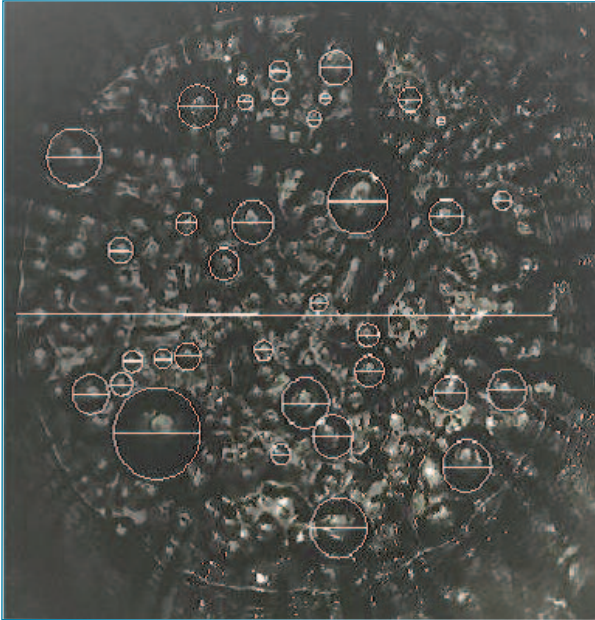


Figura 9. Características de una espuma producida con agua. Se observan burbujas con un tamaño heterogéneo e inestable (Fuente: Fotografías tomadas durante las pruebas, elaboración propia).

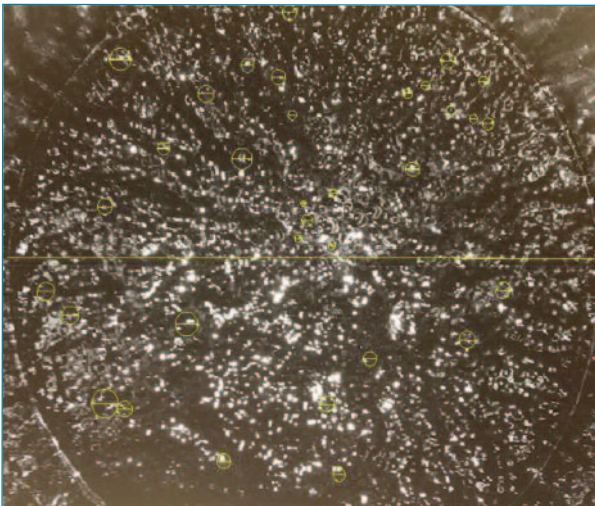


Figura 10. Características de una espuma producida con aditivo T, en la que se observan burbujas con un tamaño homogéneo y estable (Fuente: Fotografías tomadas durante las pruebas, elaboración propia).

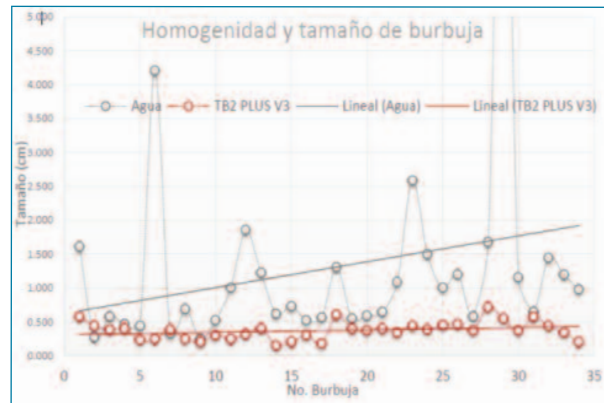


Figura 11. Comparación del comportamiento y distribución de la burbuja en espumado con agua y aditivo T, grafica en la que se representa en el número de burbujas versus el tamaño de burbuja en cm.

3.1 Proceso de mezclado y pruebas de desempeño

Una vez seleccionado el aditivo T como el que proporciona las mejores características a la espuma se evaluó su comportamiento durante el mezclado y elaboración de probetas asfálticas para la evaluación de su desempeño. Al mismo tiempo los resultados obtenidos se compararon con los resultados de mezcla asfáltica fabricada con asfalto espumado, pero con las temperaturas de una mezcla en caliente (155 °C) y con mezcla asfáltica tibia espumada sólo con agua.

El proceso de la fabricación de las probetas de mezcla asfáltica tibia para este trabajo comprendió:

1. Secar y calentar el agregado pétreo a una temperatura de 135°C.
2. Calentar el material asfáltico a una temperatura de entre 135°C.
3. Inyectar a presión el aditivo T en la cámara de espumado junto con el asfalto.
4. Mezclar la espuma con el agregado por un tiempo de 3 minutos.
5. Mantener durante 2 horas la mezcla a una temperatura de 125°C con el objeto de simular el proceso de curado (tiempo destinado para que los agregados absorban el asfalto antes del proceso de compactación, además de simular el tiempo de recorrido al sitio de la obra) de la mezcla.
6. Finalmente, compactar la mezcla en el compactador giratorio o compactador Marshall.

El proceso de la fabricación de las probetas de mezcla asfáltica espumada en caliente para este trabajo comprendió:

Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado

1. Secar y calentar el agregado pétreo a una temperatura de entre 155°C.
2. Calentar el material asfáltico a una temperatura de entre 155°C.
3. Inyectar a presión el aditivo T en la cámara de espumado junto con el asfalto.
4. Mezclar la espuma con el agregado por un tiempo de 3 minutos.
5. Mantener durante 2 horas la mezcla a una temperatura de 145°C con el objeto de simular el proceso de curado de la mezcla.
6. Finalmente, compactar la mezcla en el compactador giratorio o compactador Marshall.

La granulometría usada durante este trabajo es el equivalente a una mezcla densa diseñada con el Método Marshall. Bajo esta curva se realizaron pruebas de desempeño como estabilidad y flujo, Módulo resiliente (ASTM D 4123), TSR Tensile Strength Ratio (AASHTO T 283) y desprendimiento por fricción (AMAAC RA-08).

La evaluación de estos parámetros permite determinar la resistencia y durabilidad de la mezcla asfáltica a largo plazo, como consecuencia del proceso de producción y sobre todo de las características del aditivo que permitan incrementar la adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto y de esta manera disminuir la susceptibilidad de la mezcla a la humedad.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en tres series de pruebas. Primeramente, se analiza una mezcla en caliente con asfalto espumado que funciona como una referencia para la evaluación. Con la mezcla asfáltica espumada en caliente se alcanzan módulos alrededor de los 3500 MPa. Los datos muestran que las mezclas producidas a temperaturas intermedias con el aditivo T obtienen valores de módulo muy parecidos a los valores obtenidos con las mezclas en caliente alrededor de los 3200 MPa. Las mezclas asfálticas tibias obtenidas con asfalto espumado con agua ofrecen valores de módulo inferiores a 2500 MPa, lo que denota una mezcla más deformable con respecto a las mezclas obtenidas con el aditivo T y con la técnica de mezcla asfáltica en caliente.

La naturaleza de la prueba de estabilidad impide conseguir una diferenciación eminente entre los resultados obtenidos para los tres tipos de mezcla para comparar, mientras que en la evaluación de susceptibilidad a la humedad (TSR) de las mezclas producidas con aditivo T presentan un desempeño deseable por ofrecer un comportamiento superior que aquellas mezclas obtenidas con asfalto espumado con agua. El resultado de la prueba de desprendimiento evidencia un importante aporte del aditivo T ya que aumenta considerablemente la resistencia al desprendimiento a un 16% mientras que las mezclas que no cuentan con este aditivo anti-desprendimiento se ven seriamente afectadas en este parámetro, con desprendimientos al 50%.

Tabla 2. Pruebas de desempeño a especímenes producidos en Laboratorio con dos contenidos de agua y aditivo diferentes en la columna de agente espumante se indica si se espumo con agua o aditivo.

Agente espumante	Contenido de asfalto (%)	% agua o Aditivo para espumar	Módulo Resiliente (MPa)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	TSR (%)	Desprendimiento por fricción (%)
PRUEBA 1							
MAC (Agua) 155°C	6	2.2	3800	>1200	<4	93	> 50
MAT (Agua) 135°C	6	2.1	2108	>1000	<4	87	> 50
MAT + aditivo T- 135°C	6	2.1	3420	>1000	<4	90	14
PRUEBA 1.2							
MAC (Agua) 155°C	6	3.3	3542	>1200	<4	88	> 50
MAT (Agua) 135°C	6	3.1	2495	>1000	<4	72	> 50
MAT + aditivo T 135°C	6	3.0	3135	>1100	<4	83	14
MAT=Mezcla Asfáltica Tibia							
MAC= Mezcla Asfáltica espumada en Caliente							

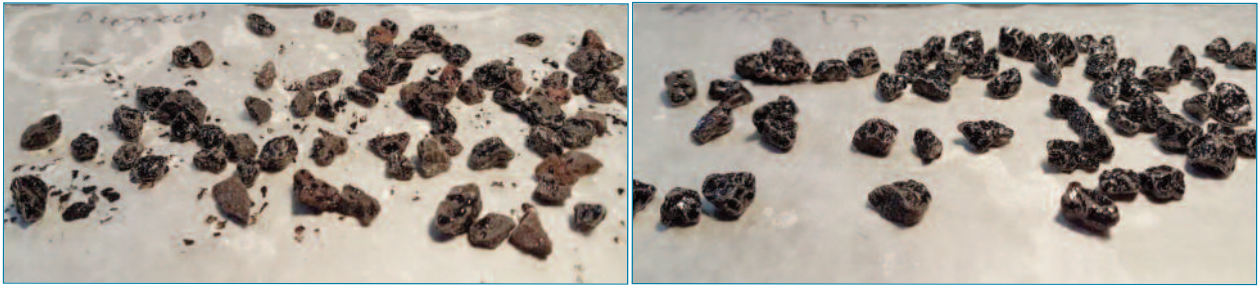


Figura 12. Desprendimientos para el agregado con asfalto espumado con agua (Izq), y espumado con asfalto + aditivo T (Der).

4. CONCLUSIONES

El uso del aditivo T facilita el proceso de mezclado en la producción de mezcla asfáltica tibia porque incrementa la vida media de la burbuja de asfalto más de 4 veces con respecto a la espuma producida sólo con agua. El tiempo de vida media incrementa por encima de los 75 s, tiempo suficiente para lograr un mezclado homogéneo y consecuentemente el recubrimiento total del agregado.

El tamaño de la burbuja obtenida con el aditivo T es diminuto y homogéneo por lo que el área superficial de contacto en el asfalto espumado es mayor y se garantiza el recubrimiento total del agregado durante el mezclado.

Las mezclas asfálticas tibias obtenidas con el aditivo T son mezclas con parámetros de desempeño deseables con valores de módulo alrededor de 3200 MPa, valores cercanos a los obtenidos con mezclas asfálticas espumadas en caliente.

El aditivo T proporciona mejor desempeño y mayor durabilidad a las mezclas asfálticas tibias porque incrementa la resistencia a la humedad. Esto se observa en los mayores porcentajes de TSR con respecto a una mezcla asfáltica obtenida con asfalto espumado solamente con agua y en los valores de desprendimiento que se disminuyen hasta valores cercanos al 16%.

Las mezclas asfálticas tibias disminuyen el proceso de oxidación al trabajar con temperaturas más bajas que las mezclas asfálticas en caliente.

Adicionalmente, el aditivo T favorece el uso de tecnologías limpias y contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero sin afectar de manera adversa el desempeño de la mezcla en el pavimento.

7. REFERENCIAS

[1] Yin, F., and Arambula, E. 2014. "Effect of water content on binder foaming characteristics and foamed mixture properties", TRB (2014).

[2] Newcomb, D., Arambula, E., Yin, F., Zhang, J. Properties of Foamed Asphalt for Warm Mix Asphalt Applications. NCHRP Report 807. TRB (2015).

[3] Goh, S., You, Z., Van Dam, T.J.: "Laboratory Evaluation and Pavement Design for Warm Mix Asphalt". Proceedings of the 2007 Mid-Continent Transportation Research Symposium, Center for Transportation Research and Education. Iowa State University, Ames, Iowa (2007).

[4] Yu, X.; Wang, Y.; Luo, Y. 2013. "Impacts of water content on rheological properties and performance-related behaviours of foamed warm-mix asphalt", Construction and Building Materials 48: 203–209. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.018>

[5] Hugo, M. R. D.; Silva, Joel, R. M. Oliveira; Peralta, J. A.; Salah, E.; Zoorob, B. 2010. "Optimization of warm mix asphalt using different blends of binders and synthetic paraffin wax contents", Construction and Building Materials 24(9): 1621–1631. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.030>

[6] Iwanski, M.; Mazurek, G. 2013. "Optimization of the Synthetic Wax Content on Example of Bitumen 35/50", Procedia Engineering 57: 414–423. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.054>

[7] Jenkins, K.J., Van de Ven M.F.C. y De Groot J.L.A., (1999). "Characterisation of foamed bitumen", 7th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, CAPSA 99.

[8] Wirtgen GMBH, (1998). Cold Recycling Manual, Wirtgen Gmbh, Windhagen, Germany.

[9] Macarrone S., Holleran G., Leonard D.J. y Hey S., (1994). "Pavement recycling using foamed bitumen", 17th ARRB Conference Proceedings held in Gold Coast, 15-19 August 1994, Queensland.

[10] JENKINS, K.J. (1999), "Mix design considerations for cold and half - warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen", unpublished Phd. thesis, University of

Stellenbosh, South Africa.

- [11] ABEL, F. (1978), Foamed asphalt base stabilization, 6th Asphalt Paving Seminar, Colorado State University.
- [12] BISSADA, A.F. (1987), "Structural response of foamed-asphalt-sand mixtures in hot environments, Transportation Research Board" (Transportation Research Record 1115), Washington DC.
- [13] Jenkins, K. J.; Molenaar, A. A. A.; de Groot, J. L. A.; Van de Ven, M. F. C. 2000. "Optimisation and Application of Foamed Bitumen in Road Building". Wegbouwkundige Werkdagen, Doorwerth, Netherlands.
- [14] Kim, Y.; Lee, H. D.; Heitzman, M. 2009. Dynamic Modulus and Repeated Load Tests of Cold In-Place Recycling Mixtures Using Foamed Asphalt, *Journal of Materials in Civil Engineering* 21(6): 279–285. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2009\)21:6\(279\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:6(279))
- [15] Saleh, M. F. 2007. Cost evaluation of foam bitumen and other stabilization alternatives, *International Journal of Pavement Engineering* 8(2): 157-161. Taylor and Francis. <http://dx.doi.org/10.1080/10298430601149585>
- [16] Iwanski, M.; Chomicz-Kowalska, A. 2012. Moisture and frost resistance of the recycled base rehabilitated with the foamed bitumen technology, *Archives of Civil Engineering*, ISSN 1230-2945, Komitet Inżynierii Lądowej I Wodnej PAN, Vol. 58, nr 2, 2012, 185-198. Available from Internet: <http://versita.metapress.com/content/h304561t24457521/fulltext.pdf>. <http://dx.doi.org/10.2478/v.10169-012-0011-2>
- [17] Iwanski, M.; Chomicz-Kowalska, A. 2013. Laboratory Study on mechanical Parameters of Foamed Bitumen Mixtures in the Cold Recycling Technology, *Procedia Engineering* 57: 433–442, Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.056>
- [18] Akeroyd F.M. y Hicks B.J., (1988). Foamed bitumen road recycling, highways, Volume 56, Number 1933, pp 42-43, 45.
- [19] Csany, 1957. Foamed Asphalt in Bituminous paving Mixes. Highway Research Board Bulletin Volume 10 No. 160. Pp. 108-112.
- [20] Arzhavitina, A. and H. Steckel. 2010. Foams for Pharmaceutical and Cosmetic Application. *International Journal of Pharmaceutics*, 394 (1–2), 1–17.

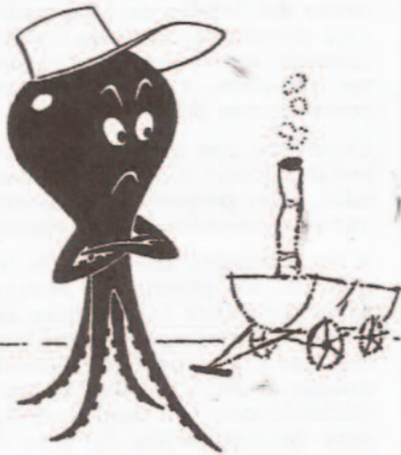
Mirando al pasado

Boletín

P ROAS

PRODUCTOS ASFÁLTICOS, S.A. • PROAS • ARENAL, 9 • TELEF. 32 06 00 • MADRID

25



Voy a hablarles hoy de la **chocolatera**, ese monstruo antediluviano, azote de nuestros caminos y símbolo de tantos males de nuestra red viaria.

Ya saben ustedes lo que es una **chocolatera**... Un esperpento renegrido y abollado, con sus cuatro ruedas rechonchas, su desgarrada chimenea y sus entrañas de fuego bravío y asesino. En su seno se perpetran cada día los más horribles crímenes de lesa asfalto a lo largo de nuestras maltratadas carreteras, y su silueta se recorta sobre los horizontes de nuestra hispana tierra como negra bandera de la decrepitud y el primitivismo.

Hay, sin embargo, quienes buscan en la **chocolatera** un cierto tono folklórico, sobre todo cuando aquélla aparece inesperadamente en cualquier rincón

de nuestra geografía, rodeada de borriquillos de pezuñas embotadas de asfalto, que acarrearán serones de grava sobre sus albardas y de mujerucas de negras haldas que esparcen cuarcita sobre la variolosa superficie de cualquier camino más o menos vecinal.

La verdad es que a nosotros no nos gusta tal chisme... Bueno, la verdad ¡verdad!, es que le odiamos cordialmente y que no comprendemos cómo todavía hay detrás de algunas mesas de despacho quienes le encuentran ciertos atractivos y se oponen a su desaparición.

Ya sé lo que ustedes me dirán... que por ahora no hay otra solución, que con las **chocolateras** se ha ganado y se gana dinero, que la maquinaria moderna es un lujo que aquí no nos podemos permitir y hasta que con tales artefactos el fraude es más difícil. ¡Bendito sea Dios! ¡Qué cosas se dicen a veces...!

Fijense en lo que me voy a atrever a decirles: solamente el día en que la última **chocolatera** de España haya ido a parar al más oculto montón de chatarra de nuestra tierra, podremos, todos los que alrededor del asfalto andamos y vivimos, considerar que nuestro oficio ha amanecido. Y pidamos al Cielo que en su destino final puedan acompañar a tal artefacto todas aquellas cosas e ideas que, en nuestro mundillo asfáltico, son viejas, equivocadas y pobretonas.

Tenía muchas ganas de decirles todo esto y ahora que se lo he dicho me pregunto si habré podido herir alguna susceptibilidad. Si así hubiera sido, pido humildemente perdón por la forma, pero no rectifico ni un ápice del fondo.

Betunio



LA
CARRETERA
DEL
FUTURO

Noticias del sector

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

La XVI Jornada Nacional de ASEFMA analizará la evolución de la pavimentación en los últimos 50 años

Madrid se convierte un año más en el centro neurálgico del debate sobre pavimentación asfáltica los días 14 y 15 de diciembre de 2021. Dos jornadas donde académicos, técnicos y profesionales del asfalto y de las infraestructuras de carreteras analizarán la evolución de la pavimentación en los últimos 50 años y debatirán sobre retos futuros en la XVI Jornada Nacional de ASEFMA.

Las inscripciones para la modalidad virtual en 2D y para el seguimiento en streaming ya pueden realizarse desde la plataforma online de itafec, con una tarifa especial para socios. Del mismo modo, también queda abierto el registro para la asistencia presencial al evento, que se realizará en las instalaciones de Canopy by Hilton (Plaza Carlos Trías Bertrán 4, 28020 Madrid), con un aforo máximo de 120 personas. En este caso, las inscripciones se realizan vía correo electrónico a la secretaría técnica de ASEFMA (asefma@asefma.com.es).

La perspectiva histórica y técnica de la evolución de la pavimentación asfáltica durante las últimas cinco décadas será el eje central de la XVI Jornada Nacional de ASEFMA que se desarrollará, como ya se ha dicho anteriormente, en diciembre de 2021 en una modalidad mixta: presencial y online con streaming HD integrado en plataforma interactiva. Este evento se alzaría como el primero de los actos que se celebrarán en los próximos dos años para celebrar el 50 aniversario de la constitución de EAPA (1973) y de Asefma (1974).

La XVI Jornada Nacional de ASEFMA presenta dos importantes novedades con respecto a las anteriores ediciones. Por un lado, las comunicaciones técnicas libres dejan de tener cabida en este evento para concentrarse en las jornadas técnicas de la entidad, cuya siguiente edición se celebra-

rá en 2022. Por otro lado, las propuestas a las mejores prácticas ambientales del sector adquieren todo el protagonismo: no solo optan al Premio MPA 2021 sino que también serán expuestas por los autores durante la Jornada Nacional.

Con el objetivo de analizar la evolución de la pavimentación en los últimos cincuenta años y reconocer los retos a los que se enfrenta la pavimentación asfáltica e infraestructuras de carreteras, esta decimosexta edición abordará temáticas tan diversas como el desarrollo y análisis de los diferentes tipos de mezclas bituminosas en España y en el mundo; la evolución de la maquinaria de puesta en obra y líneas de desarrollo actuales; o la panorámica de las principales empresas de pavimentación, centros tecnológicos y grupos de investigación españoles.

Además, durante la XVI Jornada Nacional de ASEFMA se entregarán los premios:

- Premio MPA a las Mejores Prácticas Ambientales
- Premio Asfaltero 4.0
- Reconocimientos a la trayectoria profesional de particulares y entidades

Juan Francisco Lazcano recibe la Gran Cruz de la Orden del Mérito Civil

El pasado 12 de octubre, se publicó en el BOE el Real Decreto 892/2021, que acuerda la concesión de la Gran Cruz de la Orden del Mérito Civil a Juan Francisco Lazcano. Una condecoración que supone el reconocimiento oficial de los méritos y circunstancias del actual presidente de la AEC (Asociación Española de la Carretera), que fue aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del 11 de octubre.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Juan Lazcano (Madrid, 1945) ha dedicado toda su trayectoria profesional a

las infraestructuras viarias. Ostenta en la actualidad la presidencia de la AEC, pero hasta febrero de este mismo año también ocupaba la presidencia de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y de la Fundación Laboral de la Construcción (FLC), cargo que asumió durante las últimas dos décadas, y era miembro del patronato de la Plataforma Tecnológica Española de Construcción (PTEC).

Previamente, en el período 1996-2004, ejerció como Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento y antes: como Subdirector General de Construcción del Ministerio de Obras Públicas (1985-1996). También fue consejero de diversas empresas y entidades como AENA, la Empresa Nacional de Autopistas o el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), entre otros, y vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP).

Juan Lazcano suma este reconocimiento a su lista de condecoraciones recibidas, como la Encomienda del Mérito Civil, la Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Medalla de Plata de Galicia y la Medalla de Oro de la Asociación Española de la Carretera.

El Colegio de Ingenieros de Caminos ha concedido a nuestro compañero y amigo Jacinto Luis García la medalla al Mérito Profesional 2021

El pasado 18 de octubre, tuvo lugar, en el auditorio Be-tancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Madrid, la ceremonia de entrega de las medallas colegiales 2020 y 2021.

En este acto nuestro compañero del Comité de Redacción de la Revista Asfalto y Pavimentación, Jacinto Luis García recibió la medalla al Mérito Profesional 2021. Con toda nuestra alegría, el equipo completo de la Revista transmitimos nuestra más sincera enhorabuena a Jacinto por esta medalla absolutamente merecida.

FELICIDADES JACINTO.

ASEFMA ha participado en el 7º Seminario internacional sobre pavimentos asfálticos de HAD

El presidente de la patronal española de fabricantes de

mezclas asfálticas, Juan José Potti, participó el pasado 30 de septiembre en el 7º Seminario internacional sobre pavimentos asfálticos, un evento que se celebraba en la ciudad croata de Opatija.

El programa se completó con otras trece intervenciones de ponentes procedentes de Alemania, Croacia, Francia, Italia y Polonia que abordaron temáticas relacionadas con la innovación en carreteras, la digitalización y la sostenibilidad.

EAPA reconoce signos de “nueva normalidad” y anuncia el retorno de los eventos presenciales en el sector

La Fundación Eurasphalt, responsable de los congresos E&E pero también de la campaña “Asphalt Advantages”, adelanta las próximas fechas para sus eventos de referencia y anuncia que ambas citas serán presenciales. De este modo, el evento E&E, cuya primera edición se celebró en Berlín en 2018, queda programado para noviembre o diciembre de 2022 en la capital austriaca, mientras que el 8º Congreso E&E se celebrará en Budapest en mayo o junio de 2024. Es esta una de las principales noticias que publica el número 48 de la revista de EAPA (EAPA Magazine), cuyas páginas también recogen la composición de la nueva presidencia, así como actividades y eventos destacados de la entidad y sus socios.

“Tras meses de desafíos comenzamos a ver, por primera vez, los primeros signos de nueva normalidad” expresa en la revista Breixo Gómez, director técnico de EAPA, en referencia a las circunstancias y adaptaciones realizadas por la emergencia sanitaria del COVID-19. En esta línea menciona cómo las tecnologías digitales han ayudado a que se desarrollen los eventos de la entidad, como el E&E Congress 2021 previsto en modalidad presencial Madrid pero finalmente desarrollado en plataforma virtual, o las reuniones internas de equipo y grupos de trabajo. También señala la llegada de los primeros eventos presenciales como la Asamblea General de ZAS o el 7º Seminario internacional sobre pavimentos asfálticos de HAD, en los que fue invitado el presidente de ASEFMA, Juan José Potti.

La revista de EAPA también anuncia una nueva sección incorporada a la web de la entidad: “Five Questions to...”, en la que miembros del comité ejecutivo, directivos y coor-

dinadores de grupos de trabajo de la asociación responden a cinco preguntas sobre su vinculación con EAPA, desafíos de la industria del asfalto y perspectiva de futuro. Juan José Potti expresa que “su vinculación con EAPA comenzó en abril de 2006” cuando inició su actividad en ASEFMA y respecto a EAPA apunta que forma parte del comité técnico, es miembro del grupo de directores y del comité ejecutivo, preside el comité de asfalto 4.0 y desde 2021: es presidente de la asociación.

“El gran cambio en la industria del asfalto ya ha comenzado”, afirma Potti en el cuestionario a dirigentes de EAPA. “La digitalización, transformación digital o asfalto 4.0 es el mayor desafío al que nos enfrentamos y una gran oportunidad”. En esta línea augura un futuro brillante para el sector: “Estamos viviendo un momento único donde las obligaciones medioambientales se mezclan con las digitales en el ejercicio de la actividad y con un nuevo concepto de movilidad”, afirma. “Si hacemos que de aquí surjan objetivos SMART que permitan crecer la visión y el sector, nos espera un futuro brillante”.

AEMA e IBEF organizaron el ISAET'2021 (International Symposium on Asphalt Emulsion Technology) del 26 al 28 de octubre de 2021

Organizado bajo los auspicios de la Asociación de Fabricantes de Emulsión asfáltica (AEMA) y la Federación Internacional de Emulsión de Betún (IBEF), este simposio, generado durante el "Primer Congreso Mundial sobre Emulsiones" celebrado en París, Francia, en 1993, celebró el séptimo de una serie de simposios dedicados a la industria internacional de las emulsiones asfálticas. En 2021, por la situación generada por la COVID, el Symposium ISAET se ha llevado a cabo de forma virtual

El simposio contempló la investigación y la práctica en la fabricación, uso y desempeño de las emulsiones asfálticas. Este Symposium de 2021 ha proporcionado un foro para la discusión de trabajos de investigación líderes, incluyendo la implementación de la investigación en la práctica para la producción de emulsiones de asfalto ecoeficientes y de mejor rendimiento.

El programa técnico se desarrolló a lo largo de tres medios días y se ha basado en las sólidas tradiciones estableci-

das por los Congresos Mundiales de Emulsiones y los Simposios Internacionales de Emulsiones Asfálticas (ISAET), celebrados en años anteriores. El Simposio Internacional de Tecnología de Emulsión 2021 (ISAET) ha reunido a expertos de la industria emulsionera de todo el mundo.

Las tres sesiones de trabajo tuvieron la siguiente temática y coordinadores:

- Martes 26 de octubre, Emulsión Asfáltica - Nuevos Desarrollos, Nuevos Diseños y modelización. Coordina: Gaylon Baumgardner (Presidente IBEF)
- Miércoles 27 de octubre, Técnicas de conservación de pavimentos: rendimiento, diseño y nuevos métodos de ensayo de laboratorio. Coordina: María del Mar Colás (Vice-Presidenta IBEF)
- Jueves 28 de octubre, Aplicación de técnicas basadas en emulsión asfáltica Coordina: Emmanuel Cornet (Director Ejecutivo IBEF)

La ATC y ACEX organizaron las XVI JORNADAS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS con el lema “La Carretera: Infraestructura Esencial”

La Asociación Técnica de Carreteras, junto a ACEX organizaron estas XVI Jornadas de Conservación, promovidas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, en Sevilla, del 26 al 28 de octubre de 2021 que fueron un éxito por la numerosa participación de profesionales y empresas del Sector:

La conservación es una actividad a medio camino entre el servicio al usuario de la carretera y las imprescindibles obras de rehabilitación del patrimonio. En el ámbito de los contratos de conservación y explotación, hay que destacar la aprobación de un nuevo pliego de prescripciones, que incorpora la explotación de las áreas de servicio junto con el correspondiente contrato de conservación y la incorporación de algunas obras específicas en los contratos. Esto abre nuevas expectativas para el sector; y genera algunas ventajas y posiblemente también algunos nuevos retos.

La Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada (los tres pilares básicos) es la herramienta que quiere guiar la actuación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, plantea un nuevo paradigma, tanto para marcar el nuevo rumbo en nuestras políticas de infraestruc-

turas, transporte y movilidad, como para generar un necesario cambio de la cultura interna del Ministerio.

Uno de los pilares básicos fue la Conectividad a través de la digitalización que es ya una realidad, aunque queda mucho por mejorar y para ello, la infraestructura, el tráfico y los vehículos deben mostrar sus posiciones y aunar esfuerzos.

Otro pilar básico, Movilidad Segura, se articula a través de casi todas las facetas de la conservación de una carretera y en particular en lo referente a la Seguridad vial, la vialidad invernal y la propia seguridad de los trabajadores de conservación.

El tercer pilar básico, la Sostenibilidad, tiene un reflejo importante en la mejora en la ejecución de las inversiones. El incremento del presupuesto de conservación de la DGC del MITMA ha llevado aparejado una mayor licitación de obras de rehabilitación de firmes, estructuras y señalización, entre otras. Debe priorizarse la movilidad cotidiana, la equidad económico-social, la eficiencia energética, y la lucha contra el cambio climático, tratando de minimizar la contribución del transporte a las emisiones contaminantes, tanto de viajeros como de mercancías.

El comité organizador de interCILA anuncia una convocatoria extraordinaria en 2021

“En tránsito hacia el XXI CILA de Punta de Este” es el lema del próximo interCILA 2021 que se celebrará en modalidad exclusivamente online los días 23, 24 y 25 de noviembre. Esta edición extraordinaria cubre en gran medida los días en que estaba previsto el XXI CILA, pospuesto al próximo año por cuestiones derivadas de la situación de emergencia sanitaria provocada por la COVID-19.

El programa técnico interCILA 2021 incluirá temas relacionados con los ensayos prestacionales, el diseño y la maquinaria para la ejecución y puesta en obra de mezclas asfálticas, pero también abordará asuntos medioambientales y servirá de escaparate para la exposición de la actividad de I+D+i del sector.

El mundo de la maquinaria adquirirá un protagonismo mayor que en anteriores ediciones. A la zona de exposiciones online donde las empresas podrán presentar sus nuevos equipos, se suma la dedicación del programa técnico que reserva un día completo para abordar la temática.

Otra novedad de esta edición extraordinaria del interCILA la encontramos en la sesión de proyectos de I+D+i, en la que dos relatores presentarán los proyectos innovadores que se están desarrollando en los países del CILA. En esta línea, el comité organizador del interCILA anima a técnicos e investigadores a enviar un resumen de su proyecto o investigación para ser incluido en dicha sesión.

La Asociación ACEX ha organizado dos concursos



ACEX organiza un año más el concurso de fotografía con el tema conservación y mantenimiento de infraestructuras.

Las imágenes podrán presentarse hasta el 31 de diciembre de 2021, un máximo de 3 fotografías por persona, y deberán enviarse en formato digital (JPG, PNG, TIFF) de 5MB como máximo a info@acex.eu

Para más información consulta las bases del concurso en la página web de ACEX.

Una vez que las fotografías hayan sido enviadas, todas y cada una de las fotografías recibidas se expondrán en una galería dentro de la web de ACEX www.acex.eu

ACEX descartará aquellas fotos que no reúnan un mínimo imprescindible de calidad o que pudieran resultar de mal gusto u ofensivas.

La fecha de recepción de originales se iniciará el 25 de octubre de 2021 y finalizará el 31 de diciembre de 2021, ambas inclusive. El fallo del jurado (formado por la Junta Directiva de la Asociación) será emitido en la primera Junta Directiva del año 2022. Los criterios de evaluación del jurado serán la creatividad y la calidad fotográfica. El fallo del jurado es inapelable.



ACEX organiza un nuevo concurso de felicitación navideña. El dibujo o la ilustración que resulte ganadora será con la que la asociación felicite la Navidad a sus socios y amigos. El plazo para la presentación de trabajos estará abierto hasta el 30 de noviembre de 2021. Consulta las bases en la página web de ACEX.

Podrán participar en este concurso los profesionales y familiares de empresas asociadas a ACEX, así como empresas u organismos relacionados con la asociación o con su actividad. Las obras deben ser originales e inéditas. Las postales presentadas deben ser susceptibles de ser reducidas o ampliadas sin mermar su contenido artístico. Deben presentarse preferentemente en formato horizontal.

El concurso estará dividido en dos categorías:

1. Infantil (con dos subcategorías: menores de 9 años y hasta 13 años).
2. Adultos.

Las postales presentadas, dando la necesaria libertad creativa al autor, deberán ser relativas a la Navidad, al que incluiremos el logotipo de ACEX.

Los trabajos podrán presentarse hasta el 30 de noviembre de 2021. El Fallo del Jurado se hará público el día 3 de diciembre de 2021.

La Asociación ATEB ha organizado su segundo #seminarioATEB

El pasado día 18 de noviembre de 10 a 12h (España) la Asociación ATEB celebró el II #seminarioATEB, donde trataron aspectos relacionados con buenas prácticas de economía circular, sostenibilidad y optimización de procesos y materiales, en la conservación y construcción de carreteras.

Los tres ejes en los que se estructuró este seminario son los siguientes:

- 1.- Optimización de procesos y materiales - Reciclados y Microaglomerados en frío.
- 2.- Sostenibilidad - Estudio SEVE
- 3.- Buenas prácticas de economía circular:

La inscripción fue gratuita y pudo realizarse a través de la página web de ATEB. Después del seminario se dió divulgación a los videos de las presentaciones.

Se esperaba que fuese un seminario web interesante, donde nuevamente se pondrían en valor lo que aportan las emulsiones bituminosas y sus técnicas de pavimentación, como estrategias eficientes y sostenibles para la conservación y construcción de las carreteras.

#97

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas constituyen más del 90% de las vías” (Ricardo Galvis- Una visión sobre el procesamiento del material RAP)

#HECHOS_ECONÓMICOS



Colección de Monografías, en papel, de Asefma

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

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

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

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

MONOGRAFÍAS ASEFMA

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

También disponibles en formato DVD

Calendario de eventos

AÑO 2021

1-3 de diciembre EAPA	18th Colloquium on Asphalt, Bitumen and pavements	Slovenia www.eapa.org
8-9 de diciembre EAPA	8th National Asphalt Symposium and Exhibition	Ankara (Turquía) www.eapa.org
20 de diciembre EUROBITUMEN	Asfalt Dag	Amersfoort (Países Bajos) www.eurobitume.eu
14-15 de diciembre ASEFMA	XVI Jornada Nacional de Asefma	Madrid-(España) www.asefma.es
16 de diciembre AEMA	Webinar: Slurry/mico surfacing construction best practices, Part 2	EUA www.aema.org

AÑO 2022

9-13 de enero TRB	TRB 2022 Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
17 de enero AEMA	2022 Slurry Systems Workshop	Washington DC (EUA) www.aema.org
20 de enero EUROBITUMEN	Recontres Bitume 2022	Paris (Francia) www.eurobitume.eu
23-26 de enero NAPA	2022 NAPA Annual Meeting	The Phoenician (EUA) www.eapa.org
8-11 de febrero PIARC	XVI Congreso Mundial de Vialidad Invernal y Resiliencia de la carretera	Calgary (Canadá) www.atc-piarc.com
21 de febrero AEMA	2022 AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	California (EUA) www.aema.org
23-de marzo EUROBITUMEN	Asphalt and Bitumen Day 22	Bruselas (Bélgica) www.eurobitume.eu
25 de octubre PIARC	2ª Conferencia Internacional de PIARC sobre la explotación y la seguridad de los túneles de carretera y VIII Simposio Nacional de Túneles	Granada (España) www.atc-piarc.com

AÑO 2023

8-12 de enero TRB	2023 NAPA Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
2-6 de octubre NAPA	27th World Road Congress	Praga (República Checa) www.eapa.org



Ojalá todos podamos
CELEBRAR
EL NUEVO AÑO

ADVANTAGE 13: Asphalt is 100% reusable #AsphaltAdvantages

Reducimos **EMISIONES**, **REFORZANDO** el firme ➔

DICIEMBRE 2021

Colaboran:




 /asefma @asefma_es /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		

#CalendarioAsefma

2021

CRÓNICAS DEL COVID
 La historia de 2020 vista desde 2021
LA CARRETERA HA SIDO
"SERVICIO ESENCIAL"
 & Asphalt.ADVANTAGES

Más información en www.asefma.es/afirmaciones-asfalticas y en www.asphaltadvantages.com

Colaboran:





 /asefma @asefma_es /company/asefma @asefma

Belgian Road Research Centre (BRRC)

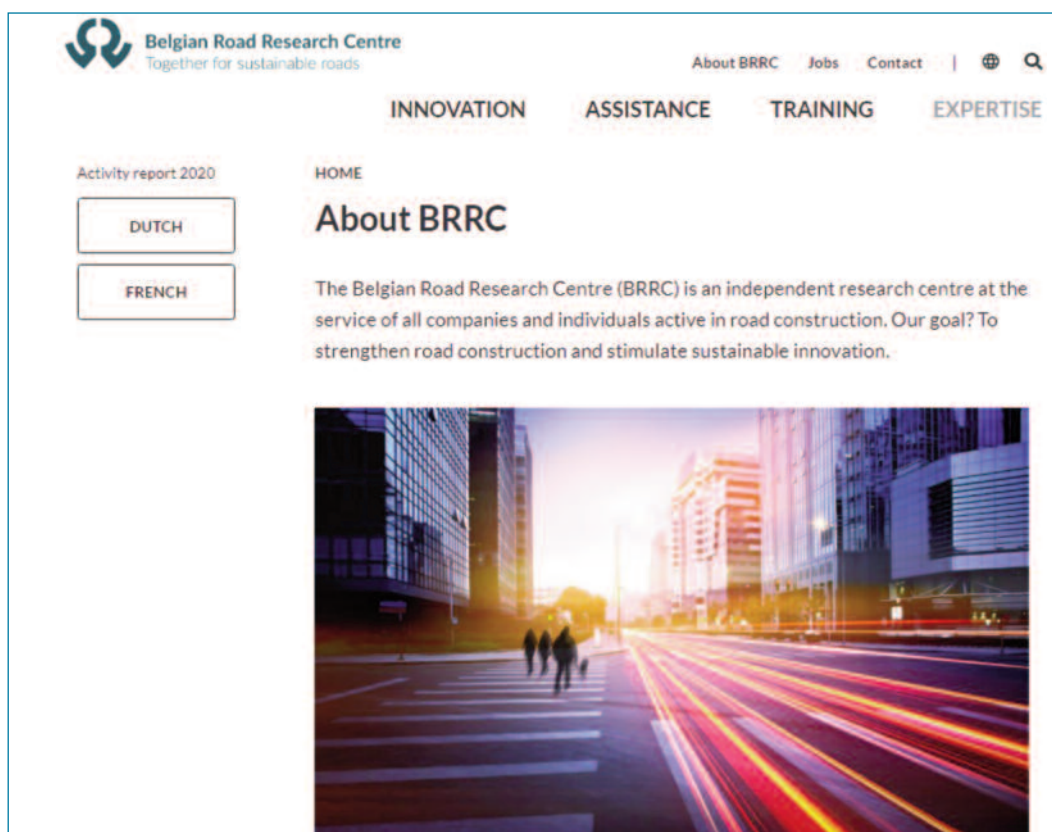
<https://brrc.be/en>

Iniciamos en esta sección dedicada a la I+D+I un recorrido por algunos de los principales centros de investigación del sector con la intención de mostrar qué temáticas están abordando actualmente y qué proyectos o iniciativas están apoyando.

tor del asfalto.

- Re-RACE: “Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in a Circular Economy”.

Otra faceta destacable de BBRC es su labor formativa, organizando cursos sobre temas altamente especializados.



BBRC es una entidad privada que tiene como asociados a contratistas y administraciones públicas de carreteras. Algunos de los proyectos más recientes en los que participa son:

- PRADOWEB PradoWeb (Program for Road Asphalt Design and Optimization – Web) es el nuevo software de BRRC para un diseño digital de mezclas rápido y eficaz, adaptado a la tendencia actual de la práctica del sec-

Igualmente destaca por su experiencia en tecnologías de auscultación de alto rendimiento que permite el diseño de soluciones específicas para los firmes de las carreteras.

Por lo tanto, la actividad de BBRC cubre las actividades más esenciales del sector de la carretera lo que proporciona un apoyo técnico muy destacable para abordar los cada vez más complejos retos de sector, especialmente en lo relativo a la digitalización.

RAP-5V

Cómo de **sostenibles** son tus mezclas?

Rejuvenecedor líquido vegetal de nueva generación, diseñado para fabricar mezclas recicladas en caliente con RAP/ RAS en cantidades variables y utilizando el mismo ligante convencional 35/50 o 50/70.

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



ravasolTM
ASPHALT

Your road to solution

Lecturas recomendadas

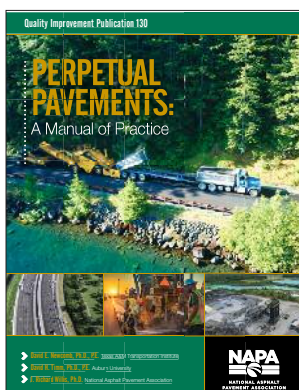
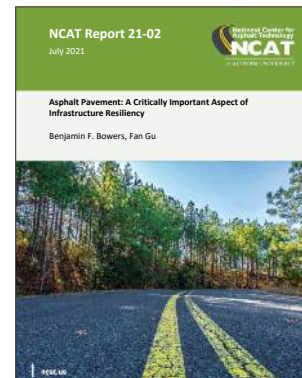
Informe "Asphalt Pavement: A Critically Important Aspect of Infrastructure Resiliency". NCAT. Julio 2021.

El tema de la resiliencia afecta a muchos campos y foros diferentes. El mundo del transporte no es ajeno a esta tendencia. El Consejo de Investigación del Transporte (TRB) organizó en 2019 la 2ª Conferencia Internacional sobre la resiliencia del sistema de transporte ante los peligros naturales y el clima extremo, reuniendo a investigadores y profesionales para debatir este importante tema.

El sector de la pavimentación asfáltica necesita unirse a este debate y trabajar específicamente para comprender los beneficios y las aplicaciones apropiadas de los pavimentos asfálticos en la preparación o en la respuesta a las catástrofes naturales o a las condiciones climáticas cambiantes.

Este informe ofrece una visión a la comunidad de la pavimentación asfáltica a través una revisión bibliográfica, un resumen de los resultados del Taller de Resiliencia del Asfalto de 2019, organizado por el Centro Nacional de Tecnología del Asfalto (NCAT), dos estudios de caso exhaustivos, conclusiones y recomendaciones.

<https://eng.auburn.edu/research/centers/ncat/files/technical-reports/rep21-02.pdf>



Informe "Perpetual pavements. A manual of practice". NAPA. 2020. 48 p.p.

Los ingenieros de pavimentación han estado produciendo pavimentos de asfalto duraderos desde la década de 1930. La investigación han demostrado que los pavimentos flexibles bien construidos y adecuadamente diseñados pueden funcionar bien durante largos periodos de tiempo. Muchos de estos pavimentos son pavimentos flexibles y semiflexibles y se ha demostrado que ambas filosofías de diseño proporcionan una resistencia adecuada a lo largo de ciclos de vida prolongados.

Este documento tiene como objetivo:

- Proporcionar orientación sobre la selección de materiales y el diseño de las mezclas bituminosas para optimizar el rendimiento del Pavimento Perpetuo.
- Explorar las metodologías actuales que se pueden utilizar para diseñar pavimentos perpetuos.
- Presentar las mejores prácticas para la construcción de pavimentos de alta calidad y alto rendimiento.

https://www.apa-mi.org/docs/QIP-130e_Perpetual_Pavements_A_Manual_of_Practice.pdf

Informe “Long-Term Aging of Asphalt Mixtures for Performance Testing and Prediction: Phase III Results (2021)”: TRB. 2021. 158 pp.

La caracterización precisa del envejecimiento in situ de los materiales de los pavimentos asfálticos a lo largo de su vida útil es de suma importancia para la aplicación de los métodos mecano-empíricos de diseño y análisis de pavimentos.

La caracterización de los materiales y su comportamiento bajo la acción del envejecimiento es un requisito para dicho análisis mecanicista, y justifica la investigación para mejorar el conocimiento existente. Una de las principales deficiencias de la práctica actual es la falta de un procedimiento acelerado, y suficientemente validado, para predecir el envejecimiento oxidativo de las mezclas bituminosas.

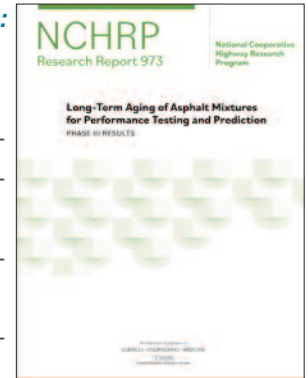
El proyecto NCHRP 09-54 desarrolló un procedimiento de envejecimiento en laboratorio que prescribe un conjunto de condiciones que representan el estado de envejecimiento a largo plazo de la mezcla asfáltica en un pavimento en función del clima y la profundidad (Kim et al. 2018). El proyecto también produjo un modelo de envejecimiento del pavimento (PAM) que predice la evolución de la reología del ligante asfáltico con el envejecimiento.

Este procedimiento de envejecimiento en laboratorio y el PAM se calibraron utilizando materiales de materiales de obra y testigos de pavimentos en servicio y de tramos de prueba en ocho estados de Estados Unidos y de Canadá.

A pesar de los importantes desarrollos del proyecto, quedaron un conjunto de temáticas sin analizar y este informe aborda esta segunda fase del proyecto NCHRP 09-54, más concretamente enfocado a:

- Perfeccionar el procedimiento de envejecimiento en laboratorio desarrollado en el proyecto original NCHRP 09-54, incluyendo mezclas de WMA, RAP y PMA y réplicas de testigos de los pavimentos.
- Calibrar en campo la PAM que se desarrolló en el proyecto original NCHRP 09-54 en función de la profundidad, incluyendo réplicas testigos y mezclas de WMA, RAP y PMA.
- Desarrollar procedimientos para estimar los aportes de la PAM utilizando PG, métodos estándar de envejecimiento del ligante y datos asociados.
- Desarrollar un marco mediante el cual los cambios previstos en las propiedades del ligante asfáltico que se deban al envejecimiento oxidativo puedan relacionarse con los cambios correspondientes en las prestaciones de la mezcla asfáltica.

<http://www.trb.org/Publications/Blurbs/182011.aspx>



EVENTO “PUENTE” ENTRE LOS CONGRESOS IBERO-LATINOAMERICANOS DEL ASFALTO)

El evento **interCILA 2021**, que surge como puente o intermedio entre los congresos ibero-latinoamericanos del asfalto, los CILA, se celebró este año de forma digital durante los días 23, 24 y 25 de noviembre, y bajo el lema “En tránsito hacia el XXI CILA de Punta de Este”.

Los Congresos Ibero-latinoamericanos del Asfalto (CILA) se encuentran entre los congresos más importantes del mundo dentro del ámbito de la pavimentación asfáltica, y pueden considerarse sin duda como el principal dentro de los que se desarrollan en lengua española. Estos se celebran cada dos años, y con el fin de dar continuidad a las actividades que se desarrollan en el sector a nivel internacional, se decidió celebrar el interCILA en los años que se quedaban sin CILA, con la finalidad de actualizar las técnicas disponibles y mantener un contacto más fluido.

La quinta edición de interCILA contó con un panel de expertos compuesto por delegados CILA, investigadores, técnicos y gestores que expusieron y debatieron sobre los ensayos prestacionales de caracterización, el diseño optimizado de mezclas y pavimentos, la maquinaria de mezclas asfálticas, los

equipos para reciclados, así como las actividades y resultados en cuanto a sostenibilidad e innovación, que se desarrolló en una serie de sesiones repartidas a lo largo de las tres jornadas del evento.

Este quinto interCILA consistió en tres jornadas internacionales sobre **pavimentación asfáltica con un soporte fundamental en la transformación digital de los eventos del sector**. Para ello contó con un formato virtual, además de con el empuje y el dinamismo de las redes sociales (Twitter, Facebook, etc.), de forma que no solo pudieron participar activamente quienes se desplacen al lugar de celebración, sino cualquiera que lo deseó, independientemente del lugar en el que se encontrase en Latinoamérica, Portugal o España.

Esta edición del interCILA 2021 retoma la propuesta pionera de la anterior edición, de tal forma que además de poder seguirse **online** también se desarrolló en un mundo **virtual** donde los asistentes pudieron participar de forma interactiva utilizando sus propios avatares para visitar los stands, interactuar con los demás asistentes y seguir las ponencias en el auditorio.





reforzamos el **firme**
consolidamos el **futuro**

CAPACIDADES
TÉCNICAS
de los SOCIOS
de ASEFMA



EVENTOS
VR / 3D

EVENTOS EN REALIDAD VIRTUAL 3D

itafec incorpora la tecnología de realidad virtual (VR / 3D) a los eventos técnicos para conectar mejor a los profesionales del sector. Ahora el contacto personal, gracias a un avatar personalizado, es perfectamente posible así como las acciones comerciales, el desarrollo de stands virtuales, reuniones privadas, etc... y todo ello con un sonido 3D totalmente compatible con emisión en streaming HD.

1 Conferencias **2 Exposiciones** **3 Networking**

Estands virtuales multimedia · e-posters · presentaciones interactivas · encuentros profesionales · salas de reuniones online · auditorios virtuales · aulas digitales · espacios lúdicos y formales para interacción y networking · agenda digital de contacto de asistentes

itafec.com, motor de transformación digital

realidadvirtual@itafec.com

ESPECIALISTAS EN LA CARRETERA

Infraestructuras, equipamientos y materiales



Editorial Prensa Técnica

Castiello de Jaca, 29, 3º Puerta 2 ♦ 28050 Madrid
Tel. 91 287 71 95 ♦ Directo 629 877 460
E-mail: info@editorialprensatecnica.net
Web: www.editorialprensatecnica.net



Abrimos paso a nuevas ideas

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



Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia.

Trabajamos para proporcionar a la sociedad las mejores **infraestructuras con respeto al medio ambiente**. Por eso, aplicamos todo nuestro potencial innovador en desarrollar **soluciones verdes** en la industria del asfalto.



[Repsol.com](https://www.repsol.com)

