

# ASFALTO

## y pavimentación

Número 39 · Volumen X · Cuarto trimestre · 2020

número **39**





## 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<sup>®</sup>,  
Tempera<sup>®</sup>, Viaphone<sup>®</sup>..... y se utilizan diariamente con éxito.  
Para imaginar carreteras de mañana, creemos en las nuevas  
ideas, incluso en las más sorprendentes, por eso innovamos.



Número 39 · Volumen X  
Cuarto trimestre · 2020

#### 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 39 · Volumen X · Cuarto trimestre · 2020

## Editorial

Mirando al futuro inmediato

05

## Tribuna

Pepe Soto

07

## Tribuna

Ángel Sampedro

09

## Tribuna

Andrés Pérez

11

## Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

Juan Gallego - Ana María Rodríguez Alloza - Leticia Saiz Rodríguez

13

## Secciones fijas

Ensayos, Normativa

27

## Patologías de los Pavimentos

Andrés Costa

35

## Estabilización mediante reciclado con asfalto espumado en RN3 Uruguay

José Martucci - Oscar Giovanon

43

## Secciones fijas

Mirando al Pasado, Noticias, Calendario, Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del Sector, Afirmaciones Asfálticas

55

# VIATOP®

Liderando las SMA  
desde 1988

inside

VIATOP®

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



Fibras diseñadas  
por la naturaleza

Una compañía del grupo JRS

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

[www.jrsiberica.com](http://www.jrsiberica.com) - [Info@jrsiberica.com](mailto:Info@jrsiberica.com)

# Mirando al futuro inmediato

Este es el último editorial de esta revista en el año 2020. Un año que más allá de cualquier pronóstico ha superado ampliamente todas las perspectivas, incluso las más negativas. Un año que será recordado por el inicio del COVID y por las consecuencias de la pandemia. No únicamente desde la óptica sanitaria, la más importante sin duda, sino también por las consecuencias económicas, sociales y políticas que ya son también motivo de preocupación.

En este panorama cargado de incertidumbres y de inquietudes personales y sociales queremos levantar la mirada del día a día para tratar de vislumbrar lo que nos espera, sectorialmente hablando. Vamos a tratar de referirnos únicamente al sector de la pavimentación en España. Sin lugar a dudas un ejercicio arriesgado por lo inusual de la situación y por las dificultades descritas anteriormente pero no es menos cierto que en estos momentos es justamente cuando más falta hace marcarse objetivos a partir de una visión aproximada del futuro que creemos que nos espera.

Hace unos días se ha presentado el Proyecto de Presupuestos Generales del Estado 2021 (PGE2021). En lo que se refiere al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana se propone pasar de 5.977 M€ en 2020 a 6.488M€ para el 2021 más 4.982M€ del Plan UE o Plan de Recuperación. Más concretamente, el Proyecto de Presupuesto para el 2021 del MITMA en Carreteras, de acuerdo con estas cifras, pasaría a ser de 2.569 M€. Sin lugar a dudas, un plan ambicioso. Los pilares del "Next Generation EU" son tres:

- Instrumentos para apoyar los esfuerzos de los Estados miembros por recuperarse, reparar los daños y salir reforzados de la crisis.
- Medidas para impulsar la inversión privada y apoyar a las empresas en dificultades.
- Refuerzo de los programas clave de la UE para extraer las enseñanzas de la crisis, hacer que el mercado único sea más fuerte y resiliente, y acelerar la do-

ble transición ecológica y digital.

Dicho todo esto que parece muy positivo, urge que se visualice al sector de la pavimentación como un actor imprescindible para cumplir los compromisos de emisiones en España y en Europa. Basta recordar que más del 25% de las emisiones actuales de gases de efecto invernadero (GEI) en España y en Europa proceden del transporte por carretera, el único que ha funcionado perfectamente durante la crisis COVID. Actuar sobre la regularidad superficial del pavimento de nuestras carreteras y mejorar las condiciones de rodadura reducen de manera muy sustancial (hasta el 12%) no sólo el consumo de combustible sino las emisiones asociadas de los vehículos que circulan por ellas.

Asefma y la Dirección General de Carreteras MITMA han lanzado muy oportunamente en enero de este año 2020, el Proyecto EMIPAV, <https://www.emipav.eu>, que pone el foco en este aspecto fundamental, la vinculación del estado de conservación de las carreteras con las emisiones asociadas por los vehículos que transitan por ellas.

En este entorno tan complejo se abre la oportunidad de que el sector de la pavimentación sea un actor imprescindible para satisfacer los compromisos ambientales y pueda colaborar de forma activa para reforzar los pilares básicos que sustentan la iniciativa "Next Generation UE". Sin lugar a dudas una oportunidad que debemos saber aprovechar.

**26-29 MAY** ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

# SMOPYC

2021

18 SALÓN INTERNACIONAL DE MAQUINARIA DE  
OBRAS PÚBLICAS, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

18 INTERNATIONAL SHOW OF PUBLIC WORKS,  
CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY

[www.smopyc.es](http://www.smopyc.es)



# La leyenda de la carretera y la zanahoria



**José Antonio Soto**  
Miembro de la revista  
Asfalto y Pavimentación

 @soto228pepe

Conviene de vez en cuando echar un vistazo a las hemerotecas aunque a este deporte, en España, maldito el caso que se le hace. Decir algo para desdecirlo al día siguiente, sin ningún rubor, es práctica habitual en todas las esferas, niveles y negociados. Y aquí no sirve lo de rectificar es de sabios, porque entonces perteneceríamos al país con más sabios del mundo y eso, desgraciadamente, no es cierto.

Si echamos un vistazo a lo dicho o escrito no hace muchos años encontraremos cosas sorprendentes, no por el hecho de obviar lo dicho, sino también por la trascendencia del asunto.

Me estoy refiriendo, como no podía ser de otra manera, a las carreteras y a algunos de los mensajes, directrices, recomendaciones o llámese de cualquier manera, de lo dicho en años muy recientes por responsables directos de su gestión.

No olvidemos que por nuestras carreteras nos desplazamos la mayoría de los españoles, que su versatilidad nos permite llegar a lugares que sería imposible hacerlo con otros medios; así mismo el transporte de mercancías que circula por ellas, sin dar números, es el más utilizado con diferencia frente a otros que no dejan de ser meros comparsas.

¿Y qué tipos de mensajes se han escuchado o leído últimamente a propósito de las carreteras? Pues algunos como:

“Los ayuntamientos españoles consideran que es necesario triplicar el presupuesto para poder conservar adecuadamente su red viaria”

“Las políticas de conservación de carreteras son una eficaz herramienta para combatir el cambio climático”

“La prioridad del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana es la rehabilitación de firmes y la necesidad

de aumentar el presupuesto disponible para conservación”

“El deficiente estado de conservación de los pavimentos españoles ha incrementado las emisiones de CO2 en más de 25 millones de toneladas en una década”

“La falta de inversión en carreteras, de no cambiar la tendencia de los últimos años, pondrá en riesgo los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) marcados por Naciones Unidas para 2030”

“Tijeretazo al Plan de Carreteras: Fomento recorta un 50% la inversión prevista en 2018”

“Ábalos reformulará el Plan de Carreteras con concesiones a 25 años de plazo”

“España ha reducido su inversión en obra pública un 72% desde Lehman Brothers”

Y así podríamos llenar páginas y páginas con promesas y contrapromesas, buenas noticias con otras no tan buenas.



Esta forma de tener contento al manso sector de las carreteras recuerda mucho a la leyenda del burro y la zanahoria. Nos llevan poniendo zanahorias para animarnos a seguir con la esperanza de alcanzar los deseados proyectos y, cuando todo parece que está conseguido, nos despertamos con noticias como algunas de las expuestas anteriormente. Hasta 2009 nos daban zanahorias, presupuestos, que fuimos consumiendo a medida que se avanzaba hacia una mejora incuestionable de las carreteras, pero a partir de ese año se acabaron las zanahorias y, en vez de ir al huerto a por más, nos contentaron como en la leyenda con la zanahoria colgada de un palo a poca distancia para verla bien, pero inalcanzable. Y en esas estamos, muy buenas promesas y algunas frases contundentes sobre la esencialidad de las carreteras, pero pocos hechos.

Han conseguido tener motivado al sector, alimentando sus sueños, sin dar casi nada a cambio y eso es un mérito, ya que siendo en casi todas las facetas de los negocios el dinero la principal fuente de motivación, en nuestro sector nos

## La leyenda de la carretera y la zanahoria

hemos conformado con una zanahoria inalcanzable, ya que incluso hay algo más eficaz que la promesa de dinero para inversiones y es el temor a la pérdida de empleos, y eso también se ha producido en estos años sin que nadie, salvo honorables excepciones, levante mucho la voz. Se podría decir que hemos sido engañados con una zanahoria venenosa.



Y a pesar de estas zanahorias se ha respondido de la mejor forma posible, hasta el punto que podríamos adjudicar al sector del asfalto el verso del Cantar del Mío Cid: ¡Qué buen vasallo si hubiera buen señor!, ya que ha continuado siendo leal a las carreteras, apostando por la mejora del medio ambiente, invirtiendo en I+D+i, colaborando con universidades en el desarrollo de nuevas tecnologías, digitalizando el sector etc. aun sabiendo que nunca alcanzaremos a la zanahoria.

Pero es que además si miramos, no con cierto sonrojo, los datos dados por asociaciones como ASEFMA o ATEB sobre el tipo de mezclas bituminosas o de emulsiones asfálticas fabricadas en España durante los últimos años, nos encontramos con un panorama decepcionante para los técnicos dedicados a la investigación en este campo.

Al parecer, en 2018 el 85% de las mezclas bituminosas utilizadas en nuestras carreteras fue del tipo AC y la mayoría de ellas fabricadas con betunes convencionales. Si pasamos al campo de las emulsiones asfálticas nos encontramos con algo parecido, la mayoría de las emulsiones que se fabricaron fueron las clásicas convencionales ECR, para Riegos con Gravilla (TSRG), aunque aquí la excepción la ponen las utilizadas para Microaglomerados en Frío. Visto esto, la pregunta que surge es: ¿A dónde han ido a parar toda la I+D+i desarrollada por el sector de carreteras? Está claro que lo más peligroso en esta vida es no asumir ningún riesgo y eso es lo que están haciendo los gestores de nuestras carreteras.

La no asunción de riesgos en carreteras quizás sea porque se nos ha olvidado que sin ellas el tiempo se detendría,

no disfrutaríamos de la ilusión del encuentro, de ese abrazo añorado, sin carreteras la vida sería...nada. Culturas, razas, alimentos, sabores, colores y paisajes que nunca nos sorprenderían por desconocidos, ¿cómo habríamos llegado a ellos sin carreteras? Viviríamos en una sociedad endogámica y malsana en donde el libre comercio no existiría, ni podríamos disfrutar del cariño de lo lejano, ni de la añoranza de lo distante. Nos conformaríamos con el sonido del tan-tan para relacionarnos en la cercanía. Lo lejano, simplemente, no existiría.

La carretera siempre ha sido la eterna olvidada, aunque todos recurramos a ella. Arteria de sentimientos, canal de pecados y virtudes, síntesis del libre albedrío, compendio de reflexiones, pues por ella siempre, en mayor o menor espacio de tiempo, llegaremos a nuestro destino.

Ante este olvido, que ha dado lugar a situaciones muy comprometidas para las empresas de carreteras, el sector está reaccionando con la seriedad que siempre le ha caracterizado y con sus principales Virtudes

- Templanza ante la ira de los sabios ignorantes.
- Prudencia frente a la gula de proyectos arrinconados.
- Fortaleza para desarrollar, ante la pereza de políticas conservadoras, proyectos innovadores.
- Esperanza de que por fin los Presupuestos para la Conservación se basen en las necesidades reales de las carreteras y se mantengan de forma porcentual según el valor patrimonial de estas.
- Fe en las posibilidades del sector antes las crisis.
- Justicia ante la envidia generada por las novedades de otros.

Caridad no se necesita, solo que nos otorguen lo que el sector y las carreteras se merecen.

Me hubiese gustado terminar con un final esperanzador, pero los tiempos que corren, desgraciadamente, no ayudarán mucho a cambiar la inercia de los últimos años.

# 2020 el año de la transformación



“Escribíamos en el número anterior de la revista, en la sección de digitalización, un relato de cómo se han venido abordando y transformando digitalmente los eventos del sector viario durante este año que bien podríamos decir “nos está tocando vivir”

Tal como recordábamos, hemos sido muchas las personas de este sector las que llevábamos tiempo abogando por esa transformación digital que estamos viviendo especialmente en nuestras jornadas y congresos.

Repasando ese proceso, aún recordamos aquel cambio radical que supuso la retransmisión de esos eventos en streaming, de tal forma que se simultaneaban los participantes presenciales y online, a través de las pantallas en cualquier lugar del mundo, y con la posibilidad añadida de poder seguir las ponencias a posteriori, gracias a su grabación.

La calidad de ese streaming HD fue mejorando notablemente, y ha pasado a ser el modo único de retransmisión en los eventos que se han celebrado desde el comienzo de la pandemia COVID-19.

Pero esto no ha terminado aquí, y tal como anunciábamos también, hemos asistido ya, en los últimos eventos del sector viario, a otro salto más en la revolución digital hacia la opción más disruptiva de todas las utilizadas hasta ahora en eventos de cualquier sector, que consiste en el formato virtual VR/3D, mediante el cual los asistentes podemos navegar con un avatar personalizado dentro de un mundo virtual, especialmente diseñado para promover la interacción social y la colaboración entre los participantes, en el que hay stands, e-posters, posibilidad de networking, salas de con-

ferencias, etc.

Y el mejor ejemplo lo hemos podido ver en la **Feria INNOVACARRETERA 2020** (#innovacarretera2020), que organiza la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (@PTCarretera) y que en esta edición ha dado un salto más, celebrando durante dos días el evento sobre la innovación de carreteras y movilidad por excelencia, tanto por su formato como por su contenido.

Las limitaciones generadas por la pandemia de la COVID-19 han obligado a aplicar sus propios principios de apoyo a la innovación para rediseñar este evento de referencia en España para los seguidores de nuevos desarrollos tecnológicos en el sector de la carretera.

Y así, la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera ha apostado por desarrollar un modelo virtual de evento que ha permitido mantener dos de los elementos fundamentales de Innovacarretera: la capacidad de mostrar en vivo y en directo nuevas tecnologías y las posibilidades de networking.

El evento se ha dividido en cinco bloques de actividad: conferencias (en los Auditorium A y B), visita a stands, zona de e-posters, zona de reuniones B2B y talleres especializados.

Pero la aportación que ha supuesto este evento de cara a la transformación digital del sector no se ha quedado en el formato, sino que el programa y sus contenidos son los que realmente han marcado cómo debe ser la carretera del futuro que garantice la **movilidad segura, sostenible y conectada**.

En un sector claramente innovador, la digitalización de

## 2020 el año de la transformación

las infraestructuras viarias está ya en el camino de convertirse en realidad, en estar presente en cualquier red de carreteras, tal como se ha podido comprobar en Innovacarretera.

Esa movilidad es la que también nos ha indicado el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (@mitmagob) en su Estrategia de Movilidad 2030, que por primera vez se ha presentado con un portal web específico (esmovilidad.mitma.es), otro salto más en la digitalización.

Y esa misma movilidad es la que, no olvidemos será susceptible, durante los próximos años, de ser financiada a través del Fondo **Nex Generation EU** (#NextGenerationEU), de ayudas de la Unión Europea a España, pues está dentro de sus ejes transversales y políticas tractoras.

Y así llegamos a la XV Jornada Nacional de Asefma (#XVJornadaAsefma de @asefma\_es) que en esta edición va a integrar las dos transformaciones más urgentes en este siglo XXI, la transición ecológica y la transformación digital, pues en cuanto a su contenido este 2020 va a centrarse en la gestión del fresado procedente de los pavimentos asfálticos (RAP), y en cuanto a su formato presenta dos opciones de inscripción: una como espectador mediante visualización online en streaming HD, como en años anteriores simultaneado con la asistencia presencial, y la otra el modo virtual ya comentado.

#87

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“La conservación adecuada de los pavimentos asfálticos tiene un gran retorno medioambiental: Cada kg de CO<sub>2</sub> generado en aquella evita hasta 36 kg de CO<sub>2</sub> en emisiones de los vehículos”  
Proyecto Emipav: Cifras destacadas

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# Perplejidad asfáltica



**Andrés Pérez de Lema**  
 Editor Revista  
 Asfalto y Pavimentación  
 @andresperezlema

“El Ayuntamiento de Madrid renovará un total de 797 calles, ampliando el presupuesto inicial hasta los 59 millones de euros”

Normalmente, acudo a esta Tribuna para sacudirme toda la rabia y la impotencia que me han generado los casi 12 años de infinita crisis.

Desde el 2008, que se dice pronto, arrastramos con resignación el severo castigo que nos habían impuesto en inversiones para infraestructuras.

Padecemos a un Ministerio que ha ostentado el record de Occidente sin invertir un solo euro en mantenimiento de firmes durante más de 3 años. A más a más, los madrileños vimos prolongada nuestra agonía con continuos planes asfalto fake o “full” (en argot policial) de la anterior Regidora del Consistorio.

Y resulta que ahora me encuentro que no sólo no se utiliza la excusa de la pandemia para paralizar los urgentísimos trabajos en mantenimiento de firmes, si no que muy al contrario, se ven espoleados con un frenesí licitador por parte de nuestro Alcalde Almeida (gran Atlético tengo que decir) entre otros muchos responsables políticos, afortunadamente.

Resido en uno de esos llamados PAUs de Madrid y desde hace casi de 20 años, el incesante trasiego de camiones ha terminado por deteriorar el firme, además del propio paso del tiempo. Tan era así que estoy en condiciones de afirmar que hubiera podido circular como un lanzador de cuchillos con los ojos vendados evitando el surtido de baches. Incluso la bochornosa costra de un material que simulaba

asfalto en el carril bici, ha sido arrancada con furia para dar paso a una pista límpida y prístina de extraordinario aglomerado asfáltico.

Supongo que pagar impuestos y circular por una red viaria en condiciones óptimas no debería ser noticia, pero sinceramente con la que está cayendo en el mundo, mi perplejidad asfáltica es máxima por ver que este sector nuestro está más vivo que nunca y que sus obras se ven, se disfrutan y crean empleo.

No puedo decir otra cosa que gracias, gracias y gracias!

# DANOX® RAP-100

UNA NUEVA VIDA

AL BETÚN ENVEJECIDO



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



KAO TECHNICAL APPLICATIONS | **SOLUTION PROVIDER**

# Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

Juan Gallego ,  
juan.gallego@upm.es  
Ana María Rodríguez Alloza,  
arodrial@ull.es

Leticia Saiz Rodríguez,  
lsaiz@signus.es

Las mezclas asfálticas SMA exhiben un excelente comportamiento: son altamente resistentes a la fisuración reflejada y a la deformación permanente, además de proporcionar a la superficie de rodadura una textura óptima. Sin embargo, las temperaturas de producción y compactación son similares a la de las mezclas convencionales, lo que significa que hay un consumo significativo de energía, así como emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La tecnología de mezclas semicalientes que se ha desarrollado en los últimos años podría permitir temperaturas de producción y compactación más bajas sin comprometer el comportamiento mecánico de las mezclas. Además, en las últimas décadas, las mezclas con caucho han demostrado ser efectivas para mejorar el comportamiento y ser sostenibles, pero requieren temperaturas de producción más altas que las mezclas convencionales. Para profundizar en el conocimiento de las mezclas SMA con caucho de neumáticos al final de su vida útil (NFVU) y fabricadas a temperaturas semicalientes, en este estudio se evalúa el efecto de un aditivo químico de mezclas semicalientes sobre la compactabilidad y la sensibilidad al agua de las mezclas SMA con caucho, comparando dos compactadores, el compactador Marshall y el compactador giratorio. La investigación ha demostrado que el compactador giratorio es más adecuado para estudiar la compactabilidad y la sensibilidad al agua de mezclas SMA con caucho y aditivos de mezclas semicalientes.

**Palabras Clave:** Mezcla SMA; mezclas semicalientes; caucho; compactador giratorio; compactador Marshall

SMA mixtures offer excellent performance in terms of resistance to reflective cracking and permanent deformation. The texture of the surface is suitable for the wearing course of roads and highways. Nevertheless, SMA mixtures are usually manufactured at high temperature, which means a significant amount of energy consumption and consequently, greenhouse gases. The addition of crumb rubber from end of life tires (ELT) has proved to be useful to enhance the performance of asphalt mixtures. Nevertheless, this modifier demands higher production temperatures. On the other side, the warm asphalt mix technologies developed over the last decade could allow lower production and compaction temperatures for rubberised SMA mixtures, without compromising the mechanical performance. The present paper reports the study of an SMA mixture incorporating ELT crumb rubber and produced at warm temperatures. The specimens were compacted by the Marshall compactor as well as the gyratory compactor. According to the results obtained, the gyratory compactor is more appropriate than the Marshall procedure to study the compactability and the water sensitivity of these asphalt mixtures.

**Keywords:** SMA mixture; warm asphalt mixtures; rubber; gyratory compactor; Marshall compactor.

# Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

## 1. INTRODUCCIÓN

Las mezclas SMA ofrecen una mayor durabilidad, son altamente resistentes a la deformación permanente y a la fisuración reflejada además de proporcionar una superficie de rodadura con una textura adecuada. Estas características se basan en el alto contenido de ligante que se logra con un buen esqueleto mineral, una alta proporción de filler y frecuentemente la incorporación de aditivos, especialmente fibras de celulosa, que permiten un mayor contenido de ligante sin riesgo de escurrimiento.

Las fibras, incluidas las de celulosa, procedentes del reciclaje de cartón, y las fibras de poliamida son los aditivos estabilizadores más comunes para la prevención del escurrimiento del ligante [1]. Estos tipos de fibras de celulosa procedentes del reciclaje le dan a la mezcla SMA un excelente rendimiento contra el escurrimiento, la deformación plástica y la sensibilidad al agua [2]. Sin embargo, si las fibras funcionan como inhibidores de drenaje, se requiere un modificador como el estireno-butadieno-estireno (SBS) para lograr una modificación real del comportamiento reológico de la mezcla bituminosa [3].

El caucho, procedente de neumáticos al final de su vida útil (NFVU), también se puede incorporar en las mezclas SMA. Se ha demostrado que la incorporación de caucho en el ligante hace innecesaria la adición de fibras de celulosa en las mezclas de SMA, ya que los ligantes con caucho no son propensos al escurrimiento [4]. Se ha estudiado ampliamente la modificación de mezclas SMA con caucho existiendo un consenso sobre el hecho de que la modificación con caucho mejora la resistencia a las deformaciones plásticas [5,6]. También se ha demostrado que la incorporación de caucho de NFVU en una mezcla bituminosa mejora su módulo y su comportamiento a la fatiga [7]. También se ha observado que el uso de betún con caucho en capas de rodadura tiene un efecto sonorreductor, limitando la contaminación acústica del tráfico [8,9].

Sin embargo, las mezclas con caucho generalmente se producen a altas temperaturas debido a la elevada viscosidad del ligante, lo que a su vez resulta en un mayor consumo de energía y en una mayor producción de gases de efecto invernadero (GEI). La tecnología de mezclas semicalientes (WMA en inglés) puede reducir las temperaturas de fabricación y compactación, mejorando las condiciones de trabajo en obra y la sostenibilidad ambiental durante su vida de servicio. Esta tecnología se ha utilizado con frecuencia en mezclas sin cau-

cho en Europa [10] y en todo el mundo [11,12]. En el caso de mezclas con caucho, las principales tecnologías aplicadas en la reducción de temperatura son los aditivos orgánicos y los químicos [13], no siendo frecuente la aplicación de tecnologías de betún espumado.

Los aditivos orgánicos suelen ser ceras, con puntos de fusión de alrededor de los 110 ° C, que disminuyen la viscosidad del ligante con caucho y, por lo tanto, las temperaturas de fabricación y compactación. Con respecto a los aditivos químicos, según la literatura, por lo general están formados por un paquete de productos como tensioactivos, agentes emulsionantes, mejoradores de la envuelta y aditivos anti-stripping, y se agregan al ligante durante el proceso de fabricación. No reducen la viscosidad del ligante, pero favorecen la adhesión del árido-ligante a través de mecanismos que mejoran la envuelta.

En cuanto a la reducción de temperatura que se puede lograr con estas técnicas, depende del aditivo utilizado. Cuando se usan ceras orgánicas, se puede determinar la reducción de temperatura atendiendo a la reducción de viscosidad que ocasionan en el ligante. Sin embargo, es imprescindible estudiar la compactabilidad de las mezclas bituminosas para verificar que se compacten adecuadamente. En el caso de los aditivos químicos, el estudio de viscosidad no aporta nada, ya que estos aditivos no actúan sobre la viscosidad del ligante, y por tanto el estudio a realizar es el de compactabilidad de la mezcla bituminosa.

Según Wang et al. [13], dependiendo de la tecnología utilizada, se lograron reducciones de temperatura de entre 20 y 30 ° C. Y según Oliveira et al. [14] se obtuvieron reducciones de temperatura de 30 ° C en una mezcla SMA con un aditivo tensioactivo. A través de un estudio de la curva de compactación Marshall, determinaron esta reducción de temperatura y verificaron que hubo un ligero empeoramiento en la resistencia a la deformación plástica, mientras que el resto de las propiedades permanecieron aproximadamente constantes. Rodríguez-Alloza y Gallego [15,16] mostraron que la temperatura de trabajo de una mezcla discontinua con betún modificado con caucho podría reducirse en 30 ° C mediante la adición de ceras orgánicas. Sin embargo, la relación de tensión indirecta (ITSR) disminuyó con respecto a los valores para la mezcla de referencia. El método de compactación fue el Marshall, y se admitió un aumento en el contenido de huecos del 1%. Akisetty et al. también admitieron la misma tolerancia con respecto al con-

tenido de huecos [17], y obtuvieron una reducción de 30 °C en una mezcla densa con caucho y una cera, utilizando en este caso un compactador giratorio. Otras investigaciones han comparado los resultados obtenidos por Marshall y la compactación giratoria en mezclas SMA con caucho que incorporan ceras o aditivos químicos [18,19]. Las pruebas se realizaron para temperaturas de compactación de 160 y 144 °C. Se observó que la compactación giratoria permitía una mejor distinción entre los diferentes aditivos y temperaturas. Al estudiar una mezcla con caucho densa, Lee et al. [20] encontraron que el estudio de la compactibilidad giratoria fue más sensible que el estudio con el compactador Marshall. Sin embargo, en mezclas sin caucho, ambos compactadores eran adecuados.

Uno de los problemas que se han observado al trabajar con mezclas con caucho a temperaturas reducidas ha sido el empeoramiento de la resistencia al ataque de agua. Este hecho quizás esté relacionado con la desestabilización de la estructura coloidal del betún debido a la absorción de aceites por el caucho reportado por Xu et al. [21] El ensayo ITSR ha sido el procedimiento más utilizado para estudiar la sensibilidad al agua de mezclas calientes sin caucho [22] y ha permitido establecer que el árido ácido es problemático y que la reducción de la temperatura exige un aditivo antistripping que supere los valores mínimos de ITSR admitidos en las especificaciones de las mezclas en caliente. Por ejemplo, Khedmati et al. [23] utilizaron un aditivo antistripping junto con una cera para mejorar la resistencia al agua de una mezcla SMA semicaliente con áridos síliceos, logrando una mejora significativa en los valores de ITSR. Para la fabricación de las probetas se usó la compactación giratoria. En otro estudio de una mezcla SMA con caucho y un aditivo tensioactivo que se diluyó al 99% de agua, con basalto como árido grueso y árido fino calizo, el valor de ITSR cayó del 85% al 75% al reducir la temperatura de trabajo de 180 a 160 °C. Las probetas se compactaron con un compactador Marshall [24].

Con los resultados anteriores, parece claro que la reducción del ITSR puede verse influenciada por el tipo de aditivo utilizado, la magnitud de la reducción de temperatura y también por el método de compactación de las muestras. Sin embargo, en las mezclas semicalientes con caucho, que pueden ser difíciles de compactar, la influencia del método de compactación está poco estudiada. Debe tenerse en cuenta que cada procedimiento de compactación puede conducir a una reorganización diferente de las partículas minerales. Por ejemplo,

la compactación giratoria tiene un efecto de amasado que no se encuentra en la compactación Marshall. De acuerdo con Vega-Zamanillo et al. [25], al estudiar mezclas densas con aditivos de mezclas semicalientes y sin modificar con caucho, los valores de ITSR mejoraron cuando las muestras se compactaron con el compactador giratorio. Jiang et al. [26] también mostraron con el compactador Marshall que las propiedades mecánicas pueden disminuir un 20% respecto las de las muestras compactadas hasta la misma densidad, con una placa de vibración vertical. Varios estudios que han comparado los procedimientos de compactación de laboratorio con la compactación a escala real [27-29] han concluido que el compactador giratorio puede representar mejor la compactación de campo que otros compactadores de laboratorio.

Recientemente se han elaborado especificaciones para mezclas SMA en España (Art. 544 del PG-3). Aunque el método de compactación para el cálculo de huecos en mezcla sigue siendo el Marshall, se admite el compactador giratorio en el caso de mezclas SMA semicalientes. Sin embargo, en cuanto a la compactación de probetas para el ensayo de sensibilidad al agua, se menciona únicamente el compactador Marshall, sin distinguir si la mezcla es caliente o semicaliente. Sin embargo, los laboratorios de todo el mundo están usando cada vez más el compactador giratorio [30].

Teniendo en cuenta la información mencionada anteriormente, esta investigación tuvo como objetivo comparar los compactadores Marshall y giratorio para determinar el procedimiento óptimo para estudiar la compactibilidad y para la fabricación de probetas para ensayar la sensibilidad al agua (ITSR) de mezclas de SMA con caucho y un aditivo de mezclas semicalientes de origen vegetal. Este tipo de mezcla puede ofrecer un campo excelente para comparar ambos métodos, ya que la conjunción del caucho y la temperatura reducida puede requerir una mayor atención al proceso de compactación.

## 2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 2.1. Materiales

#### 2.1.1. Ligantes, caucho, polímero y aditivo de mezclas semicalientes

En este estudio se utilizaron dos ligantes vírgenes diferentes: betunes de penetración 50/70 y 160/220. El caucho fue

## Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

fabricado por molienda mecánica a temperatura ambiente. La granulometría del caucho se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Granulometría del caucho

Tamiz (mm) (UNE EN 933-2)	Pasa (%)
2	100
1,5	100
1	100
0,5	94,1
0,25	23,7
0,125	3,7
0,063	0,4

El contenido de caucho fue del 10% sobre el peso del ligante. También se añadió SBS (estireno-butadieno-estireno), que es un elastómero termoplástico sintético, en una proporción del 2,5% sobre el peso del ligante. El aditivo químico seleccionado para reducir las temperaturas de compactación fue un producto líquido, de origen vegetal, con propiedades tensioactivas. Además, es termorresistente y estable al almacenamiento, y mejora la adhesividad árido-ligante. Está formulado con compuestos naturales de origen vegetal exentos de cualquier calificación de peligrosidad. El proveedor recomienda una dosis del 0,5% sobre el peso del ligante. En este estudio se denominará con la letra "T".

El ligante modificado para esta investigación se fabricó en el laboratorio teniendo en cuenta la experiencia previa de los autores. En cuanto al procedimiento para modificar ligantes en el laboratorio, se tomó una porción de 600 g de betún virgen en un baño de aceite a 140 ° C manteniendo la temperatura con

una precisión de  $\pm 1$  ° C. Después de esto, los aditivos químicos se añadieron al betún y se mezclaron durante 15 minutos a 900 rpm. La mezcla se calentó hasta 185 ° C, luego se añadió el caucho y la muestra se agitó durante 45 minutos a 4000 rpm. Después de eso, se añadió el polímero SBS, el ligante se agitó durante 15 minutos a 4000 rpm y, finalmente, la temperatura se ajustó a 165°C y se mezcló a 900 rpm durante 15 minutos. El ligante así fabricado se incorporó a la fabricación de mezclas de SMA. La composición de los ligantes modificados en este estudio se basó en una formulación estándar para producir un PMB 45/80-65C con un rango de 45–80 × 10–1 mm para penetración (EN-1426) y una temperatura de anillo y bola igual o superior a 65 ° C. Es común preparar primero un betún base compuesto de 50/70 × 10–1 mm de penetración y 160/200 × 10–1 mm de penetración. En este caso particular, la proporción fue del 50% al 50%. Posteriormente, se añadió el aditivo T, el caucho y el polímero SBS. La Tabla 2 presenta una caracterización básica del punto de reblandecimiento (EN 1427), penetración (EN 1426) y recuperación elástica (EN 13398) de los ligantes vírgenes y modificados en esta investigación.

### 2.1.2. Áridos

Los siguientes áridos se usaron para producir las mezclas SMA modificadas con caucho (RSMA); ofita como árido grueso, piedra caliza como árido fino y filler calcáreo. Las diferentes fracciones y porcentajes se pueden ver en la Tabla 3 y en la Figura 1.

Tabla 2. Nombre, composición y caracterización básica de los ligantes

Nombre	Composición	Punto de reblandecimiento (°C) EN 1427	Penetración (10 <sup>-1</sup> mm) EN 1426	Recuperación elástica (%) EN 13398
B	50% 50/70 + 50% 160/220	43,2	98,0	2,0
B+2.5S+10R	50% 50/70 +50% 160/220 +0,5%T +10% caucho +2,5%SBS	66,6	55,0	83,0

Tabla 3. Áridos

Áridos	Pasa (%)	Pasa (%)
Ofita	8/11	36,2
Ofita	4/8	36,0
Caliza	2/4	2,0
Caliza	0,5/2	9,0
Caliza	0,25/0,5	4,0
Caliza	0,063/0,25	4,0
Filler calcáreo		8,8

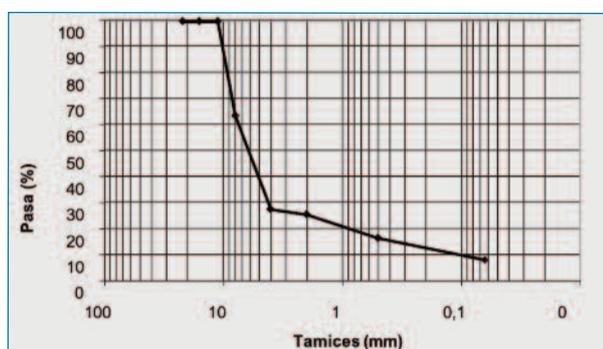


Figura 1. Curva granulométrica de las mezclas

### 2.1.3. Mezcla de control RSMA y mezclas W-RSMA+T

En este estudio, se fabricaron dos mezclas bituminosas diferentes: la mezcla de control es una mezcla SMA con caucho, la cual se ha denominado RSMA. Y luego están la mezclas SMA con caucho y con aditivo de mezclas semicalientes, denominadas W-RSMA+T, las cuales fueron fabricadas a diferentes temperaturas. Todas las mezclas contenían 6,2% de betún modificado sobre el peso de los áridos. En la Tabla 4 se presenta una lista de las mezclas estudiadas. Se incluye el nombre del ligante, así como el contenido de caucho, SBS y aditivo semicaliente T, y las temperaturas seleccionadas para la producción de las mezclas.

La temperatura de fabricación de la mezcla de control RSMA fue la temperatura habitual para este tipo de mezclas (165 °C). Las tem-

peraturas de fabricación de las mezclas W-RSMA+T fueron la misma que la de la mezcla de control (165 °C) y, para evaluar la eficacia del aditivo químico, también 155 °C, 145 °C y 135 °C.

## 2.2. Ensayos

### 2.2.1. Compactibilidad

Los ensayos se realizaron de acuerdo con la norma europea EN 12697-10. Esta norma considera dos procedimientos de prueba: impacto o compactación giratoria. Con la compactación por impacto, las muestras se prepararon a las temperaturas seleccionadas y se compactaron usando el compactador Marshall siguiendo la norma EN 12697-30 (preparación de muestras por compactador de impacto), con la energía de 100 golpes en cada lado, establecida en la norma de compactibilidad EN 12697-10. La variación en el espesor de la muestra fue monitoreada en función del número de golpes y registrada durante la operación de compactación. Se analizaron cuatro muestras para cada mezcla en estudio. Por otro lado, con la compactación giratoria (EN 12697-31, preparación de muestras mediante compactador giratorio), la variación de la densidad de la mezcla se representa en función del número de giros. Los parámetros del compactador fueron una aplicación de presión vertical de 600 kPa, un ángulo interno de compactación de 0.82 ° y una velocidad de 30 rpm. Se analizaron tres probetas para cada temperatura para obtener una curva de densidad media, a lo largo de los 200 giros que establece la norma de compactibilidad EN-12697-10.

Tanto en la compactación Marshall como en la compactación giratoria, estas curvas de densificación a diferentes temperaturas se compararon posteriormente para determinar la reducción de temperatura teóricamente admisible. En este estudio, la nomenclatura de cada mezcla se refiere a su temperatura de fabricación. Sin embargo, en todos los casos, las temperaturas de compactación se establecieron a 10 °C por debajo de la temperatura de fabricación para considerar la pérdida de temperatura durante el transporte de la mezcla desde la central de mezclas hasta el tajo de extendido.

Tabla 4. Mezclas estudiadas

Mezcla	Ligante	SBS (%)	Caucho (%)	Aditivo Semicalientes (%)	Tª Fabricación (°C)
RSMA	B + 10R + 2,5 S	2,5	10	0	165
W-RSMA+T	B + 0,5 T + 10 R + 2,5 S	2,5	10	0,5	165, 155, 145, 135

# Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

## 2.2.2. Sensibilidad al agua

La sensibilidad al agua de las mezclas asfálticas se determinó de acuerdo con EN 12697-12. Este procedimiento es el más utilizado para estudiar la resistencia al ataque de agua en mezclas bituminosas [22]. Se fabricaron una serie de muestras con el compactador de impacto Marshall y una segunda serie con el compactador giratorio. Independientemente del método de compactación, se reservaron cuatro muestras secas a temperatura ambiente (20 °C), mientras que se colocaron cuatro especímenes en un baño termostático de agua durante tres días a 40 °C. Después de este período, todas las muestras se colocaron en un baño termostático a 15 °C durante dos horas antes de someterlas al ensayo de resistencia a tracción indirecta (ITS), de acuerdo con EN 12697-23. Finalmente, para analizar la sensibilidad al agua, se calculó la relación (ITSR) entre los resultados de resistencia promedio de las muestras húmedas (ITS<sub>w</sub>) y secas (ITS<sub>d</sub>). En todos los casos, se determinó la densidad máxima (EN 12697-5), la densidad aparente (EN-12697-6) y el contenido de huecos por el método de superficie seca saturada (EN 12697-8).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Compactibilidad con el compactador Marshall

Las curvas de compactibilidad con el compactador Marshall para la mezcla de control RSMA a 165 °C y las mezclas W-RSMA+T a diferentes temperaturas se presentan en la Figura 2. Se incluye un aumento de las curvas para una observación más precisa de la posición relativa entre las curvas. La temperatura recomendable para la fabricación de las mezclas W-RSMA+T se corresponde a la temperatura a que se logra una curva de densificación lo más cercana posible a la curva de referencia de la mezcla RSMA fabricada a 165 °C.

Puede observarse en la Figura 2 que, a medida que se redujo la temperatura de fabricación de las mezclas W-RSMA+T, la densidad disminuyó. La curva de la mezcla de control (RSMA 165 °C) y la curva W-RSMA+T a 155 °C están prácticamente superpuestas, lo que significa una posible reducción de aproximadamente 10 °C. Debe destacarse que ésta es una reducción pequeña en la temperatura. Parece que el aditivo vegetal no es eficiente o que el método Marshall no puede evaluar adecuadamente su efecto sobre la compactibilidad de la mez-

cla asfáltica.

### 3.2. Compactibilidad con compactador giratorio

De acuerdo con Lee et al. [20], el compactador Marshall parece ser menos sensible a la reducción de temperatura que el compactador giratorio. Por lo tanto, el estudio de compactibilidad se repitió utilizando el compactador giratorio. La Figura 3 presenta las curvas de compactibilidad. Usando este método, se obtuvo la variación del porcentaje de densidad máxima (% Gmm) frente al número correspondiente de giros. Se incluye un detalle aumentado de la sección final de las curvas de densificación para que las curvas puedan analizarse en detalle y pueda hacerse una estimación de la reducción de temperatura admisible. Para las mezclas W-RSMA+T con aditivo (Figura 3), la reducción alcanzable de la temperatura de producción es de alrededor de 20 °C. Cabe señalar que la curva de la mezcla de control (RSMA 165 °C) y la curva de mezcla producida a 145 °C (W-RSMA + T 145 °C) casi se superponen.

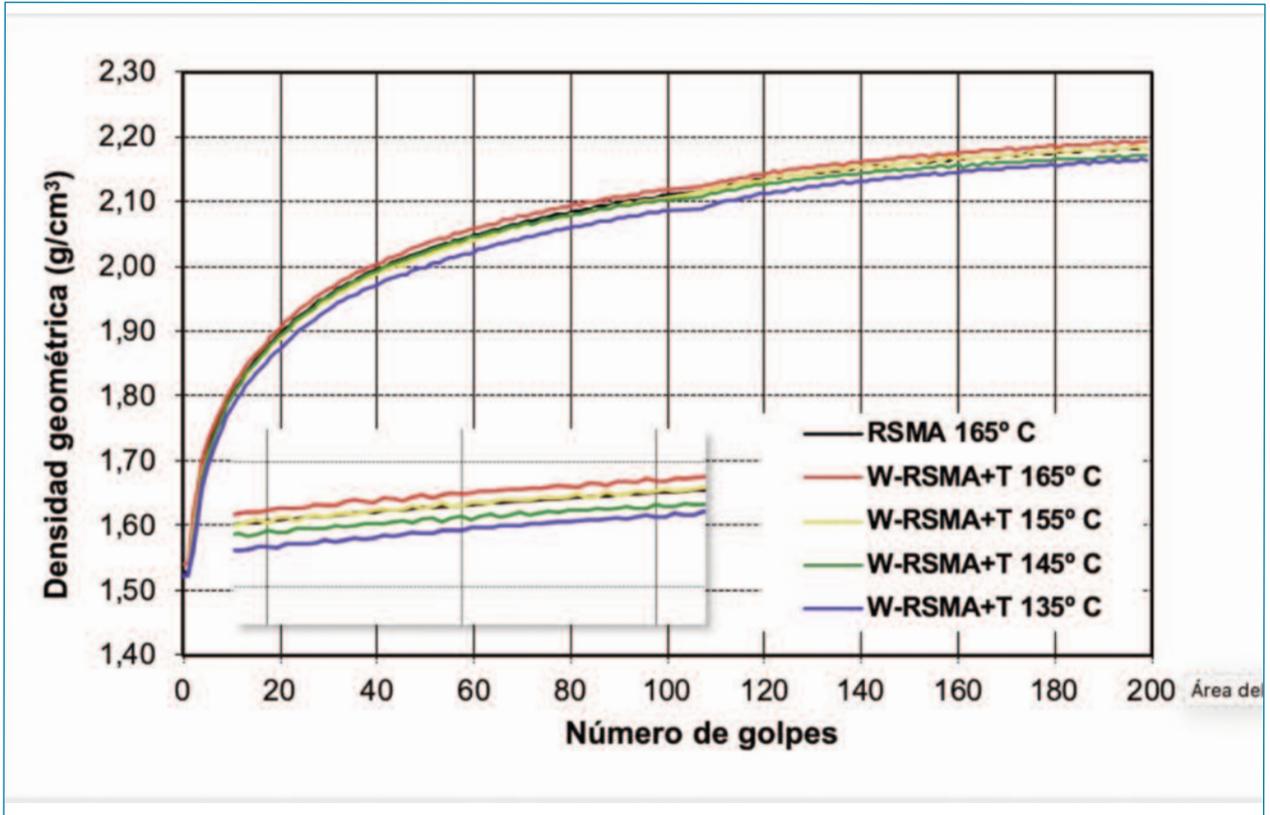


Figura 2. Compactibilidad con compactador Marshall

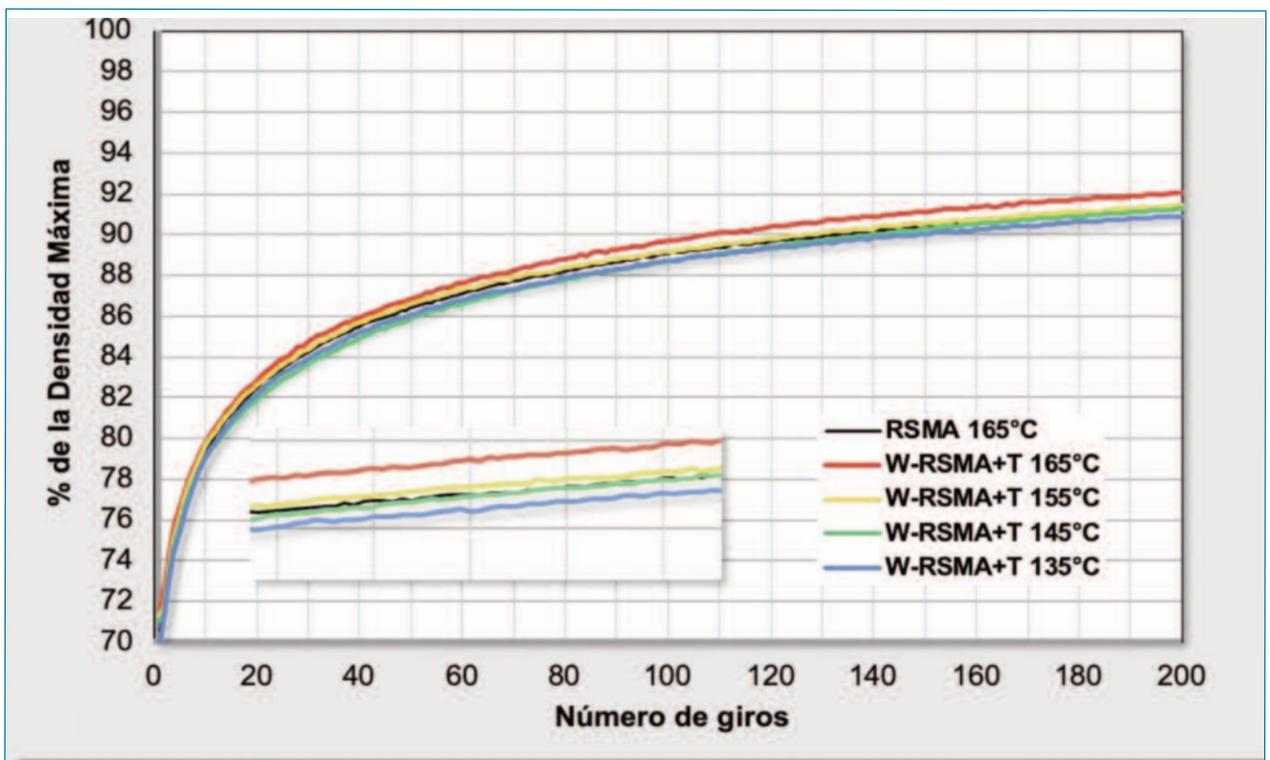


Figura 3. Compactibilidad con el compactador giratorio.

## Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

### 3.3. Sensibilidad al agua con especímenes Marshall

Los contenidos de huecos de las probetas preparadas con el compactador Marshall con 50 golpes / cara se muestran en la Tabla 5.

como en la Figura 4. Puede observarse que cuando se agrega el aditivo T, para mezclas semicalientes, los resultados de ITS son ligeramente peores y los valores de ITSR disminuyen a medida que disminuyen las temperaturas de producción.

En términos de especificaciones que deben cumplirse, pue-

Tabla 5. Características volumétricas de las mezclas, compactación Marshall, 50 golpes / cara.

	Especimen	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> ) EN-12697-6		Huecos (%) EN-12697-8	
RSMA 165 °C	#1	2,295	Av = 2,295 SD = 0,0052	5,13	Av = 5,13 SD = 0,213
	#2	2,295		5,13	
	#3	2,289		5,37	
	#4	2,298		5,00	
	#5	2,304		4,75	
	#6	2,289		5,37	
	#7	2,291		5,29	
	#8	2,298		5,00	
	W-RSMA+T 165 °C	#1		2,305	
#2		2,314	4,34		
#3		2,299	4,96		
#4		2,312	4,42		
#5		2,307	4,63		
#6		2,313	4,38		
#7		2,303	4,80		
#8		2,305	4,71		
W-RSMA+T 155 °C		#1	2,289	Av = 2,295 SD = 0,0041	5,37
	#2	2,296	5,08		
	#3	2,296	5,08		
	#4	2,295	5,13		
	#5	2,295	5,13		
	#6	2,298	5,00		
	#7	2,289	5,37		
	#8	2,301	4,88		
	W-RSMA+T 135 °C	#1	2,272		Av = 2,276 SD = 0,0061
#2		2,274	5,58		
#3		2,282	5,62		
#4		2,278	6,04		
#5		2,279	5,58		
#6		2,275	5,79		
#7		2,269	5,95		
#8		2,278	5,54		

Para verificar que las medias de los huecos en la mezcla de las muestras de cada grupo fueran diferentes, se realizó un análisis de varianza de un solo factor (el tipo de mezcla de asfalto). Para un nivel de significación del 95%, el estadístico F tenía un valor de 57,71759259, mayor que el valor crítico  $F = 2,641465186$ , lo que indica que la hipótesis nula de la igualdad de las medias de todos los grupos es falsa y, por lo tanto, los grupos, estadísticamente, tienen diferentes índices de huecos.

Los resultados de ITS y ITSR se muestran en la Tabla 6, así

de observarse en la Figura 4 que cuando la temperatura de compactación de las mezclas W-RSMA+T es la misma que la mezcla de control (RSMA 165 °C), el valor ITSR es muy similar y superior al 90 % requerido para la capa de rodadura. Sin embargo, a medida que disminuyen las temperaturas de compactación, los valores de ITSR empeoran. Incluso las mezclas producidas a 155 °C no cumplen el requisito del 90% para la sensibilidad al agua de una capa superficial en España (nuevo artículo 544 del PG-3). Este empeoramiento de la sensibilidad al agua puede estar relacionado con el aumento en el índice de huecos en la mezcla, como se presenta en la Figura 4. La

falta de eficiencia de los aditivos de mezclas semicalientes con el compactador Marshall resulta en un alto contenido de huecos, haciendo que las mezclas sean más vulnerables al ataque de agua. Estos resultados obtenidos con probetas preparadas con el compactador Marshall significan que, con la compactación de impacto, a nivel fabricación en laboratorio, no se consigue el cumplimiento de especificaciones para las mezclas semicalientes. Sin embargo, esos valores bajos de ITSR no deben traducirse en que a nivel de obra no se conseguirán buenos resultados. Al menos hasta que se disponga de los resultados de ITSR en probetas preparadas con el compactador giratorio.

sensibilidad al agua de una capa superficial en España (nuevo artículo 544 del PG-3). Este empeoramiento de la sensibilidad al agua puede estar relacionado con el aumento en el índice de huecos en la mezcla, como se presenta en la Figura 4. La falta de eficiencia de los aditivos de mezclas semicalientes con el compactador Marshall resulta en un alto contenido de huecos, haciendo que las mezclas sean más vulnerables al ataque de agua. Estos resultados obtenidos con probetas preparadas con el compactador Marshall significan que, con la compactación de impacto, a nivel fabricación en laboratorio, no se consigue el cumplimiento de especificaciones para las mezclas se-

**Tabla 6. Resultados del ensayo de sensibilidad al agua para las mezclas preparadas con el compactador Marshall**

Mezclas	Tª de producción(°C)	ITSd (MPa) EN 12697-12	ITSw (MPa) EN 12697-12	ITSR (%) EN 12697-23
RSMA	165	2,129	1,975	92,8
W-RSMA + T	165	1,858	1,687	90,8
	155	1,915	1,591	83,1
	145	1,785	1,396	78,2
	135	1,954	1,248	63,9



Figura 4. Resultados ITSR para muestras preparadas con el compactador Marshall.

En términos de especificaciones que deben cumplirse, puede observarse en la Figura 4 que cuando la temperatura de compactación de las mezclas W-RSMA+T es la misma que la mezcla de control (RSMA 165 °C), el valor ITSR es muy similar y superior al 90 % requerido para la capa de rodadura. Sin embargo, a medida que disminuyen las temperaturas de compactación, los valores de ITSR empeoran. Incluso las mezclas producidas a 155 °C no cumplen el requisito del 90% para la

micahentes. Sin embargo, esos valores bajos de ITSR no deben traducirse en que a nivel de obra no se conseguirán buenos resultados. Al menos hasta que se disponga de los resultados de ITSR en probetas preparadas con el compactador giratorio.

### 3.4. Sensibilidad al agua con el compactador giratorio

Como la resistencia al ataque de agua en las probetas fa-

## Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

bricadas con el compactador Marshall mostraron resultados no satisfactorios, se decidió compactar las muestras para este ensayo con el compactador giratorio, de acuerdo con Vega-Zaramillo et al. [25]. El uso del compactador giratorio para mezclas calientes con caucho también ha sido recomendado por Tarefder et al. [28]. Los resultados para la densidad aparente y el contenido de huecos de las muestras se muestran en la Tabla 7.

un análisis de varianza de un factor (tipo de mezcla) para un nivel de significación del 95%. Se obtuvo un valor estadístico  $F = 39,86452242$ , más alto que el valor crítico  $F = 2,641465186$ , que mostró que las medias de los grupos son diferentes entre sí. Por lo tanto, dependiendo del tipo de mezcla, las muestras alcanzaron un grado de compactación diferente. Los resultados de ITS para las muestras preparadas con 120 giros con el compactador giratorio se muestran en la Tabla 8 y la Figura 5.

Tabla 7. Características volumétricas de las mezclas

	Specimen	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> ) EN-12697-6		Air void (%) EN-12697-8	
RSMA 165 °C	#1	2,298	SD=0,003	5,00	SD=0,11
	#2	2,292		5,25	
	#3	2,294		5,17	
	#4	2,299		4,96	
	#5	2,3		4,92	
	#6	2,295		5,13	
	#7	2,295		5,13	
	#8	2,297		5,04	
W-RSMA+T 165 °C	#1	2,303	AAV=2,306 SD=0,004	4,79	Av=4,67 SD=0,154
	#2	2,309		4,55	
	#3	2,311		4,46	
	#4	2,307		4,63	
	#5	2,308		4,59	
	#6	2,299		4,96	
	#7	2,306		4,67	
	#8	2,307		4,63	
W-RSMA+T 155 °C	#1	2,301	Av=2,300 SD=0,003	4,88	Av=4,92 SD=0,128
	#2	2,303		4,80	
	#3	2,298		5,00	
	#4	2,303		4,80	
	#5	2,303		4,79	
	#6	2,299		4,96	
	#7	2,295		5,13	
	#8	2,297		5,04	
W-RSMA+T 145 °C	#1	2,294	Av=2,391 SD=0,002	5,46	Av=5,29 SD=0,100
	#2	2,292		5,25	
	#3	2,287		5,54	
	#4	2,291		5,37	
	#5	2,294		5,25	
	#6	2,29		5,46	
	#7	2,289		5,21	
	#8	2,292		5,25	
W-RSMA+T 135 °C	#1	2,287	Av=2,289 SD=0,003	5,46	Av=5,35 SD=0,125
	#2	2,292		5,25	
	#3	2,285		5,54	
	#4	2,289		5,37	
	#5	2,292		5,25	
	#6	2,287		5,46	
	#7	2,293		5,21	
	#8	2,292		5,25	

Para determinar si los valores promedio para el contenido de huecos en cada mezcla eran diferentes entre sí, se realizó

Este nivel de compactación se seleccionó para lograr un contenido de huecos en la mezcla de control RSMA (5.07%, Ta-

bla 7) similar a lo logrado por 50 golpes / cara con el compactador Marshall (5,13%, Tabla 5), en ambos casos a 165 °C.

de lograr un menor contenido de huecos en comparación con el compactador de impacto Marshall al reducirse las temperatu-

Tabla 8. Resultados de la sensibilidad al agua para las mezclas fabricadas con el compactador giratorio.

Mezclas	Tª de producción(°C)	ITSd (MPa) EN 12697-12	ITSw (MPa) EN 12697-12	ITSR (%) EN 12697-23
RSMA	165	2,04	2,082	98,0
W-RSMA + T	165	1,962	1,923	98,0
	155	1,845	1,826	99,9
	145	1,886	1,843	97,7
	135	1,819	1,692	93,0

Cuando el aditivo T se incorpora a las mezclas fabricadas a 165 °C, que es la temperatura de producción de la mezcla de control, presentan valores de ITSR similares a los de la mezcla de control (Figura 5). Incluso a temperaturas más bajas (155 °C – 135 °C) los valores de ITSR son similares a los de la mezcla de control y siempre superiores al 90% requerido en el nuevo artículo 544 del PG3.

ras de fabricación con el aditivo de mezclas semicalientes. Sin embargo, la diferencia en el contenido de huecos entre las muestras producidas con el compactador Marshall y el compactador giratorio es de alrededor del 1%, mientras que los valores de ITSR oscilan entre 63% y 93% entre ambos casos. Se necesitaría realizar más investigaciones para confirmar que el efecto de amasado, además de mejorar la eficiencia de la den-

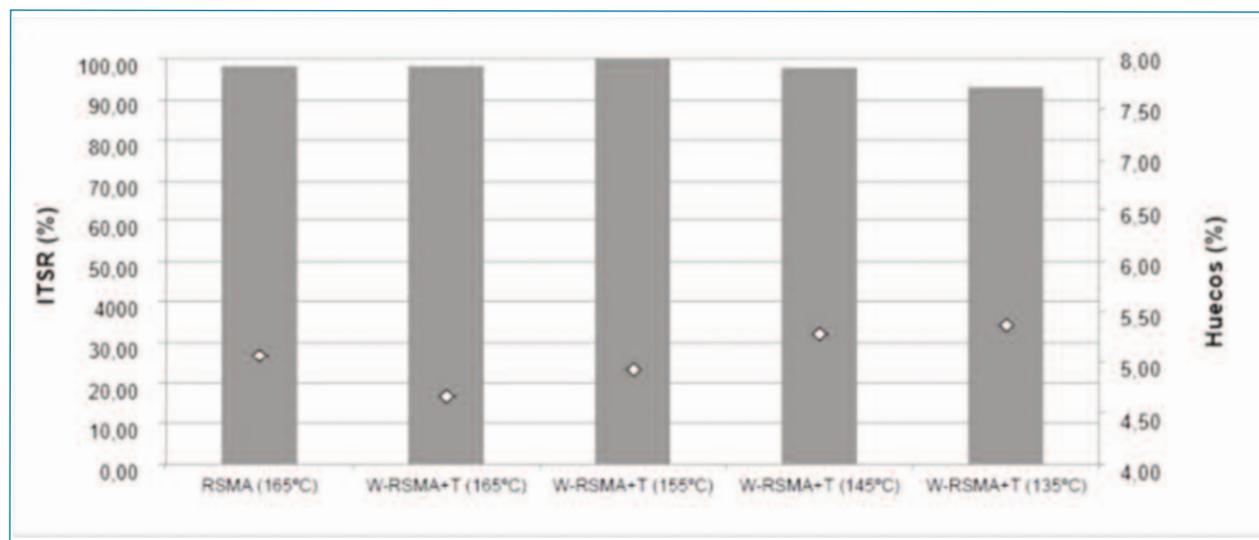


Figura 5. Resultados ITSR para especímenes preparados con el compactador giratorio.

Aunque, debido a la reducción de temperatura hubo un ligero incremento de los huecos en mezcla, la resistencia al agua se vio poco afectada (Figura 5). Entonces, en términos de resistencia al ataque de agua, la temperatura de fabricación podría reducirse hasta en 30 °C. A partir de estos resultados, es evidente que no sólo la tecnología de mezclas semicalientes afecta la sensibilidad al agua de las mezclas, como lo afirman Xu et al. [22]. El método de compactación tiene una fuerte influencia; el efecto de amasado del compactador giratorio pue-

sificación (y evitar la entrada de agua) es capaz de mejorar la adhesividad de los ligantes, como se sugirió en investigaciones previas [25,26].

### 3.5. Reducción alcanzable de la temperatura de fabricación

De acuerdo con los resultados de las Secciones 3.1 a 3.4, sería posible reducir las temperaturas de producción de las mez-

## Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

clas en estudio, gracias al uso del aditivo de origen vegetal empleado en este trabajo. Sin embargo, esta reducción depende de la propiedad analizada y del método de compactación. En el caso del compactador Marshall, no se recomendaría una reducción de la temperatura de producción ya que la sensibilidad al agua cae por debajo de los valores mínimos admitidos para capas de rodura. Sin embargo, considerando los resultados obtenidos en las mezclas fabricadas con el compactador giratorio, puede recomendarse una reducción de temperatura de hasta 30 °C, aunque podría ser aconsejable limitar esta reducción a 20 °C, para limitar también el reducido incremento de huecos en mezcla que se produce al disminuir la temperatura.

### 4. CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue determinar el tipo de compactación en laboratorio más apropiado para el estudio de mezclas SMA con caucho de neumáticos al final de su vida útil y aditivos de mezclas semicalientes. Recientemente se han elaborado especificaciones para mezclas SMA en España (Art. 544 del PG-3). Aunque el método de compactación para el cálculo de huecos en mezcla sigue siendo el Marshall, se admite el compactador giratorio en el caso de mezclas SMA semicalientes. Sin embargo, en cuanto a la compactación de probetas para el ensayo de sensibilidad al agua, se menciona únicamente el compactador Marshall, sin distinguir si la mezcla es caliente o semicaliente. Algunos investigadores, no obstante, vienen planteando que el método de compactación giratoria es más adecuado para este tipo de mezclas.

Para contribuir a aclarar esta cuestión, el presente estudio evaluó los efectos de un aditivo químico de origen vegetal para mezclas semicalientes sobre la compactabilidad de una mezcla asfáltica SMA con caucho de neumáticos al final de su vida útil. Las pruebas realizadas fueron las de compactabilidad, evaluadas por dos procedimientos diferentes (impacto y compactación giratoria) y sensibilidad al agua, en probetas compactadas con el compactador Marshall y con el compactador giratorio.

El contenido de ligante de la mezcla de control SMA fue de un 6,2% de betún modificado sobre el peso de los áridos, incluyendo un 10% de caucho y un 2,5% de SBS sobre el peso del betún. Las mezclas SMA con caucho y aditivo de mezclas semicalientes (denominadas en este estudio mezclas W-RSMA+T) además incorporaron un 0,5% de aditivo para

semicalientes sobre el peso del ligante. La mezcla de control se fabricó a 165 °C y las mezclas W-RSMA+T se prepararon a 165 °C, 155 °C, 145 °C y 135 °C. De los resultados de las pruebas realizadas, se pueden extraer las siguientes conclusiones.

En cuanto a los resultados de compactabilidad, dependiendo del procedimiento utilizado (impacto o giratorio), se obtuvieron diferentes resultados que recomendaban también diferentes reducciones de la temperatura de compactación. Parece que la compactación giratoria ofrece un mejor criterio a la hora de distinguir la presencia del aditivo WMA en comparación con el procedimiento Marshall. Agregando el aditivo de semicalientes, cuando se utiliza el procedimiento Marshall, la temperatura de fabricación de las mezclas podría reducirse sólo unos 10 °C. En cambio, con el compactador giratorio, puede lograrse una reducción de 20 °C.

En cuanto a la sensibilidad al agua, cuando las muestras se prepararon con el compactador Marshall, la relación de tracción indirecta (ITSR) de las mezclas semicalientes con aditivos W-RSMA+T no cumplía los requisitos de sensibilidad al agua en España (90%), excepto para las mezclas preparadas a 165 °C (la misma temperatura de fabricación de la mezcla de control). Por lo tanto, con este criterio, no se recomienda reducir la temperatura, incluso con la presencia del aditivo de mezclas semicalientes. Sin embargo, cuando las muestras se prepararon con el compactador giratorio, los valores ITSR de las mezclas W-RSMA+T a temperaturas más bajas permanecieron por encima del 90% requerido, incluso al fabricar a 30 °C por debajo de la temperatura de referencia. Teniendo en cuenta que la mayoría de los autores en la revisión de la literatura realizada mostraron la buena correspondencia de las muestras compactadas en giratoria con los testigos de campo, este resultado parece indicar que la reducción de la temperatura con el uso del aditivo de mezclas semicalientes seleccionado podría alcanzar los 30 °C. Aunque por el criterio de compactabilidad, si se quiere conservar el contenido de huecos de la mezcla de referencia, debería prescribirse una reducción de temperatura no mayor de 20°C.

Finalmente, el resultado de esta investigación muestra que el compactador giratorio es preferible a la compactación Marshall para diseñar y ensayar mezclas SMA, especialmente cuando se añade caucho y un aditivo de mezclas semicalientes.

En cuanto a necesidades de nueva investigación, sería conveniente avanzar en los estudios a escala real, para cotejar el

grado de coincidencia entre el comportamiento de capas del firme compactadas con rodillos compactadores, y el obtenido en laboratorio con distintos métodos de compactación, para evaluar la representatividad de estos últimos.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Yadykina, V.; Tobolenko, S.; Trautvain, A.; Zhukova, A. The influence of stabilizing additives on physical and mechanical properties of stone mastic asphalt concrete. *Procedia Eng.* 2015, 376–381. doi:10.1016/j.proeng.2015.08.181.
- [2] Putman, B.J.; Amirkhanian, S.N. Utilization of waste fibers in stone matrix asphalt mixtures. *Resour. Conserv. Recycl.* 2004, 265–274. doi:10.1016/j.resconrec.2004.04.005.
- [3] Mokhtari, A.; Nejad, F.M. Mechanistic approach for fiber and polymer modified SMA mixtures. *Constr. Build. Mater.* 2012, 36, 381–390. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.05.032.
- [4] Manosalvas-Paredes, M.; Gallego, J.; Saiz, L.; Bermejo, J.M. Rubber modified binders as an alternative to cellulose fiber—SBS polymers in Stone Matrix Asphalt. *Constr. Build. Mater.* 2016, 121, 727–732. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.06.028.
- [5] Fontes, L.P.T.L.; Trichês, G.; Pais, J.C.; Pereira, P.A.A. Evaluating permanent deformation in asphalt rubber mixtures. *Constr. Build. Mater.* 2010, 24, 1193–1200. doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.12.021.
- [6] Moreno, F.; Sol, M.; Martín, J.; Pérez, M.; Rubio, M.C. The effect of crumb rubber modifier on the resistance of asphalt mixes to plastic deformation. *Mater. Des.* 2013, 47, 274–280. doi:10.1016/j.matdes.2012.12.022.
- [7] Pasquini, E.; Canestrari, F.; Cardone, F.; Santagata, F.A. Performance evaluation of gap graded Asphalt Rubber mixtures. *Constr. Build. Mater.* 2011, 25, 2014–2022. doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.11.048.
- [8] Paje, S.E.; Luong, J.; Vázquez, V.F.; Bueno, M.; Miró, R. Road pavement rehabilitation using a binder with a high content of crumb rubber: Influence on noise reduction. *Constr. Build. Mater.* 2013, 47, 789–798. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.05.008.
- [9] Sangiorgi, C.; Tataranni, P.; Simone, A.; Vignali, V.; Lantieri, C.; Dondi, G. Stone mastic asphalt (SMA) with crumb rubber according to a new dry-hybrid technology: A laboratory and trial field evaluation. *Constr. Build. Mater.* 2018, 182, 200–209. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.06.128.
- [10] D'Angelo, J.; Harm, E.; Bartoszek, J.; Baumgardner, G.; Corrigan, M.; Cowser, J.; Harman, T.; Jamshidi, M.; Jones, W.; Newcomb, D.; et al. Warm-Mix Asphalt: European Practice; Report No. FHWA-PL-08-007; Federal Highway Administration: Washington DC, USA, 2008. Available online: <https://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/pl08007.pdf> (accessed on 7 January 2020)
- [11] Rubio, M.C.; Martínez, G.; Baena, L.; Moreno, F. Warm Mix Asphalt: An overview. *J. Clean. Prod.* 2012, 24, 76–84. doi:10.1016/j.jclepro.2011.11.053.
- [12] Capitão, S.D.; Picado-Santos, L.G.; Martinho, F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt. *Constr. Build. Mater.* 2012, 36, 1016–1024. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.06.038.
- [13] Wang, H.; Liu, X.; Apostolidis, P.; Scarpas, T. Review of warm mix rubberized asphalt concrete: Towards a sustainable paving technology. *J. Clean. Prod.* 2018, 177, 302–314. doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.245.
- [14] Oliveira, J.R.M.; Silva, H.M.R.D.; Abreu, L.P.F.; Fernandes, S.R.M. Use of a warm mix asphalt additive to reduce the production temperatures and to improve the performance of asphalt rubber mixtures. *J. Clean. Prod.* 2013, 41, 15–22. doi:10.1016/j.jclepro.2012.09.047.
- [15] Rodríguez-Alloza, A.M.; Gallego, J. Mechanical performance of asphalt rubber mixtures with warm mix asphalt additives. *Mater. Struct.* 2017, 50, 147. doi:10.1617/s11527-017-1020-z.
- [16] Rodríguez-Alloza, A.M.; Gallego, J. Volumetric characteristics and compactability of asphalt rubber mixtures with organic warm mix asphalt additives. *Mater. Constr.* 2017, 67. doi:10.3989/mc.2017.03616.
- [17] Akisetty, C.K.; Lee, S.J.; Amirkhanian, S.N. Effects of Compaction Temperature on Volumetric Properties of Rubberized Mixes Containing Warm-Mix Additives. *J. Mater. Civ. Eng.* 2009, 21, 409–415. doi:10.1061/ASCE0899-1561200921:8409.
- [18] Yu, H.; Leng, Z.; Dong, Z.; Tan, Z.; Guo, F.; Yan, J. Workability and mechanical property characterization of asphalt rubber mixtures modified with various warm mix

## Evaluación de la compactación de mezclas SMA con caucho de NFVU y aditivo de mezclas semicalientes

- asphalt additives. *Constr. Build. Mater.* 2018, 175, 392–401. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.04.218.
- [19] Leng, Z.; Yu, H.; Zhang, Z.; Tan, Z. Optimizing the mixing procedure of warm asphalt rubber with wax-based additives through mechanism investigation and performance characterization. *Constr. Build. Mater.* 2017, 144, 291–299. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.03.208.
- [20] Lee, S.J.; Amirkhanian, S.N.; Kwon, S.Z. The effects of compaction temperature on CRM mixtures made with the SGC and the Marshall compactor. *Constr. Build. Mater.* 2008, 22, 1122–1128. doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.03.003.
- [21] Xu, H.; McIntyre, A.; Adhikari, T.; Hesp, S.; Marks, P.; Tabib, S. Quality and durability of warm rubberized Asphalt cement in Ontario, Canada. *Transp. Res. Rec.* 2013, 26–32. doi:10.3141/2370-04.
- [22] Xu, S.; Xiao, F.; Amirkhanian, S.; Singh, D. Moisture characteristics of mixtures with warm mix asphalt technologies—A review. *Constr. Build. Mater.* 2017, 142, 148–161. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.03.069.
- [23] Khedmati, M.; Khodaii, A.; Haghshenas, H.F. A study on moisture susceptibility of stone matrix warm mix asphalt. *Constr. Build. Mater.* 2017, 144, 42–49. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.03.121.
- [24] Wang, Y.; Zhu, J.; Liu, L.; Sun, L. Gradation Evaluation of Asphalt Rubber Mixture with Warm-mix Additive. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2013, 96, 31–38. doi:10.1016/j.sbspro.2013.08.007.
- [25] Vega-Zamanillo, Á.; Calzada-Pérez, M.A.; Sánchez-Alonso, E.; Gonzalo-Orden, H. Density, Adhesion and Stiffness of Warm Mix Asphalts. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2014, 160, 323–331. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.144.
- [26] Jiang, Y.; Deng, C.; Li, Q.; Liu, H. Effect of Compaction Methods on Physical and Mechanical Properties of Asphalt Mixture. *J. Mater. Civ. Eng.* 2019, 31. doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002732.
- [27] Hartman, A.M.; Gilchrist, M.D.; Walsh, G. Effect of mixture compaction on indirect tensile stiffness and fatigue. *J. Transp. Eng.* 2001, 127, 370–378. doi:10.1061/(ASCE)0733-947X(2001)127:5(370).
- [28] Tarefder, R.A.; Ahmad, M. Effect of compaction procedure on air void structure of asphalt concrete. *Meas. J. Int. Meas. Confed.* 2016, 90, 151–157. doi:10.1016/j.measurement.2016.04.054.
- [29] Consuegra, A.; Little, D.N.; von Quintus, H.; Burati, J. Comparative evaluation of laboratory compaction devices based on their ability to produce mixtures with engineering properties similar to those produced in the field. *Transp. Res. Rec.* 1989, 1228, 80–87.
- [30] Pérez-Jiménez, F.; Martínez, A.H.; Miró, R.; Hernández-Barrera, D.; Araya-Zamorano, L. Effect of compaction temperature and procedure on the design of asphalt mixtures using Marshall and gyratory compactors. *Constr. Build. Mater.* 2014, 65, 264–269. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.04.135.
- [31] CEDEX, SMA Mixtures Draft Specifications (SMA-DS). Environment Friendly Asphalt Mixture Project. 2013. Available online: [http://www.proyectosma.eu/wp-content/uploads/2018/05/files\\_524aeb98888f4.pdf](http://www.proyectosma.eu/wp-content/uploads/2018/05/files_524aeb98888f4.pdf) (accessed on 10 September 2019).

# NLT-383/20

## Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FENIX

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

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

### 1. Objeto y principio del ensayo

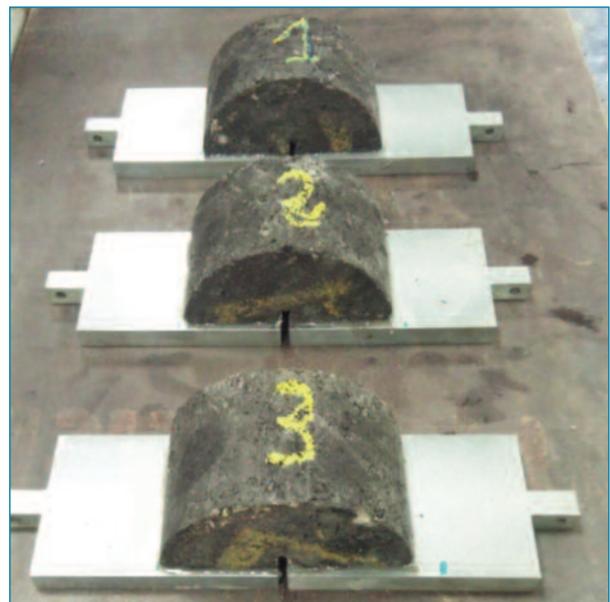
Determinación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas. El ensayo se efectúa mediante la aplicación de un esfuerzo a tracción directa sobre probetas semicilíndricas con fisura inducida, con una velocidad constante a una temperatura dada, siendo las recomendadas  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $+5^{\circ}\text{C}$  y  $+20^{\circ}\text{C}$ . El esfuerzo se aplica en el plano de corte y perpendicular a la ranura creada.

### 2. Método operativo

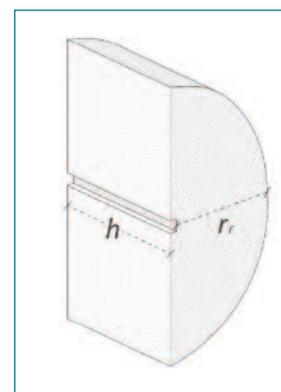
Se fabrican probetas cilíndricas mediante los procedimientos habituales (impacto o giratoria) o también se puede realizar el ensayo a partir de testigos extraídos de placas o de la propia obra. En cualquier caso, el espesor de las probetas debe estar comprendido entre 30 y 70 mm. Se recomienda fabricar al menos 2 probetas (3 o 4 semicilíndricas) para cada temperatura que se vaya a realizar el ensayo. Se determina la densidad de cada probeta.

Preparación de las probetas para el ensayo: se procede a realizar un corte paralelo a la generatriz del cilindro, es decir, se cortan las probetas diametralmente por la mitad obteniéndose probetas semicilíndricas como se observa en la siguiente figura.

Se realiza una ranura de  $5 \pm 1$  mm de profundidad y ancho de  $4 \pm 1$  mm en la mitad de la cara cortada de la probeta semicilíndrica, debiendo verificar las dimensiones obtenidas. Se determina su altura ( $h$ ) y el radio reducido ( $r$ ) y se fijan a las bases con el adhesivo sobre el plano rectangular, con especial



cuidado en mantener su posición.



Las probetas de ensayo se acondicionan en el interior de la cámara termostática durante un tiempo mínimo de 4 horas a la temperatura de ensayo. Se fijan las probetas a los soportes de la prensa con la ayuda de los pasadores comprobando el correcto alineamiento de las horquillas de sujeción, manteniéndolas durante un tiempo adecuado para asegurar

# NLT-383/20 Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FENIX

la temperatura correcta en su interior (15-20 minutos).

Al inicio del ensayo se aplica un esfuerzo a tracción con velocidad constante de 1 mm/min, hasta alcanzar un valor de desplazamiento superior a 4 milímetros. Se repite el ensayo con el resto de probetas.

## 3. Equipamiento

Para la preparación de las probetas, se requiere una cortadora convencional para aserrar las probetas por su generatriz, así como efectuar la ranura inducida, y también los útiles y soportes para la sujeción de las probetas que son adheridas con un adhesivo especial tipo resina epoxi.

Para la realización del ensayo FENIX se requiere de una prensa electromecánica con capacidad de ensayar a tracción indirecta a velocidad constante de 1 mm/min y de aplicar y medir fuerzas entre 1 y 15000 N. La prensa debe estar dotada de un sensor de deformación independiente de 0,001 mm de resolución para la medida directa de la separación entre las placas de montaje de la probeta. Deberá a su vez estar dotada de una cámara termostática con capacidad de mantener temperaturas entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $+60^{\circ}\text{C}$  con variaciones máximas de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .



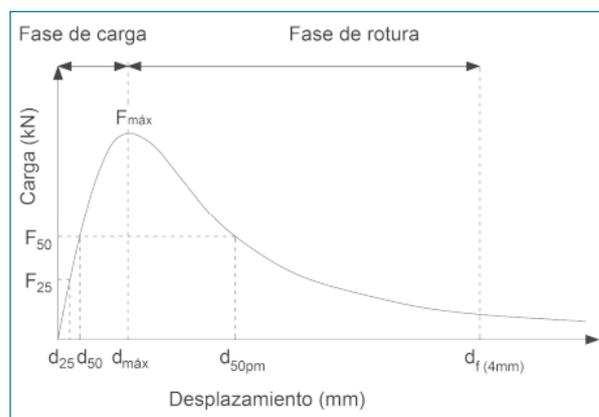
## 4. Resultados

Los parámetros resultantes del ensayo se calculan a partir de la curva de rotura de cada una de las probetas.

Algunos de estos son:

**DT: Desplazamiento de tenacidad.** Valor de desplazamiento, en milímetros (mm), desde que se alcanza la carga máxima hasta que la carga se reduce a la mitad de su valor máximo durante la fase de rotura

**RT: Resistencia a tracción,** en megapascales (MPa). Valor máximo de la tensión efectiva obtenido en el ensayo.



**IRT: Indicador de rigidez a tracción,** en  $\text{MPa}/\text{mm}$ . Pendiente de la curva carga-desplazamiento entre el 25% y el 50% de la carga máxima  $F_{m\acute{a}x}$  en la fase de carga, dividida por la superficie transversal de carga. Valora la rigidez de la mezcla a tracción.

**T: Tenacidad,** en  $\text{J}/\text{m}^2$ . Área bajo la curva de carga-desplazamiento desde que se alcanza la carga máxima de rotura hasta la finalización del ensayo, dividida por la superficie transversal de carga (S).

## 5. Puntos Críticos

El ensayo ha sido desarrollado en la UPC (Universidad Politécnica de Cataluña) donde se lleva trabajando por más de 10 años, aunque es un ensayo poco utilizado todavía en el resto de laboratorios del sector.

En la actualidad se está trabajando en la definición de criterios de especificación para su uso generalizado en las obras.

El ensayo requiere de equipos de ensayo especiales con un preciso control de la deformación y de la temperatura del

ensayo.

### 5. Comentarios

El ensayo permite diseñar, caracterizar y clasificar las mezclas bituminosas en cuanto a su resistencia, rigidez a tracción, ductilidad y tenacidad, tanto en la fase de diseño como posteriormente durante el control de calidad de obra.

Se están realizando trabajos a nivel nacional para correlacionar los parámetros obtenidos en el ensayo con muestras en fase de diseño, ejecución y testigos de obra.

En la norma se indican los valores de repetibilidad y reproducibilidad del ensayo para cada uno de los parámetros del ensayo obtenido con una mezcla tipo AC16D.

### 6. Bibliografía

- NLT.-383/20. Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo Fenix.

*Este ensayo permite valorar las propiedades de rigidez, ductilidad y tenacidad entre distintos tipos de mezclas bituminosas y ligantes, así como diseñar o seleccionar la mezcla más adecuada para la casuística objetivo de la mezcla. Y posteriormente en el control de calidad te permite comprobar las propiedades de la mezcla extendida y compararlas con las de origen.*



Madrid, 1 y 2 de Diciembre de 2020

# XV Jornada Nacional asefma 2020

PROVISIONAL

## PROGRAMA

**XV Jornada Nacional  
asefma 2020**

Madrid, 1 y 2 de Diciembre de 2020

#XVJornadaAsefma

**Sostenibilidad, economía  
circular y gestión de residuos:  
fresado procedente  
de pavimentos asfálticos**

Jornada digital en entorno virtual

Coordinadores:  
Dr. Ing. Angel Sampedro y Dr. Ing. Mayca Rubio

Patrocinan:

Organiza:  asefma

Teléf.: 91 129 36 60 • e-mail: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

## Sostenibilidad, economía circular y gestión de residuos: fresado procedente de pavimentos asfálticos

### INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:  
**[asefma@asefma.com.es](mailto: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](http://www.itafec.com)**

Síguenos en Twitter  **#XVJornadaAsefma**



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES  
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26  
28020 Madrid  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

T.: +34 911 293 660  
F.: +34 911 293 566  
E.: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

# 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 17 de agosto hasta el 11 de noviembre de 2020.

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

### NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 17499 (Publicada en Septiembre de 2020)-ESTADO: VIGENTE EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Ejemplos para el mercado CE y Declaración de Prestaciones (DoP)

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

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 13614 (Última publicación año 2011. ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.
- **PNE- prEN 14023 (Última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de especificaciones de los betunes modificados con polímeros

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

### NORMATIVA PROYECTO

- **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
- **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

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

#### NORMATIVA PROYECTO (continuación)

- **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 12697-25 (última publicación año 2016). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
  - **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-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 12697-42 (última publicación año 2013)- ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado
  - **PNE-EN 12697-45 (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 12697-48 (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
  - **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

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

### NORMATIVA PROYECTO (continuación)

- **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
- **PNE-EN 13285 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío
- **PNE-prEN 17392-1 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Sostenibilidad de las obras de construcción. Declaraciones medioambientales de productos. Normas básicas para materiales de carretera. Parte 1: Mezclas bituminosas.
- **PNE 41201 IN (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Procedimiento de medición del coeficiente de rozamiento transversal (CRT) con equipo SCRIM
- **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)

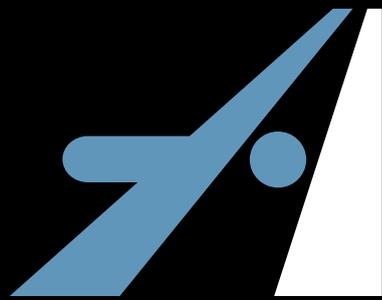
### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-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-EN 1097-2 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-EN 1097-8 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **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.

## COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Solamente se ha producido la publicación de una norma que corresponde a la UNE EN 17499 para betunes en donde se incluyen ejemplos para el Mercado CE y la Declaraciones de Prestaciones.

Esta norma es de nueva publicación y en ella se recogen los documentos que se describían en las normas de especificaciones de los diferentes tipos de betunes.



# asefma

**“reforzamos el firme, consolidamos el futuro”**  
**“by reinforcing pavements, we guarantee the future”**

## Digital impact of @asefma\_es through Twitter, Facebook, Instagram and LinkedIn social networks

- More than 26,000 messages sent
- More than 18,000 engaged followers
- More than 1,000,000 reactions

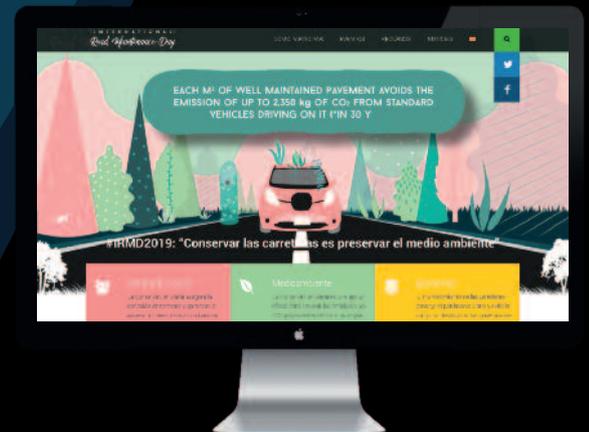


## Últimas monografías publicadas Most recent monographs



**Asefma is promotor of the International Road Maintenance Day (IRMD)**  
[www.roadmaintenanceday.org](http://www.roadmaintenanceday.org)

## Catálogo de Capacidades Técnicas Catalogue of Technical Capacities



Síguenos en: / Follow us on:

- @asefma\_es
- @asefma
- @asefma
- company/asefma

## [www.asefma.es](http://www.asefma.es)

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

Avda. General Perón, 26  
28020 Madrid (Spain)  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

T.: +34 911 293 660  
F.: +34 911 293 566  
E.: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

# PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

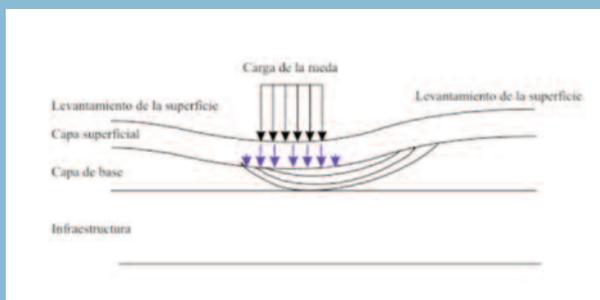
## ENTREGA 11.

Andrés Costa

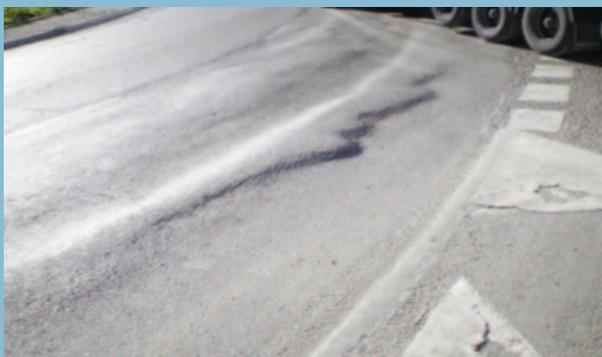
Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

PATOLOGIAS EN LOS FIRMES DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS

Denominación de la patología: 01 RODERAS



Mecanismo de formación de roderas en un pavimento bituminoso



Rodera con deformación plástica de la mezcla bituminosa

Descripción de la patología:

Las roderas se pueden describir como deformaciones plásticas, principalmente en la capa de rodadura, que constituyen depresiones longitudinales del firme de considerable extensión originadas por el paso de los vehículos pesados en el sentido de circulación. La deformación permanente que se genera a corto y largo plazo se manifiesta, también, por una fluencia lateral del material bituminoso.

Causas de la patología:

En general las roderas se producen a consecuencia de factores como son densidad del tráfico y altas temperaturas, combinados con un diseño deficiente de la mezcla bituminosa empleada

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

La afección sobre la vía y sobre el usuario, se traduce en deformaciones que provocan situaciones entre las que se pueden citar:

- La irregularidad de la superficie provoca que en la conducción, sobre todo a altas velocidades, origine una pérdida de adherencia entre el pavimento y el neumático ocasionando la posible pérdida del control del vehículo y la salida de la vía
- También, en el caso de la acumulación de agua, el hidroplaneo provoca la disminución del contacto con la superficie provocando la salida del vehículo de la vía
- Además las irregularidades de la superficie muestra una conducción incómoda para el usuario tanto por los balanceos como por el ruido generado por la diferencia de nivel.

### Reparación de la patología:

La reparación de una superficie con una patología de roderas puede tener diferente solución en función de la extensión de la deformación detectada así como si la actuación a realizar es provisional o definitiva.

#### Actuación provisional

Esta reparación se realizaría sobre una rodera de poca extensión, en zonas localizadas y con una deformación poco pronunciada.

La actuación consistirá en el levantamiento de la zona afectada, procediendo a continuación a la aplicación de un riego de adherencia seguido de un microaglomerado en frío o una mezcla bituminosa en caliente de pequeño espesor. Si la patología se ha producido por deformación plástica, se deberá eliminar el total del espesor de la mezcla afectada.

#### Actuación definitiva

Esta reparación se realizaría sobre una rodera de gran extensión y con una deformación pronunciada, llegando incluso a afectar a las capas inferiores a la de rodadura, tras ser evaluado en los estudios realizados sobre testigos extraídos de la zona.

La actuación consistirá en un levantamiento de todas las capas deformadas mediante fresado realizando posteriormente el extendido de una mezcla bituminosa en caliente, en tantas capas como sean necesarias, en función de la cantidad de material retirado hasta completar el espesor del firme inicial.

Según la causa de la deformación, el material bituminoso fresado podría ser utilizado en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas. Se deberá realizar un estudio minucioso de la calidad y características del material fresado antes de su reutilización.

### Acciones preventivas:

Para evitar la aparición de roderas es conveniente tener en cuenta una serie de acciones preventivas que con su aplicación se eliminara la aparición de esta patología. Estas acciones preventivas son entre otras las siguientes:

#### Diseño de la mezcla

- Realizar un estudio de la zona de extendido de la mezcla bituminosa evaluando tipo y categoría de tráfico y condiciones meteorológicas de la zona.
- Diseñar el tipo de mezcla bituminosa adecuada a las solicitudes del firme tanto para la capa de rodadura como para la capa inferior, en cuanto a características de los materiales así como a sus proporciones.

#### Materiales

- Empleo de materiales de calidad como son áridos con dureza elevada procedentes de la trituración, evitando los áridos con caras redondeadas. Para el caso de los ligantes convencionales se utilizarán aquellos que sean adecuados a la zona térmica, así como el empleo de betunes modificados en los casos en que por motivos del tipo de tráfico y del tipo de mezcla, así se requiera.
- Empleo de filleres de calidad

#### Extendido y puesta en obra

- Compactación adecuada hasta conseguir la densidad de proyecto determinada en la fórmula de trabajo evitando tanto una compactación deficiente, que provocaría un contenido de huecos por encima de lo definido en la fórmula de trabajo, como una sobrecompactación disminuyendo el porcentaje de huecos.

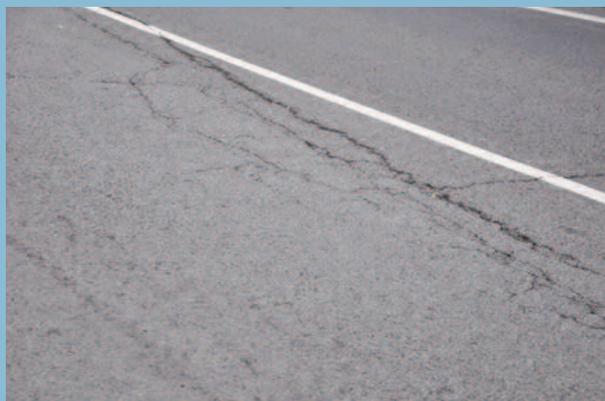


Roderas con deformación



Roderas por asentamiento de las capas granulares inferiores del firme

Denominación de la patología: 02 HUNDIMIENTOS



Hundimiento con escalón y zona agrietada



Hundimiento localizado por defecto del drenaje

Descripción de la patología:

Los hundimientos se caracterizan por tratarse de diferencias de nivel localizadas en la rasante de la carretera o superficie de rodadura. Ocasionalmente pueden generar desniveles importantes y bruscos, con escalonamiento, lo cual puede ir unido a otro tipo de deterioros (fisuración, etc.).

Causas de la patología:

Las principales razones que pueden originar esta patología suelen ser achacables al proceso constructivo o de diseño y son las siguientes:

- Falta de compactación de las capas asfálticas o de las capas granulares inferiores
- Deterioros localizados por defectos en el drenaje
- Fallos localizados en terraplenes
- Mal funcionamiento de las conexiones con las obras de fábrica (losas de transición, bloques técnicos, ...)
- Fallos en el terreno natural

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

Los problemas fundamentales asociados a este deterioro son:

- Pérdida de la adherencia neumático-pavimento
- Pérdida de control de la dirección del vehículo
- Acumulación de agua en momentos de lluvia, que puede provocar hidroplaneo.
- Suelen provocar movimientos bruscos y frenazos inesperados, lo cual favorecen la accidentabilidad
- Este tipo de defecto provoca un deterioro acelerado de la vía y daños en los vehículos

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

La reparación de este tipo de defectos debe ir unida a un análisis de las causas que lo han provocado, así como de su evolución en el tiempo.

Si el deterioro es debido a una falta de compactación de las capas superiores del firme, lo primero es valorar si ya se encuentra estabilizado. En el caso de que sea así, la reparación consiste en recuperar la rasante, rellenando el hundimiento con mezclas bituminosas.

Si se observa que aún no ha terminado de asentarse y representa un riesgo para la seguridad vial, se deberá retirar mediante fresado las capas afectadas y reponerlas con mezclas asfálticas, adecuadamente compactadas, recuperando así la rasante.

Si los deterioros son debidos a falta de compactación en los rellenos, problemas de drenaje o fallos en el terreno de apoyo, es preciso analizar las causas que lo han provocado:

- fallos en el sistema de drenaje: pueden ser debidos a roturas o a errores en el dimensionamiento.
- fallos en el comportamiento del relleno: pueden ser debidos a errores de compactación durante la construcción, entrada de agua por errores en el diseño o fluencia del material empleado en el relleno
- fallos en el terreno de apoyo: pueden deberse a falta de saneo o tratamientos del terreno de apoyo o a errores en el diseño.

En primer lugar es preciso definir correctamente la causa, analizar si el proceso se encuentra estabilizado o no, y reparar la causa inicial (sustitución y/o complemento del sistema de drenaje, asegurar los taludes del relleno, refuerzo de los rellenos o del terreno de apoyo,....).

Una vez solucionada la causa principal, se actuará sobre el hundimiento reponiendo con mezclas asfálticas para recuperar la rasante o, si el hundimiento es muy profundo, fresando y reponiendo.

### Acciones preventivas:

Las actuaciones preventivas encaminadas a evitar hundimientos en calzada van asociadas tanto al análisis del diseño de los rellenos, sistema de drenaje y firme, como a la adecuada compactación en construcción.

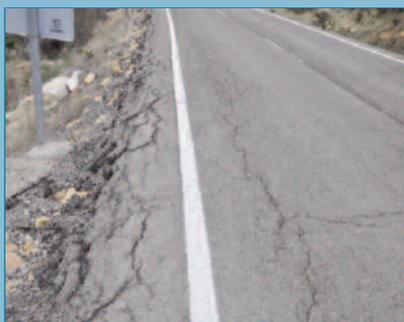
#### Actuaciones sobre el diseño:

Es preciso revisar las condiciones de los terrenos de apoyo, las características de los materiales empleados en la construcción de rellenos y el diseño de los sistemas de drenaje para comprobar que las condiciones supuestas se corresponden con las condiciones reales.

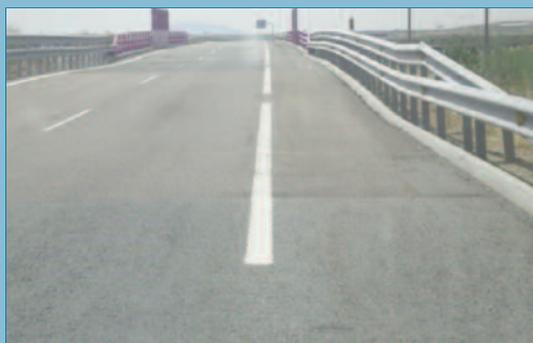
#### Actuaciones sobre la construcción:

Para evitar la aparición de hundimientos debidos a defectos constructivos es necesario extremar los controles de compactación, debiendo ser estricto en el cumplimiento de los porcentajes de compactación exigidos, tanto en los rellenos como en las capas de firme; deben extremarse las precauciones en las zonas cercanas a obras de fábrica donde es más difícil alcanzar las compactaciones exigidas y la diferencia de rigidez con la obra de fábrica facilita que se produzcan hundimientos.

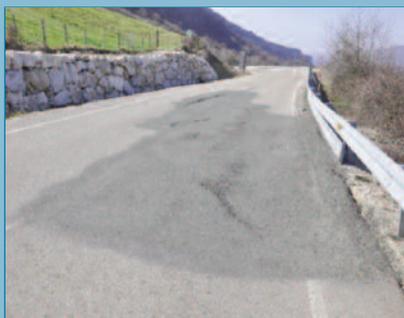
Especial atención debe prestarse a la adecuada ejecución del drenaje, ya que un mal funcionamiento de éste se encuentra en el origen de numerosos deterioros.



Hundimiento por fallo en el terraplén



Hundimiento en la entrada a una obra de fábrica (losa de transición)



Hundimiento por asentamiento del terreno natural

Denominación de la patología: 03 BLANDON



Blandón donde se aprecia el hundimiento del firme



Blandón en el que se aprecia el bombeo de finos.

Descripción de la patología:

El blandón es un asiento localizado y perfectamente perceptible de la superficie de la calzada, debido a una pérdida de la capacidad portante por fallo en las capas inferiores al pavimento.

Cuando llueve, suele estar encharcado y con el agua turbia, por el fenómeno de ascenso de finos desde las capas granulares que han fallado. Estos finos van contaminando, con el paso de las cargas, las capas superiores a la que ha fallado, llegando incluso a la superficie de rodadura.

Causas de la patología:

.Este defecto se produce por la acción aislada o conjunta de algunos de los siguientes factores:

- **Presencia de agua en las capas inferiores del firme o la explanada, debido a un drenaje deficiente o entrada de agua masiva por rotura de canalizaciones, en el caso de vías urbanas.**
- **Materiales en estas capas inferiores demasiado plásticos, debido a la presencia de arcillas.**
- **Mala ejecución de estas capas, formadas por materiales heterogéneos o mal compactados.**
- **Degradación de la explanada y/o sub-base, por agotamiento, con la consiguiente pérdida de capacidad de soporte.**

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

La aparición de un blandón implica un peligro para la comodidad y seguridad del usuario, produce el deterioro inmediato de todas las capas del firme y, en caso de no corregirse a tiempo, supone una nueva vía de entrada de agua al resto de la plataforma que puede provocar mayores deterioros en otras zonas de la carretera.

La zona del firme afectada pierde las características superficiales y la capacidad estructural, ocasionando la incomodidad del usuario y pudiendo suponer un peligro para la seguridad vial.

Provoca el hundimiento localizado de la calzada lo cual es especialmente peligroso en días de lluvia y siempre para los motociclistas.

### Reparación de la patología:

La reparación de un blandón consiste en el correcto y completo saneo de las capas y zonas que han fallado, previa resolución de los problemas de drenaje en la zona de actuación, mediante la disposición del sistema de drenaje subterráneo, si fuera necesario. Las fases a seguir son las siguientes:

- **Marcaje de los límites del blandón**
- **Corte de los bordes**
- **Levantamiento por capas**
- **Limpieza de paredes y fondo**
- **Relleno capa a capa**
- **Compactación**
- **Terminación superficial**

Es conveniente sanear alrededor de la zona afectada, llegando hasta donde haya material que tenga estas mismas características para evitar su posterior fallo y provocar la aparición de un nuevo blandón a corto o medio plazo.

### Acciones preventivas:

Los blandones son asientos localizados que se presentan con cierta frecuencia, tanto en el firme como en las capas inferiores y la plataforma.

Este tipo de deterioros se evitan durante la fase de construcción, controlando bien los materiales que se colocan en las explanadas y bases de los firmes, su adecuada ejecución (compactación y estabilización), y disponiendo de los sistemas de drenaje necesarios. Además, si se detectan, en la fase de construcción, zonas que ya presentan este problema, se actuará saneándolas antes de seguir construyendo las capas superiores del firme.

Una adecuada campaña de auscultación de la carretera, especialmente de las capas inferiores del firme y de la explanada mientras se va construyendo, permite la detección de zonas blandas en las que, en un futuro, se producirían estos blandones. Los trabajos habituales de conservación ordinaria de los firmes, incluyen la detección y reparación a tiempo de este tipo de patología



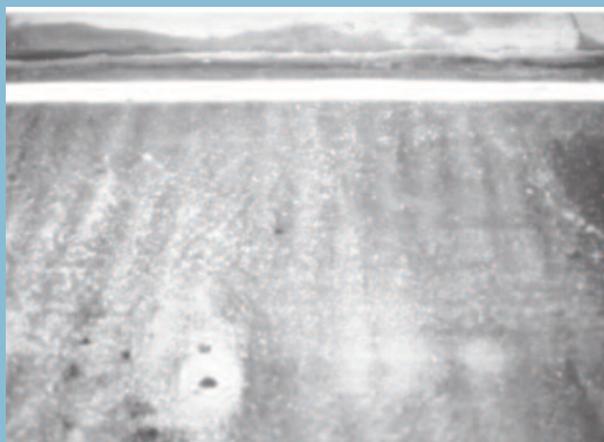
Distintos grados de desarrollo de un blandón



Operaciones de saneo de la zona afectada por un blandón.

de la  
carga

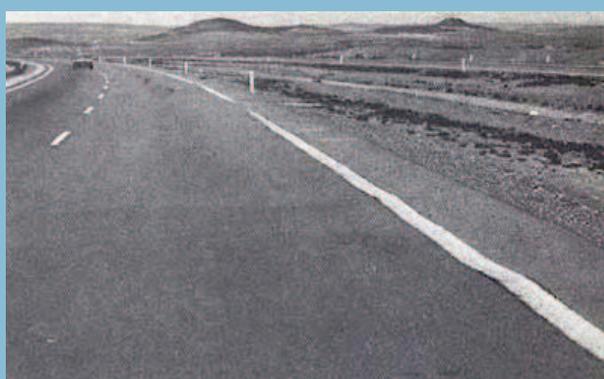
Denominación de la patología: 04 ONDULACIONES



Ondulaciones de onda muy corta



Ondulaciones de onda corta



Ondulaciones de onda media

Descripción de la patología:

Esta patología consiste en unas deformaciones del perfil longitudinal, en forma de ondas transversales al eje de la vía, paralelas y regulares, con crestas y valles regularmente espaciados a distancias cortas o muy próximas.

En algún caso se pueden acompañar de roturas semicirculares o curvadas, en forma de media luna, pero sensiblemente transversales a la carretera.

Se pueden clasificar de la forma siguiente:

a) **Ondulaciones secuenciales**

- Rizaduras u ondulaciones de **onda muy corta** (centimétrica) y de poca profundidad.
- Rizaduras de **onda corta** (decimétrica)
- Ondulaciones de **onda media** (en el entorno del metro, desde varios decímetros hasta 1.5 metros) de profundidad ya acusada.

b) **Ondulaciones aisladas o arrollamientos**

Son patologías que se presentan en forma de onda transversal muy acusada, aislada, como un arrollamiento, pero más individualizada.

Causas de la patología:

a) **Originadas en la construcción o a edades muy tempranas.**

En este grupo tendremos las ondulaciones de onda corta o muy corta, de baja severidad, poco profundas, con una distribución muy regular, en general tienen su origen en la etapa de construcción del firme y especialmente en la fase de compactación de las distintas capas.

b) **Ondulaciones formadas después de la puesta en servicio**

Suelen estar causadas por:

- La acción del tráfico, asociadas a zonas de frenado o aceleración brusca.
- Circulación lenta de vehículos pesados en bajadas pronunciadas.
- Zonas de frenado en intersecciones o glorietas, especialmente en curvas.

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

Las **ondulaciones de onda corta o muy corta, de baja severidad**, es decir poco profundas, con una distribución muy regular, fundamentalmente afectan al confort de rodadura, induciendo una molesta vibración.

Las **ondulaciones de onda más larga y las aisladas o arrollamientos**, producen efectos similares, en cuanto a amplificación dinámica de las cargas de tráfico y sus efectos sobre la degradación del IRI y la durabilidad, aunque esos efectos suelen ser más graves que en el caso de las ondulaciones de onda corta o muy corta, en cuanto su severidad (amplitud de onda o profundidad) suele ser mayor.

Sobre el usuario además de afectar al confort de circulación, puede en caso de severidad media o alta y en función de la velocidad y otros factores de la vía (lluvia, por ejemplo) tener repercusiones más serias en la seguridad vial.

### Reparación de la patología:

En primer lugar hay que evaluar la ondulación producida y de qué tipo es. Una vez identificada la causa, si las ondulaciones provienen de la etapa de construcción, como puede ocurrir con las de onda corta o muy corta de severidad baja, que afectan al IRI y confort de marcha, se corrigen con un microfresado de precisión. Para ello, como, a veces, su identificación o localización precisa no es clara, se usa el análisis de la medición de IRI.

Si hay sospechas de diferenciales de densidad que puedan reproducir el problema por la postcompactación debida al tráfico, sería adecuada la remoción completa de la capa por fresado y el extendido de nueva mezcla.

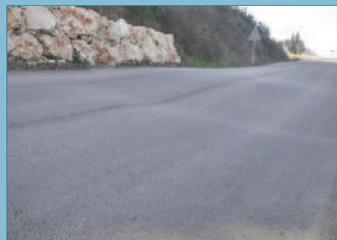
En las ondulaciones formadas después de la puesta en servicio aunque hay que profundizar en determinar la causa real, en general este tipo de patologías hay que resolverla con la remoción de la capa por fresado y extendido de nueva mezcla.

En su caso, si la causa radica en alguna de las capas subyacentes y especialmente si procede de la explanada, puede ser precisa también su sustitución, si se prevé que no se ha estabilizado el problema

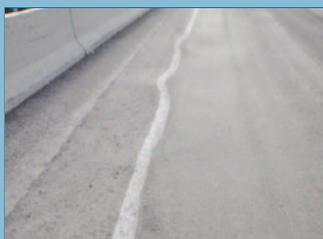
### Acciones preventivas:

Las posibles actuaciones adecuadas para evitar esta patología serían:

- **Adecuado estudio de la formulación de las mezclas, en cuanto a resistencia a las deformaciones plásticas. Atención especial en este aspecto merecen las situadas en áreas más susceptibles de generar esta patología al combinarse con tráfico pesado canalizado, circulación lenta de vehículos pesados, zonas de frenado en especial en curvas (como accesos a rotondas).**
- **Capa subyacente con geometría uniforme, sin ondulaciones previas.**
- **Prácticas adecuadas de extendido en cuanto a sistemas de nivelación de la regla.**
- **Prácticas adecuadas de compactación, en cuanto a velocidad y frecuencia de vibración de los rodillos vibratorios y uniformidad de densificación de la capa.**
- **Adecuado drenaje de las capas granulares subyacentes y explanada.**



Ondulación de onda media por deformación de las capas granulares inferiores del firme



Ondulaciones aisladas o arrollamientos

# Estabilización mediante reciclado con Asfalto Espumado en RN3 Uruguay

José Martucci,  
jolumartu@gmail.com

Oscar Giovanon,  
ogiovanon@gmail.com

En busca de soluciones estructurales para la rehabilitación de pavimentos de carretera que sean eficientes, pero al mismo tiempo que sean económicas e impacten el mínimo posible en la dinámica de operación de la red de carreteras, se ha optado por la valoración de la metodología de reciclado en sitio en frío mediante la estabilización con asfalto espumado.

Luego de resumir diferentes aspectos citados en la bibliografía internacional respecto al comportamiento en servicio de este material. Se aborda el objetivo de valorar el comportamiento estructural de este material en su primera utilización en Uruguay, dentro de la Ruta Nacional 3.

Se valoró, en distintas oportunidades, el módulo de trabajo de la capa de Estabilizado mediante la medición de deflectometría dinámica por impacto (FWD) y la aplicación de la técnica de retroajuste modular.

En una de las mediciones deflectométricas se aplicaron diferentes niveles de carga con el objetivo de valorar el comportamiento no lineal del material, pudiendo observarse un moderado aumento del módulo al aumentar la carga aplicada.

Se compara además la predicción de la vida útil aplicando dos metodologías de diseño mecanicistas, las que auguran un buen comportamiento de la obra realizada. Esta circunstancia es validada actualmente por el buen estado del tramo luego de tres años de comportamiento en servicio.

Poniéndose finalmente énfasis en la importancia del seguimiento de tramos en servicio, que permitan el ajuste de las metodologías a las particularidades locales, lográndose así una mayor certeza en las predicciones del comportamiento de las obras a proyectar.

**Palabras Clave:** Asfalto Espumado, Modelización, Retroajuste Modular.

In search of structural solutions for the rehabilitation of road pavements that are efficient, but at the same time that they are economical and have the least possible impact on the operation dynamics of the road network, the evaluation of the recycling methodology has been chosen. cold site by stabilizing with foamed asphalt.

After summarizing different aspects cited in the international literature regarding the in-service behavior of this material. The objective of evaluating the structural behavior of this material in its first use in Uruguay, within National Route 3 is addressed.

The working modulus of the Stabilized layer was assessed on different occasions by measuring Falling Weigh Deflectometer (FWD) and applying the back calculation of modulus technique.

In one of the deflectometric measurements, different load levels were applied in order to assess the non-linear behavior of the material, and a moderate increase in modulus could be observed with increasing applied load.

In addition, the prediction of the useful life is compared by applying two mechanistic design methodologies, which predict a good performance of the work carried out. This circumstance is currently validated by the good condition of the section after three years of service behavior.

Finally putting emphasis on the importance of the follow-up of sections in service, which allow the adjustment of the methodologies to local particularities, thus achieving greater certainty in predicting the behavior of the works to be projected.

**Keywords:** Foamed Asphalt, Modeling, Back Calculation.

## 1. INTRODUCCIÓN

El reciclado en frío in situ con asfalto espumado (AE) consiste en la trituración del pavimento existente, y el aporte de nuevo material si fuese necesario. A este material resultante de la pulverización se le inyecta a través de una máquina recicladora especial dentro de una cámara de expansión cemento asfáltico, agua y aire comprimido para formar con el agregado fino una pasta que aglutina los agregados gruesos provenientes del pulverizado de los materiales existentes.

El proceso del asfalto espumado se realiza cuando en una cámara de expansión al asfalto (160°C a 180°C), se le inyecta agua fría (1 a 3% del peso del asfalto) y aire comprimido, este intercambio calorífico eleva la temperatura del agua a 100°C, produciéndose burbujas, la espuma se inyecta por un dispositivo rociador fuera de la cámara de expansión. Al entrar en contacto con la temperatura ambiente la espuma colapsa provocando que miles de gotitas de asfalto se desintegren recobrando sus propiedades originales. En este momento el asfalto se adhiere con el agregado fino, formando una pasta que aglutina los agregados gruesos.

Al desintegrarse la burbuja en presencia del agregado, las gotitas de asfalto se aglutinan con las partículas más finas, especialmente con aquellas fracciones menores a 0.075mm (filler), produciendo una mezcla asfalto agregado fino, proceso que se denomina dispersión del asfalto. Esto resulta en una pasta de filler y asfalto que actúa como un mortero entre las partículas gruesas.

La mezcla de materiales con asfalto espumado es una combinación de agregados, betún asfáltico, filler activo (cemento portland o cal), aire y agua, considerando esto, ciertos autores mencionan que el comportamiento de mezclas con AE es similar al de los materiales granulares, pero con una adición de una fuerza cohesiva y una mejora significativa en la reducción de la susceptibilidad a la humedad.

De manera a entender mejor este comportamiento, se esquematiza en la Figura 1 la microestructura interna según la composición espacial dada por fases individuales en la mezcla [1], donde se considera que la misma está formada por:

- Esqueleto de los agregados gruesos
- Un "mastic" compuesto por las partículas finas adheridas al asfalto y el filler activo
- Finos no adheridos que rellenan los huecos del esqueleto formado por los gruesos

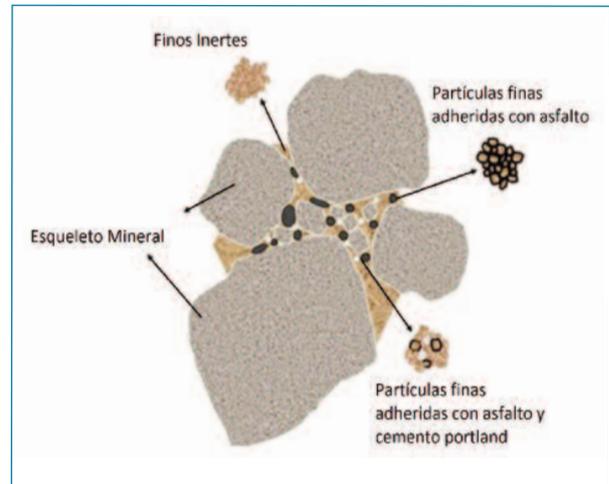


Figura 1. Esquema conceptual de microestructura [1]

Los asfaltos espumados son una técnica que se ha utilizado con éxito en distintos países. El número de kilómetros de pavimentos deteriorados que son rehabilitados anualmente a través del Reciclado con Asfalto Espumado (RAE) se incrementa año a año y es usado en aplicaciones a caminos de bajo volumen de tránsito, así como en carreteras de varios carriles sujetas a tráfico pesado.

## 2. PROPIEDADES MODULARES DE CORTO MEDIANO Y LARGO PLAZO

Se resumen a continuación algunos de las experiencias internacionales que muestran la variación de la rigidez de estabilizados con asfalto espumado en relación a diferentes variables.

### 2.1 Proyecto La Madera - Chile

En Chile, se llevó a cabo un monitoreo in situ de la evolución de la rigidez de la capa de RAE utilizando el FWD en el proyecto "La Madera" [2]. El proyecto fue construido entre octubre de 2005 y mayo de 2006, es decir, comenzando durante las primeras semanas de la primavera y terminando a mediados del otoño.

El pavimento existente estaba hecho de 10 cm de una capa de mezcla asfáltica tradicional, 40 cm de bases granulares, sobre un subsuelo arenoso. Veinte centímetros de la estructura del pavimento fueron reciclados y la nueva estructura del pavimento está compuesta por una capa de RAE en un espesor de 15 cm de media con 5 cm de mezcla asfáltica como capa

superficial. La capa de RAE se construyó usando 2,8% de asfalto y 1,0% de cemento portland.

El proyecto "La Madera" se ubica cerca de la ciudad de Concepción (latitud sur 36 ° 46 '). El diseño del proyecto corre a lo largo del río Bio-Bio por casi toda su longitud. El clima en Concepción se considera oceánico y las aguas frías del Océano Pacífico ayudan a mantener temperaturas suaves durante todo el año. La temperatura media es de 17 ° C durante el verano y de 8 ° C durante el invierno. La precipitación anual es de 1.100 mm, que se concentra durante los meses de mayo a octubre (invierno).

Los resultados de rigidez de la capa de RAE y de la subrasante, retrocalculados para cargas de 50 KN, se muestran en la Figura 2. Los datos de FWD se recogieron entre el 24 y el 25 de noviembre de 2006 en todo el proyecto de 33 km de largo, 6 meses después de la finalización del proyecto de construcción. Los valores de módulos indicados son los obtenidos de la huella externa y se normalizaron a 25 °C.

idad tan bajo como 35% de las que tienen un período de curado de 13 meses ubicado cerca del Km 45. Es necesario considerar que una gran parte del proyecto se realizó dentro de un período cálido entre octubre y marzo, por lo tanto las mezclas fueron capaces de perder su humedad y curar. Por el contrario, las mezclas fabricadas durante abril y mayo probablemente no pudieron curarse, manteniendo su humedad constante durante todo el período frío. Esta situación se refleja en los valores obtenidos, donde el módulo elástico en las últimas secciones (cerca del Km 12) es tan bajo como los que normalmente se obtienen para las bases granulares.

## 2.2 Universidad Técnica Nacional de Atenas

El Laboratorio de Ingeniería de Carreteras de la Universidad Técnica Nacional de Atenas llevó a cabo un experimento de campo en una carretera griega con mucho tráfico con el objetivo de explorar las propiedades del material de capa reciclada.

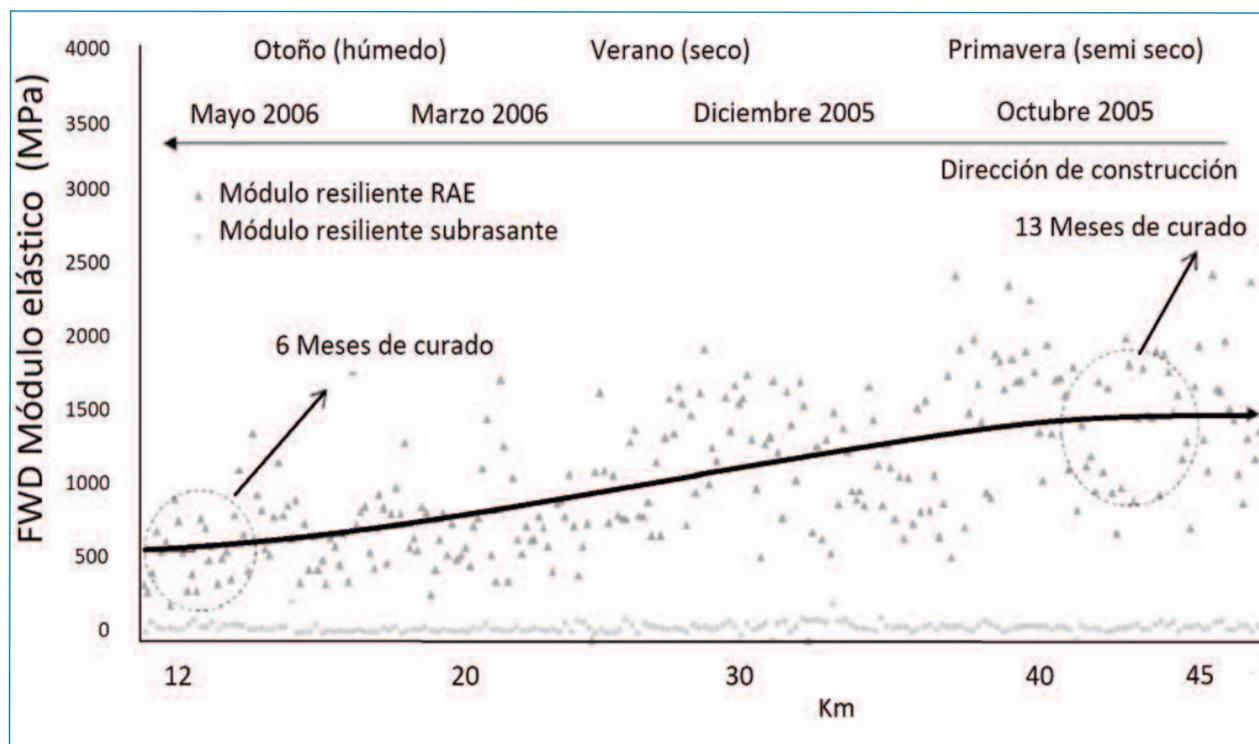


Figura 2. Valores de módulos elásticos retrocalculados [2]

Los resultados del análisis de retrocálculo con FWD revelaron una clara tendencia entre la rigidez y el período de curado. Las secciones ubicadas en Km 12-15, con un período de curado promedio de 6 meses, mostraron un módulo de elasti-

do de asfalto espumado [3]. El objetivo de este estudio fue caracterizar las propiedades de las mezclas durante los primeros años de vida del pavimento reciclado. Se realizó un estudio de investigación exhaustivo que incluyó un seguimiento de dos

años de la rigidez del pavimento mediante el análisis del FWD, así como otras pruebas no destructivas y de laboratorio.

La estructura del pavimento fue: 9 cm de base de concreto asfáltico y campo de rodadura; 25 cm de capa reciclada de asfalto espumado; alrededor de 15-20 cm de capa de material granular con cemento; 15 cm de subbase granular; sobre una subrasante de piedra caliza. La mezcla de asfalto espumado se preparó usando 3,2% de asfalto (penetración 80/100) y 1,0% de cemento portland como relleno activo. Los resultados de la rigidez retrocalculada con FWD de la capa de RAE en cuatro tramos (S1 a S4) se muestran en la Figura 3, usando 50 KN de carga. El gráfico muestra el módulo mínimo, promedio y máximo de la mezcla de RAE, en la huella interior del carril. Si bien existe una gran variabilidad en los resultados, existe una clara tendencia con respecto a la evolución de la rigidez durante el período de análisis. Esta tendencia indicó que la rigidez aumenta sustancialmente durante los primeros 12 meses y luego casi se mantiene constante durante el resto del período, con un ligero aumento en el tiempo.

La rigidez del RAE aumenta gradualmente desde el día de la construcción hasta alcanzar un valor constante después de un período de aproximadamente 12 meses. Las razones de este comportamiento están relacionadas con la pérdida de humedad durante el período de curado, hecho que también ha sido establecido por diversos autores, basado en observacio-

nes de pruebas de laboratorio.

Los estudios realizados en Grecia se llevaron a cabo durante 24 meses. La rigidez de la mezcla de RAE se mantuvo constante a lo largo del período de análisis una vez que alcanzó su valor máximo en el duodécimo mes.

Los elevados valores modulares alcanzados y la falta de caída del módulo, debido a la acción de las cargas, puede inferirse asociada a la gran importancia de la estructura y consecuentemente las bajas solicitaciones en la capa de RAE.

### 2.3 Ensayo con Simulador de Tránsito Pesado (HVS) - Sudáfrica

Por el contrario, los estudios de investigación llevados a cabo en Sudáfrica [4] indicaron que las capas de AE muestran una disminución gradual en la rigidez debido a las cargas de tráfico. La Figura 4 muestra los resultados de las pruebas aceleradas de pavimento realizadas en pavimentos reciclados utilizando AE y cemento portland como agentes estabilizadores. Los contenidos de asfalto y cemento portland utilizados fueron 1.8% y 2.0% respectivamente. Después de la construcción del pavimento, se aplicó una carga de tráfico de 40 KN utilizando el HVS. Los desplazamientos se evaluaron con deflectómetros de múltiple profundidad (MDD) en diferentes puntos del tramo de prueba. El módulo de cada capa de pavi-

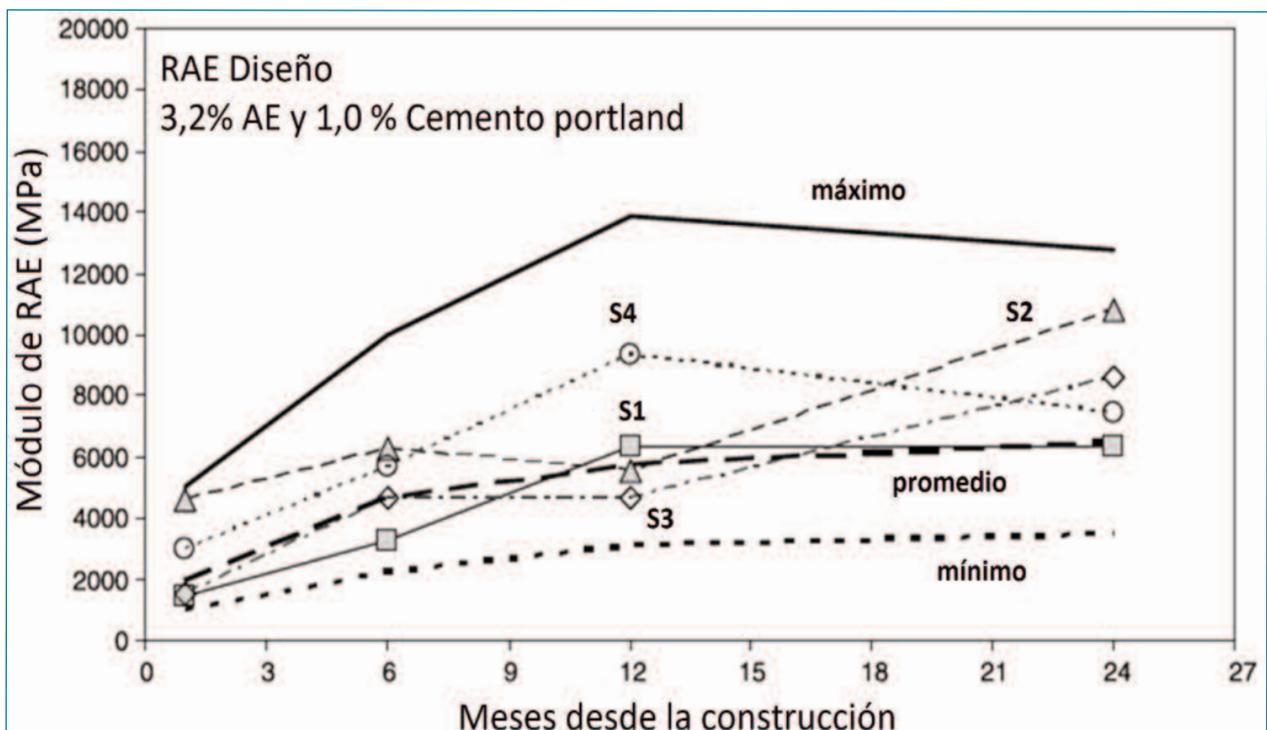


Figura 3. Aumento del módulo elástico retrocalculado para la capa RAE [3]

mento se obtuvo mediante retrocálculo.

Sobre la base de la prueba HVS, se afirma que la degradación del RAE luego del período de curado, tiene dos fases. La primera fase corresponde a una disminución en la rigidez hasta un estado de rigidez constante. La segunda fase está representada por una rigidez constante de la capa de AE, como se muestra en la Figura 4. Durante la prueba, luego de aproximadamente 1.000.000 de ciclos de carga de 40 KN, la carga aplicada aumentó a 80 KN.

Con el aumento de la carga, la rigidez de la capa RAE mostró una tendencia similar a la observada durante los primeros 300,000 ciclos de carga con 40 KN, con una rigidez que disminuye gradualmente hasta que se alcanza un estado de rigidez constante. Los resultados proporcionados por la prueba también indicaron que durante la segunda fase, el material se comporta como un material granular, acumulando deformación permanente debido al ciclo repetitivo de carga.

octubre de 2012 [5]. El estudio analiza los módulos obtenidos por retroanálisis para las diferentes capas de una estructura de pavimento reciclado con AE.

Con el objetivo de estudiar la evolución de la resistencia de la capa reciclada con espuma de asfalto se decidió realizar mediciones con el FWD a 10; 30; 60; 90 y 120 días de construida la base reciclada para estimar el módulo de elasticidad de esta capa en esas fechas. Esto se realizó modelando una estructura de 3 capas (subrasante, base de RAE y carpeta asfáltica) donde se mantuvieron fijos los valores de módulo de elasticidad estimados para la subrasante y la carpeta asfáltica el día de construcción del tramo.

Los valores obtenidos son mostrados en la Figura 5 donde puede observarse que:

- A los 10 días, los valores son comparables a los correspondientes a bases granulares.

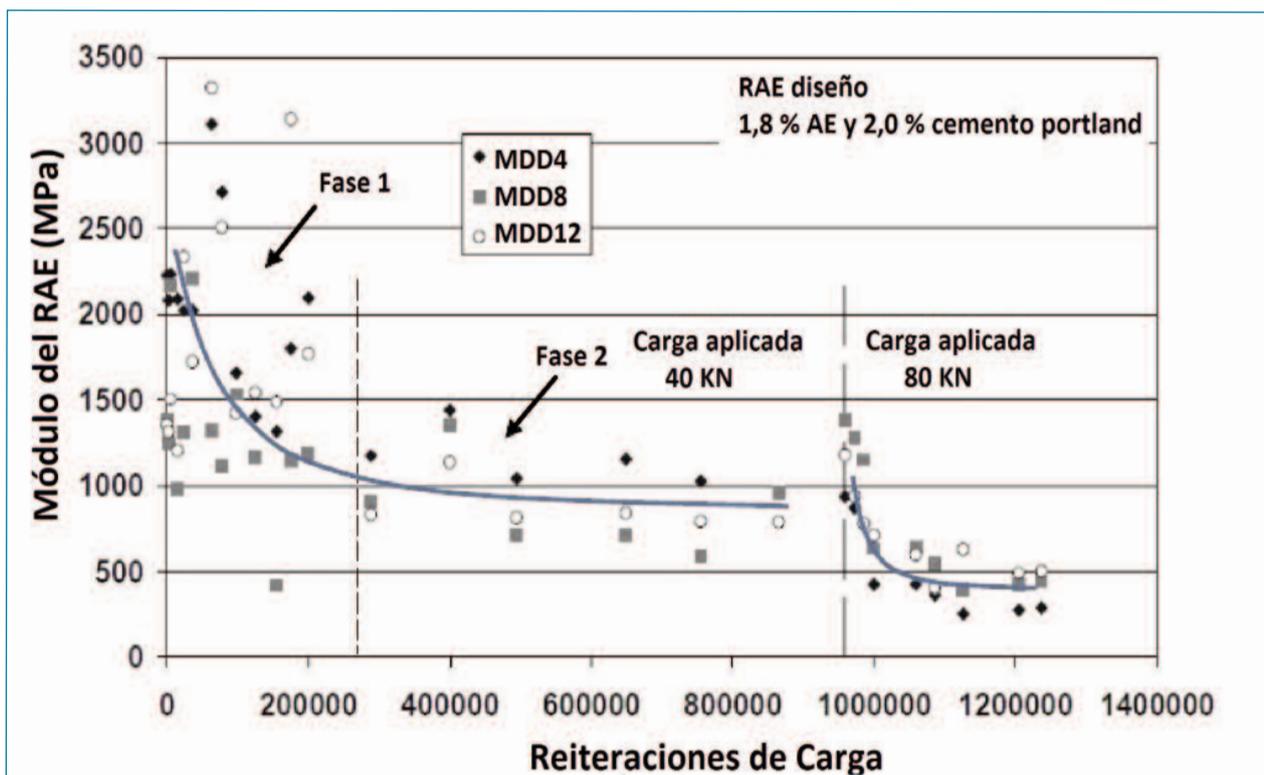


Figura 4. Disminución de la rigidez en la capa AE debido a los ciclos de carga [4]

## 2.4 Autopista Ayrton Senna - Brasil

Se realizaron estudios en la rehabilitación de la autopista Ayrton Senna en el estado de São Paulo, Brasil; ejecutado en

- Todos los sitios evaluados muestran un crecimiento con la edad dentro del período evaluado de seis meses.
- A seis meses de ejecutada la obra el módulo de elasti-

## Estabilización mediante reciclado con Asfalto Espumado en RN3 Uruguay

cidad promedio de la base reciclada se ha incrementado en casi 5 veces respecto al día 10 de construcción.

- El promedio de los módulos entre la fecha 10 días y 30 días; y entre la fecha 30 días y 90 días se incrementa en aproximadamente un 50% en cada caso.

Los resultados permiten concluir que los módulos obtenidos por retroajuste están acordes a los parámetros que deben cumplir estas estructuras. Además, que con el tiempo hay un incremento en la resistencia de la base reciclada; encontrándose en el rango de otros trabajos similares.

ser utilizado por medio de adaptaciones. Estudios, normalmente patrocinados por los departamentos de transporte estatales, se realizaron con el propósito de obtener un valor de coeficiente estructural para la capa reciclada con espuma de asfalto. Los valores varían notablemente entre 0,07 y 014 /cm, requiriéndose de criterio para su adopción.

### 3.2 Departamento de Transporte o California [7]

Presenta una guía propia para el reciclaje profundo, basado en equi-

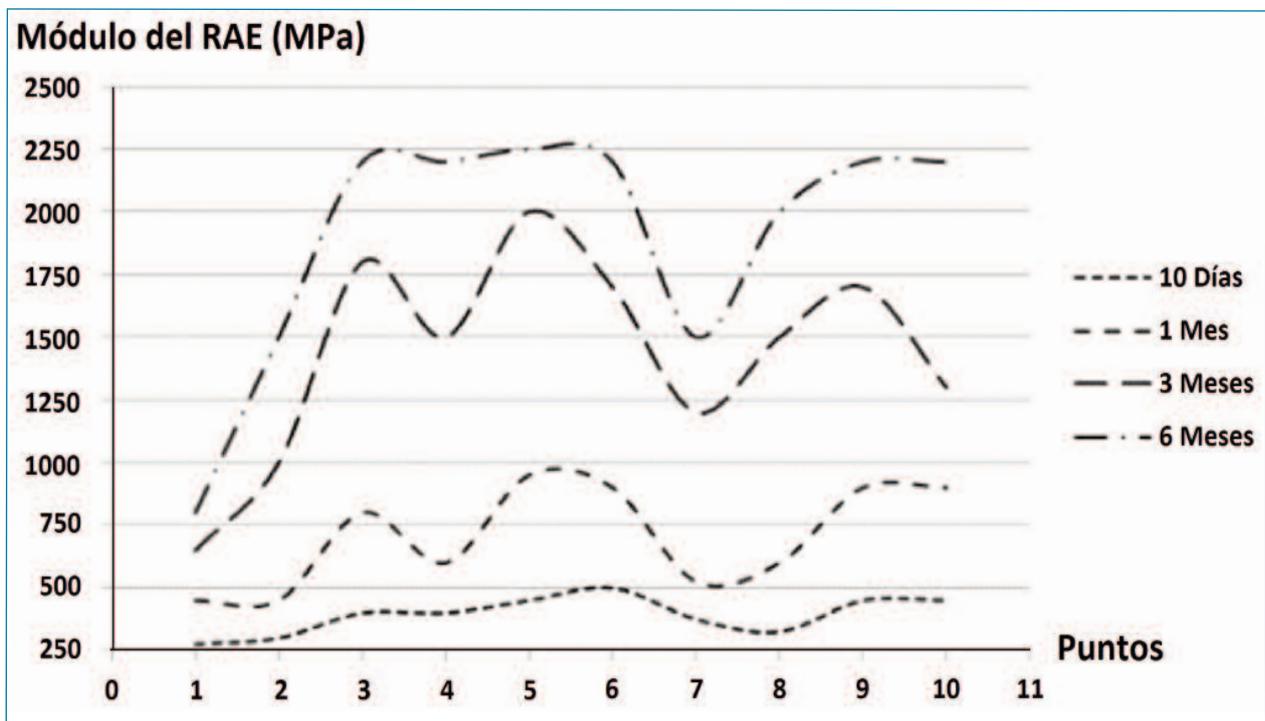


Figura 5. Evolución del módulo del RAE por punto en cada fecha [5]

### 3. LAS METODOLOGÍAS DEL DISEÑO

Se han desarrollado diversos métodos de diseño de espesor estructural para el diseño de capas con asfalto espumado, la mayoría de ellos basados en supuestos que no necesariamente representan la condición de los pavimentos en los distintos lugares del mundo.

A continuación, se presenta un breve comentario de algunos de los distintos métodos analizados.

#### 3.1 Metodología AASHTO 1993 [6]

No se especifica particularmente para este material, pero puede

valencia estructural de capas y utilización de factores de equivalencia en términos de material granular. El factor adoptado para la capa RAE es igual a 1,4.

#### 3.3 Método Australiano [8]

Austroroads considera el comportamiento del material similar al de las mezclas asfálticas, con falla por fatiga y agrietamiento planteando un análisis mecanicista con consideración de anisotropías. Los pavimentos son monitoreados en el país para validar el método y elaborar un procedimiento definitivo. Algunos organismos de Australia y Nueva Zelanda adaptaron el método australiano antiguo para el reciclaje profundo de sue-

los con asfalto espumado, como los departamentos de transporte de Nueva Zelanda y de Queensland y de la ciudad de Canning, en Australia.

La relación de fatiga asfáltica para la capa con asfalto espumado desarrollada por Austroads relaciona el número admisible de ciclos de carga con las propiedades volumétricas de la mezcla, la rigidez de la mezcla y la deformación específica de tracción en la parte inferior de la capa con AE.

Existiendo adaptaciones locales, la ciudad de Canning [9] desarrolló una relación de fatiga para capas de asfalto espumado usando datos de vigas de flexión preparadas y compactadas en el campo y testeadas en el laboratorio. Se encontró que la relación de fatiga es independiente de la rigidez de las mezclas. El modelo es diferente al de Austroads, pero da como resultado predicciones de vida del pavimento similares a niveles típicos de esfuerzos.

### 3.4 Austroads, Nueva Zelanda [10]

El procedimiento de diseño de la Agencia de Transporte de Nueva Zelanda (NZTA) sugiere relaciones de fatiga conservadoras. El método recomienda un módulo elástico de 800 MPa (anisotrópico) para el modelado de las propiedades elásticas de la capa de asfalto espumado. El espesor del pavimento se calcula al reducir la tensión de compresión vertical en la parte superior de la subrasante al valor admisible.

### 3.5 Transport Research Laboratory (TRL), Inglaterra [11]

El TRL611 utiliza una serie de simplificaciones, y las variables de entrada de la capacidad de soporte y el tráfico se clasifican en categorías. Consideran valores altos para el módulo de resiliencia de las bases recicladas con espuma de asfalto, a partir de 1.900 MPa. Supone que las mezclas de asfalto espumado se comportan de manera similar a las mezclas de mezcla de asfalto en caliente siendo la fatiga el modo de falla dominante de estas mezclas. El método se basa en tablas y cuadros que clasifican la subrasante, el tráfico y el tipo de asfalto espumado.

### 3.6 Asphalt Academy Sudafrica [12]

La Guía Técnica para materiales estabilizados con asfalto

(TG2) publicada en 2002, se desarrolló utilizando ensayos de pavimento acelerado a escala real y trabajos de laboratorio extensos. Considera que las capas estabilizadas con espuma de asfalto pasan por dos fases a lo largo de su vida útil: una fase de resistencia a la fatiga y otra de descenso capacidad estructural, con un comportamiento similar a un material granular; La primera etapa comienza después de la construcción, cuando la capa está intacta, no está dañada y proporciona resistencia a fatiga. Esta fase se denomina "fase de fatiga efectiva" y finaliza cuando, debido a la carga aplicada, la capa reduce su rigidez. La segunda fase se llama 'estado granular equivalente', porque la rigidez de la capa de betún espumado es similar a la de una base granular de buena calidad. Los modos de tensión supuestos de la primera y segunda fase son fatiga y deformación permanente, respectivamente. El TG2 fue actualizado en 2009, tratando las mezclas de AE como un material granular de alta cohesión y resistencia.

### 3.7 Conclusiones de la bibliografía consultada

Como se ha observado, no hay consenso en relación al comportamiento de las bases recicladas con AE. Existen diferentes enfoques para el problema.

En Australia e Inglaterra, donde normalmente los niveles de espuma son mayores, el material es tratado como una mezcla asfáltica, siendo el modo de falla el de fisuración, mientras que en Sudáfrica el comportamiento es considerado como de material granular y la ruptura se da por las deformaciones permanentes, siendo los contenidos de espuma más pequeños.

Circunstancias que refuerzan la necesidad de realizar experiencias propias que permitan valorar el comportamiento con las condiciones locales de clima, materiales y sollicitaciones. Sin dejar de lado sino partiendo de las experiencias de los que ya han recorrido este camino.

## 4. EL TRAMO EXPERIMENTAL

Observados los diferentes ejemplos donde la tecnología de asfalto espumado ha sido exitosamente aplicada en América del Sur, incluyendo la autopista de tránsito pesado Ayrton Senna en las afueras de Sao Paulo, Brasil. Diferentes organismos expresaron interés en aplicar esta tecnología en Uruguay. Al mismo tiempo, un tramo de 34.6 Km de Ruta 3 en las proximidades de Trinidad, capital del Departamento de Flores, de-

## Estabilización mediante reciclado con Asfalto Espumado en RN3 Uruguay

bía ser rehabilitado y su contrato se encontraba en proceso de adjudicación. Siendo esta obra identificada como una posibilidad para poner a prueba la tecnología de reciclado/estabilización con asfalto en Uruguay.

El diseño de rehabilitación propuesto en el pliego de Licitación indicaba el bacheo de los sectores comprometidos de la carretera existente antes de la aplicación de un recapado de 140mm de espesor de mezcla asfáltica en caliente. La capacidad estructural requerida fue determinada para 8.5 millones de ejes equivalente (ESALs), siendo estos definidos como ejes simples de ruedas duales y carga de 80KN.

Tras una visita al lugar a principios de marzo de 2015, se programaron investigaciones, estudios y ensayos adicionales. Dicha programación incluía la extracción de testigos de mezcla asfáltica y la ejecución de pruebas con penetrómetro dinámico de cono (DCP) cada 500m a lo largo de los 34.6 km del contrato. Muestras del material granular fueron tomadas también cada 500m y sometidas a ensayos de laboratorio. Además, se obtuvieron muestras del material de los 30 cm superiores del pavimento existente para ser utilizadas en los diseños de mezclas estabilizadas con asfalto.

Con el fin de realizar estos diseños de mezcla en Uruguay se siguieron los criterios empleados en Sudáfrica, para lo cual fueron importados equipos de laboratorio especializados. Dicho equipamiento especializado era requerido para elaborar probetas grandes (15 cm de diámetro y 30 cm de altura) utilizando compactación por martillo vibratorio y equipos para ensayo triaxial (cilindro de confinamiento y vejigas, así como una prensa de compresión universal con una capacidad de aplicación de carga por encima de 150 KN).

El objetivo de dar diseños alternativos para la rehabilitación de este tramo de ruta fue proporcionar una estructura de pavimento que:

- Minimice la incorporación de nuevos materiales a la estructura del pavimento, reutilizando el material de las capas superiores del pavimento existente.
- Reduzca la cantidad de material necesario para los arceles, minimizando el aumento de cotas de la superficie final respecto a lo existente.

- Cumpla con el requisito de capacidad estructural para 8.5 millones de ESALs.
- Proporcione una solución más duradera que el diseño original de sobre capa de mezcla asfáltica; y
- Reduzca significativamente los costos globales asociados durante el ciclo de vida para este tramo.

En referencia a la dosificación, se tomaron muestras del material a conformar la capa a estabilizar, una mezcla compuesta por 80% material reciclado del pavimento (RAP) y 20% tosca granítica fue considerada como representativa del material promedio. No obstante, se llevaron a cabo ensayos adicionales tanto para 100% RAP como para 100% tosca granítica.

Realizándose además ensayos con diferentes filleres activos y porcentajes de AE.

Este procedimiento implicó la preparación de tres mezclas por separado con la misma cantidad de AE, con diferentes tipos de filleres activo: una mezcla con 1% de cal hidratada, una con 1% de cemento (en peso del agregado seco) y la otra sin filler activo. Los resultados de los ensayos de Resistencia a la Tracción Indirecta (ITS) para las condiciones seca ITSseco y húmeda ITShum se resumen en la Tabla 1.

La diferencia en los valores de ITS húmedo entre las tres mezclas fue usado para indicar preferencias. Tanto la cal hidratada como el cemento muestran una significativa mejora en comparación a la muestra sin filler activo, con valores para el cemento 50% superiores a los de la cal. En consecuencia, 1% de cemento fue adicionado a las mezclas preparadas para el resto de los ensayos.

Para obtener el tenor óptimo de asfalto a adicionar, se elaboraron cuatro mezclas con diferentes porcentajes de asfalto, todas con 1% de cemento. Estos resultados, mostrados en la Tabla 2, indican que el material excede largamente los requisitos mínimos para clasificar como la mejor calidad del material RAE dentro del criterio Sudafricano (BSM 1) en todo el rango de porcentajes de asfalto analizado. Se observó, en este ensayo, muy poca sensibilidad de los resultados con la cantidad de asfalto adicionado, seleccionándose 2.2% como el contenido de óptimo de asfalto a adicionar.

Tabla 1. Valores ITS (KPa) para mezcla 80%RAP + 20% Tosca con diferentes tipos de filleres

Material	% Asfalto incorporado	1% cal		1% Cemento		Sin filler	
		ITSseco	ITShum	ITSseco	ITShum	ITSseco	ITShum
Mezcla 80% RAP y 20% tosca granítica	2,3	269	183	345	275	199	42

Tabla 2. Valores ITS con distintos % de cemento asfáltico

Ensayos de tracción indirecta para la mezcla 80% RAP más 20% tosca				
Asfalto incorporado %	Filler activo	ITSseco (KPa)	ITShum (KPa)	TSR (%)
2,00	1% cemento	323	267	83
2,25	1% cemento	345	276	80
2,50	1% cemento	323	271	84
2,75	1% cemento	335	261	78
Clasificación BSM-1		>225	>100	No especificado

Se ejecutaron series adicionales de ensayos con una muestra compuesta íntegramente de tosca granítica tomada del horizonte superior los que se mantuvieron superiores a lo requerido para clasificar el material como BSM-1.

## 5. COMPORTAMIENTO EN SERVICIO

A los efectos de determinar el comportamiento estructural de la capa estabilizada con asfalto espumado se analiza el subtramo comprendido entre la progresivas kilométricas 153,500 y 165,500. Dicho tramo fue construido al comienzo de la obra entre los meses de marzo y mayo de 2016.

A tal fin se realizaron valoraciones de la deformabilidad estructural mediante FWD en cuatro diferentes momentos, previo a la realización de la obra, a los cinco meses en septiembre de 2016, en agosto de 2018 y en diciembre de 2018.

Estas deflexiones fueron utilizadas para obtener el módulo de trabajo de las capas mediante la realización de retroajuste modular utilizando el software BackVide [13].

El tramo luego de realizada la obra quedo conformado como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Estructura del tramo analizado

Material	Espesor (mm)
Carpeta asfáltica	60
<b>Estabilizado con AE</b>	200
Base Granular	260
Sub Base	310
Subrasante	

### 5.1 Evolución de los módulos en el tiempo

Se determinaron los módulos de trabajo en base al cuenco medio y característico al ochenta por ciento obteniéndose los valores indicados en la Tabla 4 y 5.

En el proceso de retroajuste modular, el módulo de la Carpeta Asfáltica ejecutada en la mejora, fue asumido como dato y estimado en función de la frecuencia y temperatura en el momento de realizar el ensayo, dado su reducido espesor.

Se observa que los diferentes valores modulares del RAE se encuentran dentro del orden de magnitud esperado.

En base a la bibliografía analizada puede inferirse la existencia de un valor modular máximo, lamentablemente no evaluado, que acontece aproximadamente a los 12 meses como consecuencia de proceso de curado, dependiendo de las condiciones climáticas.

Puede observarse que los valores modulares característicos de la capa estabilizada se encuentran próximos al valor máximo para adoptar en el diseño según el TG2 para la mezcla caracterizada como BSM-1 de 600 MPa.

Pero este método plantea además una relación modular máxima de 3, lo que implicaría un módulo de diseño del orden de 450 MPa planteando la posibilidad que no se haya alcanzado una condición estable y decaiga respecto a su condición actual. Se continuará monitoreando esta obra para poder concluir sobre estos aspectos.

Finalmente, las últimas mediciones realizadas en diciembre de 2018 presentan un menor módulo de la subrasante, el que podría atribuirse a un mayor contenido de humedad dado por las condiciones climáticas del período de medición.

Tabla 4. Módulos en condiciones medias (MPa)

Material	Previo a la Obra	Septiembre 2016 5 meses	Agosto 2018 28 meses	Diciembre 2018 32 meses
Carpeta Asfáltica	340	323	267	83
<b>Estabilizado con AE</b>	---	345	276	80
Base Granular	153	323	271	84
Sub Base	102	335	261	78
Subrasante	38	335	261	78

Tabla 5. Módulos en condiciones características (MPa)

Material	Previo a la Obra	Septiembre 2016 5 meses	Agosto 2018 28 meses	Diciembre 2018 32 meses
Carpeta Asfáltica	1% cemento	323	267	83
<b>Estabilizado con AE</b>	1% cemento	345	276	80
Base Granular	1% cemento	323	271	84
Sub Base	1% cemento	335	261	78
Subrasante	1% cemento	335	261	78

## 5.2 Comportamiento tenso dependiente

En oportunidad de las mediciones efectuadas en agosto de 2018 se realizó un estudio de linealidad aplicando con el FWD tres niveles de cargas objetivo 20, 40 y 65 kN en un sector limitado del tramo.

El análisis consistió en normalizar todos los puntos y sensores a la carga media lograda en cada nivel para minimizar las distorsiones provocadas por los efectos de no linealidad. Los módulos medios obtenidos se indican en la Tabla 6.

El módulo obtenido para el RAE presenta un cierto comporta-

miento tensional, evidenciando como material granular (friccional) un mayor módulo para las mayores cargas aplicadas, que consecuentemente provocan mayores valores de confinamientos.

Los Módulos obtenidos para la Subrasante presentan, con un leve grado, el comportamiento esperado respecto a los niveles de carga. Evidenciando la tendencia habitual de los suelos finos cohesivos, mayores valores para las menores cargas aplicadas, que consecuentemente provocan menores esfuerzos de corte; esta tendencia se muestra para la menor carga aplicada.

Tabla 6. Módulos medios para diferentes cargas aplicadas (MPa)

Material	22 KN	42 KN	68 KN
Carpeta asfáltica	3000	3000	3000
<b>Estabilizado con AE</b>	<b>1481</b>	<b>1545</b>	<b>1643</b>
Base Granular	239	210	208
Sub Base	160	140	139
Subrasante	59	51	51

### 5.3 Estimación de la Vida Útil

Continuando con el uso del programa BackViDe, se analiza el tramo en estudio, con un tránsito inicial de 0,75 millones de ejes equivalentes y una tasa de crecimiento del 3%.

Se aplican los siguientes criterios

- Se adoptan los módulos de los materiales no ligados correspondientes a la auscultación característica de agosto de 2018.
- Se realiza un análisis de sensibilidad respecto al módulo del RAE entre 400 y 650 MPa.
- El criterio de falla del AE es asumido como el de una base granular.
- Se considera la carpeta asfáltica con un 12% de asfalto en volumen y un módulo de 3000 MPa
- Se considera falla un 30% de fisuras totales o 10 mm de ahuellamiento

Resultando la siguiente tendencia indicada en la Figura 6.

El análisis brinda una vida de la mejora superior a 10 años a partir de un módulo efectivo de 450 MPa. Según los modelos del programa BackViDe para módulos del RAE inferiores a 470 MPa la falla sería inicialmente por fisuración de la carpeta asfáltica y para valores modulares superiores por ahuellamiento de la subrasante.

En la actualidad el estado de la calzada es muy bueno, con una adecuada rugosidad y sin presencia de ahuellamientos, sólo presenta muy puntualmente fisuras longitudinales finas (menos de 1mm) coincidentes con la segunda pasada de la recicladora en el proceso de generación de la base estabilizada. Estas fisuras se deben al procedimiento constructivo del reciclado y se pueden controlar si se respetan los tiempos de trabajo en el ancho de faja completo y la dosificación de cemento portland en la zona de solape.

Además, en dos zonas puntuales se observó una falla de adherencia de la capa de 4 cm de mezcla asfáltica generada por una falla en el riego de adherencia. Debajo de esos 4cm la capa de base estabilizada con AE se encontraba en buenas condiciones.

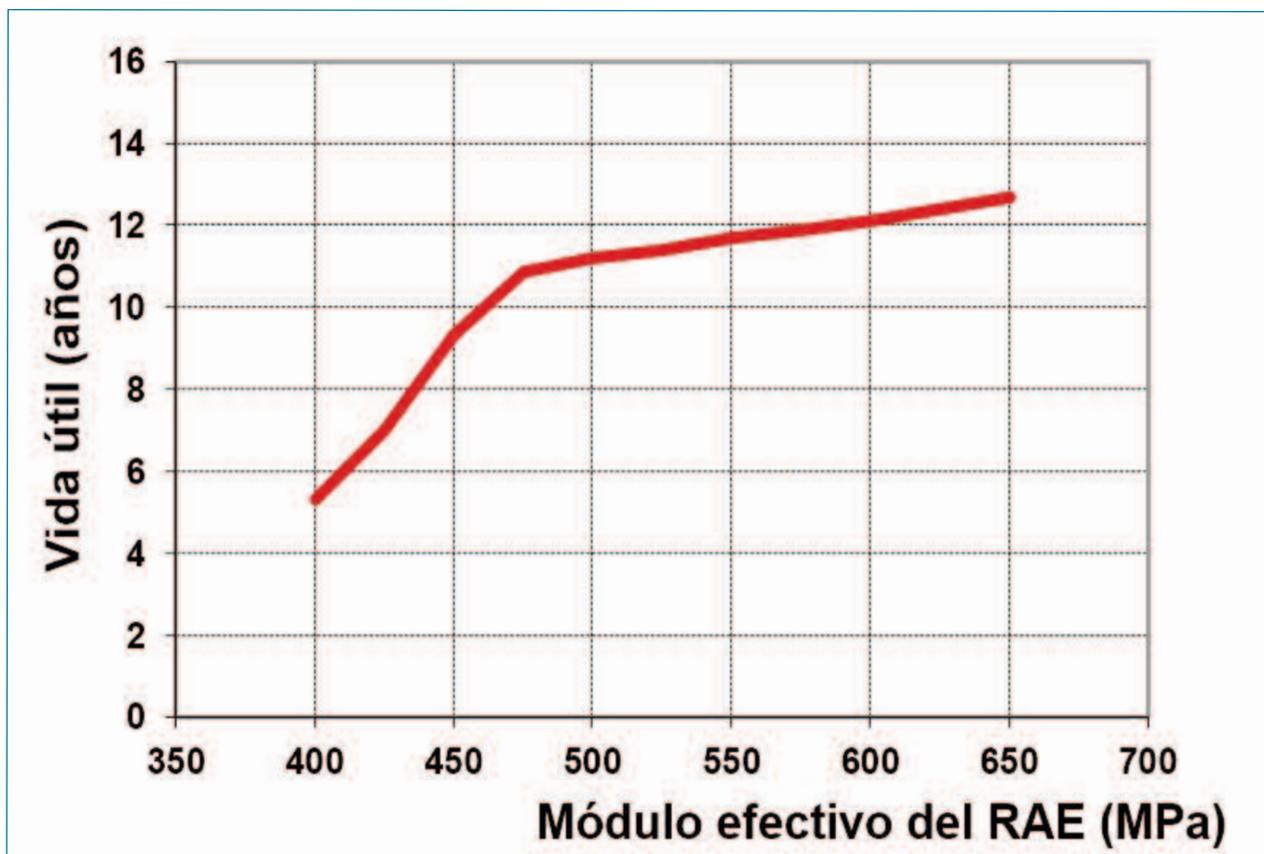


Figura 6. Vida útil estimada en función del módulo efectivo de la capa de RAE

## 6. COMENTARIOS

Realizado la revisión bibliográfica de artículos y publicaciones relacionados con el uso de la tecnología de reciclado in situ con asfalto espumado, se concluye que es una técnica de rehabilitación viable que pudiera tener una ventana de aplicación en la red vial de Uruguay.

La misma brinda oportunidades de rapidez de ejecución, ventajas desde el punto de vista ambiental y ventajas económicas comparadas relativamente con otras técnicas de rehabilitación de pavimentos.

Realizado el análisis al proyecto, al procedimiento constructivo, a los ensayos ejecutados durante la construcción de la obra y al seguimiento posterior del tramo en servicio. La performance fue coincidente con la planteada en la bibliografía.

Como lección aprendida de las obras realizadas se puede establecer que las bajas temperaturas afectan notoriamente la ejecución de esta técnica por lo que se deberán planificar los trabajos para evitar los meses de invierno (temperatura recomendada mayor a los 5° C, temperatura sugerida mayor a 10°).

Dentro de las ventajas más importantes evidenciadas al utilizar un reciclado en frío con asfalto espumado se encuentran: reutilización del material existente en ruta, impidiendo la explotación de nuevos áridos, lograr una alta calidad de las capas estructurales recicladas, menores tiempos de construcción los cuales además también disminuyen los costos y generan un beneficio a los usuarios del camino, seguridad pues el tren de reciclado se puede acomodar en el ancho de una senda, entre otras.

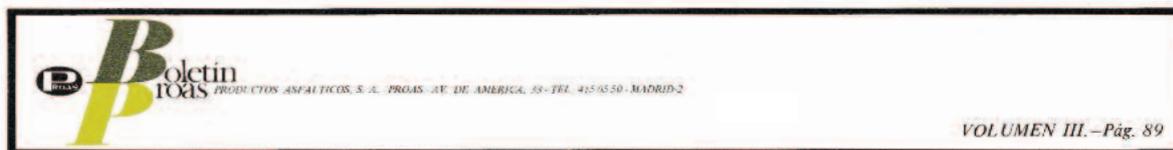
Finalmente se propicia la necesidad de realizar experiencias propias que permitan valorar el comportamiento con las condiciones locales de clima, materiales y solicitaciones. Sin dejar de lado sino partiendo de las experiencias de los que ya han recorrido este camino.

## 7. REFERENCIAS

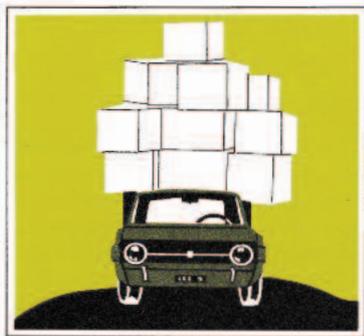
- [1] Paniagua, F., Halles, F., Thenoux, G., González, A. 2013. Evaluación de la rigidez a largo plazo de mezclas estabilizadas con asfalto espumado y cemento XVII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto
- [2] Halles, F. 2013. Stiffness evolution mechanism of recycled mixes with foamed bitumen and cement, Repositorio Pontificia Universidad Católica de Chile
- [3] Loizos, A. 2007. In-Situ Characterization of Foamed Bitumen Treated Layer Mixes for Heavy-Duty Pavements. In International Journal of Pavement Engineering, Vol. 8, N° 2, 123-135.
- [4] Long, F. 2001. The Development of Structural Design Models for Foamed Bitumen Treated Pavement Layers. Contract Report CR-2001/76, Gauteng – CSIR, South Africa.
- [5] Martinez, R., Lima, C., Bonfim, V. 2013. Retroanálisis para estimar los módulos de las capas de un pavimento reciclado con espuma de asfalto. XVII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto
- [6] AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures AASHTO. 1993, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [7] CALTRANS 2008. Highway design manual. California Department of Transportation.
- [8] AUSTRROADS 2011. Technical Report: Review of Foamed Bitumen Stabilisation Mix Design Methods. Austroads Ltd.
- [9] Leek, C. 2010. Review of the performance of in-situ foamed bitumen stabilised pavements in the City of Canning. City of Canning.
- [10] Transit New Zealand. 2007. Pavement design - A guide to the structural design of road pavements (Austroads, 2004). Wellington, Nova Zelândia: Transit New Zealand.
- [11] Merrill, D., Numm M., Carswell I. 2004. A guide to the use and specification of cold recycled materials for the maintenance of road pavements TRL 611 Transport Research Laboratory
- [12] Asphalt Academy 2009. Technical guideline: bitumen stabilised materials, TG2, Asphalt Academy, CSIR Built Environment, Pretoria, South Africa
- [13] Giovanon, O., Pagola, M. 2013. Modelo mecanicista empírico para análisis de pavimentos flexibles desarrollado en Argentina. XVII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto

# Mirando al pasado

Documento publicado en diciembre de 1970.



VOLUMEN III. - Pág. 89



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

### LAS SOBRECARGAS DE LOS VEHICULOS Y LOS PROBLEMAS DE ECONOMIA

Como es bien sabido, en España, el Código de la Circulación admite una carga máxima por eje simple de 13 toneladas, superior a la de la mayor parte de los países europeos donde las cargas oscilan alrededor de 10 toneladas por eje. También tiene 13 toneladas por eje el Código francés, mientras que en los Estados Unidos de Norteamérica, la carga máxima admitida por eje simple es, en la mayor parte de los Estados, de 18.000 libras, equivalentes a 8.154 Kg. Lo grave del caso no es esto, ya que la experiencia ha demostrado que los firmes de nuestras carreteras pueden resistir perfectamente, en los tramos bien construidos, las 13 toneladas por eje que nuestro Código admite, sino que, por una serie de circunstancias cuyo análisis detallado exigiría mucho más espacio del que aquí podemos dedicar a este tema, los vehículos de transporte circulan en España habitualmente sobrecargados, y además sobrecargados en proporciones elevadísimas, de forma que las 13 toneladas por eje legales se transforman en la realidad, en numerosas ocasiones, en cargas de 20 toneladas o más.

Esto, evidentemente, le cuesta dinero al país porque el destrozo que estas sobrecargas produce en los pavimentos es muy superior al que normalmente debería producirse y, por consiguiente, el mantener las carreteras en estado de viabilidad aceptable exige así un gasto muchísimo mayor que el que sería necesario si se respetara por todos lo que el Código dispone en este aspecto.

Se ha iniciado hace poco tiempo una acción encaminada a la vigilancia efectiva del peso transportado por los vehículos que circulan por nuestras carreteras que puede esperarse conduzca en un plazo más o menos breve a una normalización de la situación.

Claro está que si la economía del transporte por carretera ha sido entendida durante estos últimos años por algunas personas sobre la base de una capacidad de transporte de los vehículos que exigía su sobrecarga, cuando la existencia de una vigilancia y un sistema de sanciones eficaces hagan totalmente antieconómica la explotación de los vehículos en esta forma quizás se produzcan problemas económicos en el sector del transporte, pero ésta es otra cuestión que se sale por completo del ámbito de este "Boletín". Lo que aquí nos preocupa es la conservación de los pavimentos, y en este sentido hemos de aplaudir sin reservas la acción de policía iniciada.



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.

## El Día Mundial de la Carretera se celebró el pasado 11 de octubre de forma virtual

El pasado 11 de octubre tuvo lugar el Día Mundial de la Carretera en un escenario completamente diferente al de anteriores ediciones: el mundo virtual. Los promotores de este evento, entre los que se encontraban representantes del sector del mundo de la carretera de Europa y América, tomaron esta decisión para romper las barreras geográficas y ofrecer una fiesta global totalmente compatible con la situación actual donde autoridades sanitarias desaconsejan las reuniones masivas.

España fue uno de los trece países que contó con pabellón virtual, durante la celebración del Día Mundial de la Carretera se trasladó el escenario virtual VR / 3D. Alemania, Argentina, Chile, Ecuador, Estados Unidos, Francia, Guatemala, México, Paraguay, Reino Unido y Venezuela completaron la representación internacional gracias a la presencia de asociaciones, empresas y universidades de referencia de dichos países; entre las que se encontraba ASEFMA.

En las dos anteriores ediciones, la jornada se celebró también en clave digital aunque centrada en la red de Twitter y obtuvo una gran acogida social. En 2019, sin ir más lejos, el hashtag #DíaMundialde laCarretera consiguió ser tendencia en Twitter España al registrar más de 9.500 tuits procedentes de 2.699 cuentas diferentes y generar un alcance de 4,8 millones de impresiones en solo 24 horas.

“El objetivo para esta cita en 2020 ha sido visibilizar al máximo la carretera como infraestructura esencial, cohesionadora y al servicio de la sociedad los 365 días al año”

## Málaga ha celebrado la sexta edición de sus jornadas de conservación viaria como foro internacional de innovación

La Gerencia Municipal de Urbanismo, obras e Infraestructuras del Ayuntamiento de Málaga celebró su **VI Jornada de conservación viaria como foro internacional a la innovación**. Dicho seminario técnico, entre cuyas entidades colaboradoras se encontraba ASEFMA, se celebró el pasado 27 y 28 de octubre en la capital malagueña y pudo seguirse online gratuitamente desde la plataforma de Itafec.

Durante esta sexta edición se abordó los modelos de transparencia en mantenimiento vial, la innovación en conservación viaria que desarrolla Málaga y la innovación social, incluidas acciones que considerar tras la pandemia COVID-19. Además se presentaron los incentivos europeos (DG XII) y los incentivos nacionales (CDTI) para la I+D aplicada a la conservación de carreteras. Como novedad se incluyeron dos sesiones de encuentro: un foro de universidades y otro foro de ciudades inteligentes.

El programa de la VI Jornada de conservación de pavimentos urbanos se articuló en seis ejes temáticos:

- Modelos de transparencia aplicados a la conservación urbana;
- Foro de universidades con investigaciones aplicadas a las ciudades;
- Foro de ciudades inteligentes con experiencias reales;
- La innovación en conservación viaria de Málaga;
- La innovación social con acciones a considerar post-COVID;
- Fondos para financiación de proyectos innovadores como estímulos para la innovación.

La Jornada estuvo dirigida a las administraciones de carreteras, técnicos de ayuntamientos, proyectistas, ingenieros, técnicos de conservación, empresas de pavimentación y laboratorios de control. Un evento patrocinado por Althenia,

Aglomerados Los Serranos e ITAFEC que contó, con la colaboración de reconocidas entidades del sector como ASEFMA, ACEX, ACP, CEACOP y CICCOP de Andalucía, Ceuta y Melilla.

### La adaptabilidad de las mezclas asfálticas protagonizó la X Jornada de Ensayos de ASEFMA

La décima edición de la jornada de caracterización de mezclas bituminosas, organizada por ASEFMA y coordinada por José Luis Peña, director gerente de la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTCarretera) y coordinador del grupo de trabajo GT-6 de ASEFMA sobre seguridad y salud, contó con una audiencia online superior a los 169 mil usuarios, entre aquellos que siguieron los contenidos desde la plataforma digital de itafec desde donde se emitía en streaming HD el evento y aquellos que lo hacían desde la red de Twitter con el hashtag #XJornadaEnsayos.

Las jornadas de ensayos de ASEFMA cumplen en 2020 su décimo aniversario con una importante evolución desde su primera edición, en 2010. Dicha evolución se hace patente tanto en el fondo como en la forma. Respecto al fondo, se han incorporado nuevas sesiones y tipologías de temáticas, frente a aquellas primeras ediciones en las que las comunicaciones libres copaban la agenda. En cuanto a la forma: el uso del streaming o el apoyo en la difusión por redes sociales ha mejorado ostensiblemente su capacidad de comunicación. Todas estas consideraciones, y algunos detalles anecdóticos que merece la pena recordar, fueron expuestos en la primera sesión por el Presidente Ejecutivo de Asefma (Juan José Potti) mostrando, además, algunas pinceladas de a dónde nos conduce el futuro.

La propia inauguración puede considerarse una declaración de intenciones con el apoyo institucional al evento del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y del Colegio de Ingenieros de Caminos de Madrid. Las limitaciones generadas por la pandemia de la COVID-19 obligaron en su momento a aplazar el evento, que estaba inicialmente previsto para el 10 de marzo, y en la nueva fecha elegida se ha tenido que optar por un formato absolutamente digital para soslayar la imposibilidad de celebrar un evento presencial.

Hay que agradecer a todos los ponentes y moderado-

res por el esfuerzo realizado para adaptar sus presentaciones a un modelo digital que exige una coordinación para la preparación de los contenidos y de las grabaciones. Toda la trastienda que requiere un evento digital de este alcance no habría sido posible sin el soporte de itafec y de los patrocinadores del evento.

Centrándonos en los propios contenidos del evento, la sesión dedicada a comunicaciones libres recogió muy interesantes presentaciones sobre temáticas de plena actualidad como son el medio ambiente (durabilidad, ruido y uso de residuos) y ensayos mecánicos de caracterización.

Las mezclas SMA han tenido en 2020 un año de aterrizaje a nivel normativo. La publicación a finales de 2019 del artículo 544 del PG-3 ha dado un apoyo claro a un uso que ya venía siendo habitual en las carreteras y calles de España, pero que exigía generar pliegos específicos para cada proyecto. En esta jornada, las mezclas SMA han sido presentadas desde una visión muy amplia: la experiencia en Europa, la nueva normativa en España, su diseño y la puesta en obra y control de calidad. Podemos decir que la mayor parte de los elementos que podríamos definir como cadena de valor han sido debidamente tratados.

También a nivel normativo, la jornada hizo un "spoiler" de la que dentro de pocas semanas será una nueva aportación al mundo de la normativa europea de mezclas bituminosas: el hormigón asfáltico con emulsión bituminosa (UNE EN 13108-31). En la sesión dedicada a esta temática se trazó una revisión histórica del largo proceso que ha llevado a su publicación y se resumieron las principales diferencias y novedades que tiene respecto a las normas homólogas para mezclas en caliente y semicalientes. Otro punto a destacar que esta nueva norma es que lleva aparejada nuevos métodos de ensayo, dadas sus especiales características de evolución desde la puesta en obra.

Para terminar, esta X Jornada de ensayos sobre mezclas bituminosas trajo una novedad relevante: una sesión de tarde con formato de taller interactivo en el que, tanto la "Guía para vías de baja intensidad de tráfico" del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), y en la que la Diputación Provincial de Valencia y Asefma han colaborado en su preparación, como la Monografía 19 de diseño de mezclas de ASEFMA, fueron presentadas bajo un formato de ejemplos prácticos que ayude a los técnicos del sector a su empleo de forma habitual.

Como resumen, y parafraseando al título de esta noticia, los retos y limitaciones generados por la pandemia de la COVID-19 han sido abordados de manera sobresaliente por el sector de la pavimentación asfáltica, ofreciendo soluciones y ayuda a los técnicos del sector para abordar sus propios retos individuales como profesionales del mundo de la carretera.

## interCILA 2020 alcanza una audiencia online superior al medio millón de usuarios

Más de medio millón de usuarios accedieron a contenidos online de la cumbre iberoamericana del asfalto interCILA 2020, coordinada por los ingenieros Francisco José Lucas y José Jorge López. Lo hicieron desde la plataforma de streaming [www.itafec.com](http://www.itafec.com) que emitía gratuitamente las sesiones técnicas, en la plataforma de realidad virtual en 3D desde donde se celebraba por primera vez el evento y en Twitter con el hashtag #interCILA.

La reunión iberoamericana de alto nivel que aborda cuestiones de I+D+i en mezclas asfálticas y analiza los progresos de la digitalización del sector, retransmitida vía streaming por el instituto técnico ITAFEC y en el auditorio de un mundo virtual creado al efecto, contó con un debate paralelo en Twitter en el que participaron 163 usuarios con la emisión de 2.355 tweets, según los datos ofrecidos por la herramienta de medición Tweet Binder. El hashtag #interCILA logró un alcance estimado en 569.320 usuarios y 20.543.419 impresiones, siempre según la citada herramienta Tweet Binder. Estos registros suponen un importante avance respecto al alcance obtenido en anteriores ediciones.

La Asociación Española de Fabricante de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) fue una de las entidades participantes del evento y contó con su propio stand en el mundo virtual desde donde presentó algunas de sus campañas más recientes como #AsfaltoActiva, sus monografías técnicas y próximos eventos. También tuvo un lugar destacado el proyecto EMIPAV, tanto en el mencionado expositor de ASEFMA ubicado en el pabellón de exposiciones del mundo virtual del interCILA como en el área de e-posters habilitado en dicho entorno.

La presencia de la patronal de asfaltos en el evento tam-

bién fue importante durante las sesiones técnicas del interCILA 2020. Juan José Potti, presidente de la entidad y promotor de la iniciativa interCILA, inauguró el evento en dos modalidades: por un lado en la sesión pregrabada retransmitida en streaming y, por otro, en directo con su propio avatar en el mundo virtual. Por su parte, Bárbara Fernández, directora de comunicación, disertó sobre la comunicación en los congresos iberoamericanos del asfalto durante la tercera sesión del evento.

## La X Jornada de ensayos de ASEFMA se celebró el pasado 10 de septiembre vía online

La plataforma de eventos de ITAFEC se convirtió en el escenario principal de la X Jornada anual de caracterización de mezclas bituminosas que organizaba ASEFMA. Esta décima edición del evento que ya es referencia nacional en el campo de la experimentación con mezclas asfálticas se celebró en modalidad exclusivamente online y estuvo dirigida por el director gerente de la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTCarretera) y coordinador del grupo de trabajo GT-6 de ASEFMA sobre seguridad y salud, José Luis Peña.

Expertos, académicos, técnicos y personal de la Administración encontraron por la mañana un completo programa de ponencias que pudieron seguirse mediante streaming HD mediante escucha directa a conferenciante y visualización de diapositivas de apoyo. El programa contemplaba una sesión dedicada a las prestaciones, diseño y control de mezclas tipo SMA; análisis de la normativa europea de mezclas AC con emulsión (EN 13108-31) y nuevos ensayos de control; ponencias que recogieron las conclusiones de los trabajos desarrollados por ALEAS y comunicaciones libres no expuestas durante la XIV Jornada de ASEFMA.

Por la tarde, los asistentes disfrutaron de una versión en directo con carácter más interactivo. Participaron en un taller digital sobre diseño y dosificación de mezclas bituminosas basado en la monografía número 19 de ASEFMA sobre metodología de diseño de mezclas bituminosas y a otro sobre diseño de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico, basado en la Guía que llevaba el mismo nombre.

### España produce 18,81 millones de toneladas de mezclas asfálticas en 2019 y registra un crecimiento del 17,56%

La producción global de mezclas bituminosas en España alcanzó los 18,81 millones de toneladas en 2019, según los últimos datos confirmados por la Asociación Española de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) y trasladados a su homóloga europea EAPA. Este resultado, que mejora las primeras estimaciones anunciadas por ASEFMA a inicio de año, supone una variación positiva del 17,56% respecto al año precedente, en el que se registraron 16 millones de toneladas.

Este resultado productivo lo hay que situar, sin embargo, en un contexto de crisis sectorial y déficit en infraestructuras viarias. Es decir, atendiendo a la longitud y características de la red de carreteras españolas dicho resultado productivo se aleja de los valores de referencia: "España debería producir 30 millones de toneladas de mezclas asfálticas con una variación de más o menos 10%" y registrar un índice de producción similar a Francia, aunque según los últimos datos facilitados por EAPA, España ocupa en Europa el séptimo lugar por detrás de Turquía, Alemania y Francia, pero también de Italia, Inglaterra y Polonia.

De los 18,81 millones de toneladas producidos en 2019, el 68,8 % se ha utilizado en capas de rodadura, 20,4 en capas intermedias y 10,8 en capas de base.

Respecto a la reutilización de asfalto reciclado en 2019, había disponible 1.486.000 toneladas; del cual un 58,8% se utilizó en la producción de mezclas asfálticas en caliente; 0,8% en mezclas templadas; 0,1 en mezclas semi-templadas; 8,7% en mezclas en frío in situ.

Finalmente, en referencia al número de compañías activas en 2019 han sido las mismas que en el ejercicio económico anterior. En total han sido 281 las entidades en activo en España durante 2019: 6 exclusivamente para producción, 150 en extendido y 125 en producción y extendido.

### El deficiente estado de conservación de los pavimentos españoles ha incrementado las emisiones en más de 25 millones de toneladas de CO2 en una década

De los 100.000 kilómetros de carreteras representados

en la muestra auditada por la Asociación Española de la Carretera cuyos resultados se han hecho públicos hoy en rueda de prensa, un total de 10.000 presentan deterioros graves en más del 50% de la superficie del pavimento. Roderas, grietas en las rodadas, agrietamientos gruesos, desintegraciones, deformaciones y grietas erráticas son los daños más frecuentes, los cuales pueden afectar a la estructura de la plataforma, comprometiendo la comodidad, eficiencia y seguridad de la circulación e incrementando las emisiones de gases a la atmósfera.

La conclusión más relevante del estudio sobre "Necesidades de Inversión en Conservación 2019-2020" es el acusado deterioro de los pavimentos, que obtienen una calificación media de "deficiente", a escasos puntos del "muy deficiente". Se trata de la peor nota de los últimos veinte años. El pavimento acumula el 94% del déficit total de las infraestructuras viarias españolas, lo que se traduce en unas necesidades de inversión en reposición y refuerzo de firmes de 7.008 millones de euros para el conjunto de las carreteras (un 6,5% más que en 2018). De ellos, la red del Estado, de 25.000 kilómetros de longitud, necesita 2.224 millones, y la red autonómica (75.000 kilómetros): 4.784 millones.

Según expresó la propia AEC en rueda de prensa, este déficit en la conservación de carreteras "ha incrementado las emisiones procedentes del tráfico rodado un mínimo de 25 millones de toneladas de CO2 en una década". El alto grado de contaminación producido por el transporte por carretera "es parte del precio que la sociedad española ha tenido que pagar como consecuencia de la inacción de los gobiernos central y autonómicos en lo que afecta a la conservación de las redes de carreteras a su cargo", ha subrayado la AEC.

El Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030, la Estrategia "Sistema Seguro" orienta a reducir a la mitad el número de fallecidos por accidente de tráfico en 2030 y la Ley de Movilidad y la Estrategia de Movilidad Sostenible, Segura y Conectada son tres de los cuatro grandes desafíos que están en la hoja de ruta del actual Ejecutivo, pero que pueden verse amenazados si la situación de las infraestructuras viarias no da un giro de 360 grados", concluye la Asociación Española de la Carretera. "El cuarto, alcanzar la neutralidad climática en 2050 como meta fundamental del Pacto Verde Europeo, es, sencillamente, una quimera desde la óptica en la que las administraciones públicas español-

las han instalado sus políticas de movilidad”.

## **ASEFMA lanzó la séptima edición del Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA)**

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), mediante su Comité técnico, convocó la séptima edición del Premio a las “Mejores Prácticas Ambientales” (MPA) en el ámbito de la pavimentación asfáltica y anunció la apertura del plazo para la presentación de propuestas innovadoras y amigables con el medio que incorporen la gestión de fresados.

Han podido concurrir en el VII Premio MPA proyectos de investigación y prácticas implantadas durante los últimos dos años vinculadas a la gestión del material bituminoso procedente del fresado de pavimentos envejecidos. Las propuestas fueron enviadas a [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es) en formato de presentación (PowerPoint o pdf) o/y de vídeo (avi, flv, mpg, mov o wmv).

El jurado, formado por los miembros del Comité Técnico de ASEFMA, seleccionaron las mejores prácticas en materia de innovación y sostenibilidad medioambiental en el área de fresados procedente de pavimentos asfálticos, desarrolladas en el período comprendido desde enero de 2017 y junio de 2020. Dicho jurado valoró las propuestas atendiendo a los criterios de originalidad, innovación, repercusión en el sector y mejoras ambientales evaluadas. También volvió la propia presentación de la práctica, el material gráfico aportado y la memoria de proyecto.

Las tres mejores propuestas se hicieron públicas a finales de noviembre mediante comunicación en la web de ASEFMA ([www.asefma.es](http://www.asefma.es)) y en sus redes asociadas. Por su parte, la entrega del premio tendrá lugar durante la XV Jornada Nacional de ASEFMA que se celebrará los días 1 y 2 de diciembre de 2020 bajo el lema “Sostenibilidad, economía circular y gestión de residuos: fresado procedente de pavimentos asfálticos”.

El Premio a las “Mejores Prácticas Ambientales” (MPA) en pavimentación es una iniciativa sectorial que promueve los desarrollos en mezclas asfálticas que significan avances técnicos, económicos y sostenibles. Responde a la creciente sensibilidad medioambiental de las entidades fabricantes de asfalto y aquellas vinculadas a su producción, transporte y aplicación.

En la edición 2019 se alzó con el premio Benito Arnó por su trabajo sobre “impactos ambientales de las mezclas bituminosas según el modelo ECCO2”. En las cinco primeras ediciones fueron galardonados CHM Infraestructuras por su investigación sobre “pavimentos asfálticos reflectantes para la mitigación del cambio climático”, el Ayuntamiento de Madrid, por su impulso al desarrollo de la pavimentación asfáltica sostenible durante 2014-16, el equipo de investigación formado por Eiffage, CFLab-TEPI 85 (Universidad de Huelva, UHU) y la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (AOPJA), por el proyecto de “Reutilización de residuos plásticos agrícolas en la fabricación de mezclas bituminosas para uso en carreteras siguiendo la tecnología por vía seca”; BECSA por su “Análisis de ciclo de vida de mezcla bituminosa semicaliente con áridos reciclados cerámicos” y Sacyr Construcción y Repsol Lubricantes y Especialidades por su investigación conjunta sobre “Mezclas recicladas templadas con emulsión total”.

# THERMO<sup>+</sup>

Quieres reducir  
emisiones con  
garantías ?



CO<sub>2</sub>

Ravasol THERMO+ Aditivo líquido vegetal de nueva generación, con propiedades tensoactivas que permite reducir las temperaturas de fabricación y extendido.

Para cualquier información adicional, contactar con [asphalt@ravagochemicals.com](mailto:asphalt@ravagochemicals.com) o visitar nuestro sitio web: [www.ravagochemicals.com](http://www.ravagochemicals.com)



ravasol<sup>™</sup>  
ASPHALT

Your road to solution

# Calendario de eventos

## AÑO 2020

17 de Noviembre AMAAC	VI Seminario Intenacional del Asfalto	On line www.amaac.org.mx
25 de Noviembre ATEB	WEBINAR ATEB	Madrid (España) www.ateb.es
1-2 de diciembre ASEFMA	XV Jornada Nacional de Asefma; #XVJornadaASEFMA	Madrid (España) www.asefma.es
2 de diciembre AEC	I Congreso español de SMART ROAD	Madrid (España) www.aecarretera.com
14-16 de diciembre EUROBITUMEN	International Symposium on Bituminous Materials (ISBM Lyon 2020)	Lyon (Francia) www.eurobitume.eu
14-16 de diciembre EAPA	Seminario web de EAPA: Evaluación de la sostenibilidad de los pavimentos de asfalto	On line www.eapa.org

## AÑO 2021

9-13 de enero TRB	TRB 2021 Annual Meeting	Washington, DC (EUA) www.trb.org
7-10 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Orlando, DC (EUA) www.eapa.org
17-21 de febrero AEMA-ARRA-ISSA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	San Antonio-Texas-(EUA) www.aema.org
9-11 de marzo ASPHALT PAVEMENT	2021 World of Asphalt Show & Conference	Atlanta-(EUA) www.asphalt pavement.org
18 de marzo EUROBITUMEN	Rencontres Bitume 2021	Paris (Francia) www.eurobitume.eu
24 de marzo EUROBITUMEN	Asphalt and Bitumen day	Bruselas (Bélgica) www.eurobitume.eu
16-18 de junio EUROBITUMEN	The 7th Eurasphalt & Eurobitumen Congress; #eecongress2020	Madrid (España) www.eurobitume.eu
21-23 de octubre AEMA-ARRA-ISSA	2020 International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia-(EUA) www.aema.org
PENDIENTE ATEB	V Jornada Nacional de ATEB	Madrid (España) www.ateb.es

## AÑO 2022

9-13 de enero TRB	TRB 2022 Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
23-26 de enero NAPA	2022 NAPA Annual Meeting	The Phoenician (EUA) www.eapa.org

## 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



**ADVANTAGE 56: Smooth asphalt pavements contribute to fuel consumption savings #AsphaltAdvantages**

**REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO** ➔

**DICIEMBRE 2020**

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

# CALENDARIO 2020

Pacto de Estado para la **CONSERVACIÓN DE CARRETERAS & Asphalt.ADVANTAGES**

Más información en [www.asefma.es/afirmaciones-asfalticas](http://www.asefma.es/afirmaciones-asfalticas) y en [www.asphaltadvantages.com](http://www.asphaltadvantages.com)

Colaboran:

[/asefma](#) [@asefma\\_es](#) [/company/asefma](#) [@asefma](#)

# Lecturas recomendadas



## **Artículo “Del mercado CE digital a la construcción 4.0”. Revista UNE n°29. Octubre 2020**

Los fabricantes facilitan, habitualmente, la DoP en su página web en pdf, con las limitaciones derivadas de la dificultad de extraer información estructurada de estos archivos.

Como alternativa, existen formatos como IFC, definidos en la Norma UNE-EN ISO 16739-1 extendidos en la industria de construcción. No obstante, la complejidad para trasladar la información del marcado CE llevó a la industria a buscar alternativas.

En julio de 2018, el Comité Europeo de Normalización (CEN) publicó el documento normativo CWA 17316, que desarrolla el concepto Smart CE marking (o Smart DoP) mediante un formato XML para comunicar las prestaciones de los productos de construcción.

En este marco, la Asociación Española de Normalización, UNE ha publicado la Norma UNE 41316 Declaración de prestaciones digital para productos de construcción (smart CE marking). Se trata de un desarrollo liderado por la industria que adopta el CWA 17316 con diversas mejoras surgidas del aprendizaje durante estos dos años.

La norma trata el modo de declarar las prestaciones en español o cómo emplear atributos XML sin afectar a la integridad del formato. Se explica de forma más detallada el tratamiento de propiedades dependientes que, en las DoP en papel, se suelen presentar en forma de tabla, así como el uso de identificadores únicos (GUID2) que faciliten la interpretación por software y la interoperabilidad entre distintas herramientas.

<https://revista.une.org/29/del-marcado-ce-digital-a-la-construccion-4.0.html>



### CENTENNIAL PAPERS

#### **Publicación “Pavement Surface Properties and Vehicle Interaction: Past, Present and Future”. TRB. 2019. 9p.p**

Con motivo del centenario del TRB se están publicando una serie de artículos recopilatorios sobre muy diversos temas relacionados con el sector del transporte.

El comité “Pavement Surface Properties and Vehicle Interaction (AFD90)” ha elaborado un documento que hace un repaso histórico sobre los principales hitos que han aparecido dentro de su campo de actividad.

El documento es de especial actualidad ya que aborda tres temáticas que los tecnólogos del sector tienen en sus agendas: la reducción de consumo de combustible de los vehículos, la seguridad vial y la reducción/minimización del ruido generado por el tráfico rodado.

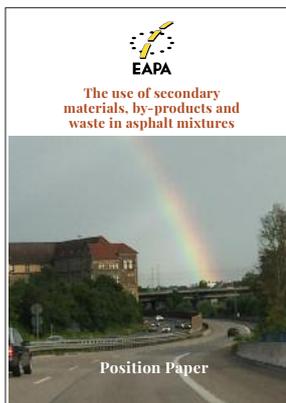
<https://trid.trb.org/view/1675672>

#### **Publicación “The use of secondary materials, by-products and waste in asphalt mixtures”. EAPA 2020. 10 p.p.**

Este documento es la reedición de una versión publicada en 2018 en la que se han incluido algunas modificaciones encaminadas a potenciar la reutilización de las mezclas bituminosas al final de su vida útil en los pavimentos.

Este documento puede considerarse una lectura fundamental para técnicos y gerentes del sector de la pavimentación asfáltica ya que marca las directrices que se han de seguir para conseguir integrar las mezclas bituminosas dentro del concepto de economía circular.

[https://eapa.org/wp-content/uploads/2020/09/EAPA\\_PP\\_Secondary\\_Materials\\_2020-1.pdf](https://eapa.org/wp-content/uploads/2020/09/EAPA_PP_Secondary_Materials_2020-1.pdf)



# I+D+i. infra4Dfuture “Infrastructure Innovation for the Future”.



<http://www.i4df.eu/index.php>

Los programas marco europeos incluyen diversas categorías de proyectos en función de la finalidad de los mismos:

- Las acciones de investigación e innovación (RIA) consisten principalmente en actividades destinadas a establecer nuevos conocimientos y/o explorar la viabilidad de una tecnología, producto, proceso, servicio o solución nueva o mejorada. Para ello pueden incluir la investigación básica y aplicada, el desarrollo y la integración de tecnologías, el ensayo y la validación de un prototipo a pequeña escala en un laboratorio o en un entorno simulado.
- Las acciones de innovación (IA) consisten en actividades que tienen por objeto directo la elaboración de planes y disposiciones o diseños de productos, procesos o servicios nuevos, alterados o mejorados. Con este fin pueden incluir la creación de prototipos, el ensayo, la demostración, el ensayo, la validación de productos a gran escala y la reproducción en el mercado.
- Las acciones de coordinación y apoyo (CSA) consisten en medidas de acompañamiento como la normalización, la difusión, la sensibilización y la comunicación, la creación de redes, los servicios de

coordinación o apoyo, los diálogos de política y los ejercicios y estudios de aprendizaje mutuo, incluidos los estudios de diseño de nuevas infraestructuras, y también pueden incluir actividades complementarias de planificación estratégica, creación de redes y coordinación entre programas de distintos países.

La categoría CSA recoge proyectos que suelen sentar las bases para identificar convocatorias futuras. Dentro de esta categoría destaca el proyecto Infra4DFuture. La principal particularidad del mismo es que los socios que lo componen son administraciones centrales de carreteras. Concretamente, hay 17 países que participan en el consorcio (incluyendo a Israel y Turquía). Esto hace que los trabajos desarrollados en su seno sean especialmente relevantes ya que incluyen la visión de los actores con más poder económico e influencia normativa de Europa.

En la sección “downloads” del proyecto están disponibles la mayor parte de los documentos generados por el proyecto.

El germen de este proyecto proviene del CEDR (Conference of European Directors of Roads), organización que de forma permanente acoge la colaboración de las administraciones de carreteras de muchos países europeos.

El Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana participa tanto en el proyecto como en CEDR, lo que per-

mite que España tenga acceso a una visión global de las tecnologías y proyectos que se coordinan en Europa.

**stakeholder engagement**

**infra4Dfuture stakeholder engagement**

The coordination mechanism will build on a structured dialogue between relevant stakeholders from public, industry and research. In this dialogue the demand side for innovation and implementation is formed by the public infrastructure managers as the 'issue owners' and hence the implementing client for innovation, and European and transnational public programme owners as funding client. The supply side in the dialogue is formed by relevant industry as lead supplier of innovation, and supporting research providers.

**DEMAND**  
Innovation and implementation  
**PUBLIC ISSUE OWNERS**  
INNOVATION PROGRAMME OWNERS

**SUPPLY**  
Innovation and implementation  
**INDUSTRIAL LEAD SUPPLIERS**  
RESEARCH PROVIDERS

**infra4Dfuture outcomes:**

- Concerted rolling transport innovation programme portfolio until 2040, spanning European, and transnational innovation programmes
- Comprehensive coordination mechanism, supported by the relevant stakeholders, to guide the development and deployment of the activities within the respective concerted portfolio of programmes with aim to drive the effective delivery of demand driven, ready to implement, cost effective innovative solutions.
- Supported framework for professional competence building in order to support the implementation and deployment of the innovative solutions up to larger network scales. On basis of this framework the stakeholders from education and training can be engaged.
- Strategic stakeholder platform to deploy the coordination mechanism during a multiannual period – 2021-2027 involving the relevant stakeholders from public, industry and research and guiding from a common vision on infrastructure capabilities for 2040.

**consortium**

- Rijkswaterstaat (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) - NL
- Väytilä - FI
- Agentchap Wegen en Verkeer - BE
- Latvijas Valsts Ceļi - LV
- Vejdirektoratet - DK
- Trafikverket - SE
- Statens Vegvesen - NO
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) - DE
- BAST (Bundesanstalt für Straßenwesen) - DE
- ANAS S.p.A. - IT
- bmvi (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) - AT
- Ministerio de Fomento - ES
- Infraestruturas de Portugal - PT
- Ministerstwo Infrastruktury - PL
- Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej - PL
- CERTH / HIT (Centre for Research and Technology Hellas / Hellenic Institute of Transport) - GR
- Ministère de la Transition écologique et solidaire - FR
- Netivei Israel - IL
- Karayolları Genel Müdürlüğü - TR
- TUV Rheinland Consulting

**infra 4D future**

**Building a strategy and coordination mechanism for future demand-driven multimodal transport infrastructure innovation and implementation**

**Coordinator contacts:**  
Peter Wilbers, Rijkswaterstaat: peter.wilbers@rws.nl, +31622907912  
Richard van der Eborg, Rijkswaterstaat: richard.vanderenburg@rws.nl, +31 6 25098527

[www.i4d.eu](http://www.i4d.eu) [i4dproject](https://twitter.com/i4dproject) [www.linkedin.com/groups/13855794/](https://www.linkedin.com/groups/13855794/)

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 804266

#88

**AFIRMACIONES ASFÁLTICAS**

“Las mezclas asfálticas son reciclables y reutilizables al 100%, por ello son el material de construcción más reutilizado en el mundo.” Manifiesto EAPA “The asphalt industry’s contributions to climate neutrality and preservation of Europe’s natural environment”.

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# La nueva normalidad en la celebración de los congresos

La pandemia provocada por la COVID-19 ha sido y sigue siendo el mayor desafío para la salud que hemos conocido en el último siglo. Su dimensión ha obligado a una gran mayoría de países a adoptar medidas excepcionales, y ha provocado tensiones en los sistemas de salud y en los mercados de productos sanitarios a nivel mundial generando una importante crisis sociosanitaria con gran impacto económico.

Una vez expirada la vigencia del estado de alarma y de las medidas extraordinarias de contención, incluidas las limitativas de la libertad de circulación, España entra el 21 de junio en una nueva fase ante la pandemia de la COVID-19, la tan ansiada nueva normalidad. De este modo, los gobiernos autonómicos, en el ejercicio de sus competencias, establecen y adaptan medidas concretas para la recuperación de la actividad productiva, la economía y la vida social en sus territorios. Si bien esta nueva normalidad dificulta el desarrollo de muchas actividades.

Los congresos son evidentemente espacios donde asiste un gran número de personas y donde el grado de contacto es muy elevado. Ante este escenario parece imposible poder realizar cualquier evento, jornada, congreso.... Una posibilidad sería experimentar con las herramientas de comunicación digital, como seminarios web o videoconferencias, para suplir la imposibilidad de celebrar eventos y reuniones. Estas formas pero tienen sus propias limitaciones. En este sentido, ha surgido una nueva modalidad que parece que será la nueva nor-

malidad en la celebración de eventos: realidad virtual VR/3D.

Con este tipo de modalidad se abre un mundo nuevo de experiencias aunando la facilidad de participación desde tu casa u oficina con la posibilidad de interactuar en tiempo real con los asistentes. Podrás hablar en directo con las "personas" con las que te cruzas, facilitar datos de contacto, asistir a conferencias, mantener reuniones B2B de forma privada o mostrar en un stand o un showroom la tecnología de tu organización.

Ya son 3 los eventos que se han celebrado bajo esta nueva tecnología de realidad virtual, el primero fue el 9 de septiembre de este año en el #interCILA 2020, el segundo fue en el Día Mundial de la Carretera, el pasado 11 de octubre y el tercero la reciente #Innovacarretera 2020 donde se habló de digitalización, electrificación de carreteras, la carretera conectada e inteligente, la ciberseguridad en infraestructuras viarias, etc. Además de las sesiones en el auditorio virtual, los asistentes también pudieron visitar un área de exposiciones con stands interactivos donde las entidades participantes presentaron sus últimos proyectos, así como tecnologías novedosas, productos y servicios.

Así pues, parece que la nueva normalidad de los eventos está relacionada con avatares, público virtual y visitas a stands virtuales. La reciente #Innovacarretera2020 nos ha dejado escenarios como estos:



Conferencia inaugural

## Digitalización del Sector: La nueva normalidad en la celebración de los congresos



Interacción con los participantes



Vista de la sala

En definitiva, la tecnología virtual VR/3D permite acercar los eventos a la nueva normalidad en el desarrollo de congresos manteniendo su capacidad de mostrar en vivo y en directo nuevas tecnologías e incrementar las posibilidades de networking tanto a nivel nacional como internacional entre los seguidores de nuevos desarrollos tecnológicos en el sector de la carretera.



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

A photograph of a construction site showing several orange asphalt rollers paving a road. The rollers are moving away from the viewer, leaving a smooth, dark asphalt surface behind them. The background is filled with lush green trees and vegetation under a clear sky.

# Garantía en firme

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

**Use nuestra energía y ¡manos a la obra!**

Tel: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 29  
Email: [buzon.espana@galpernergia.com](mailto:buzon.espana@galpernergia.com)

[galp.es](http://galp.es)

galp  energía crea energía