ASFALTO
y pavimentación

Número 52 · Volumen XIV · Primer trimestre · 2024

número 52





VIATOP® plus RC

Das Pellet.

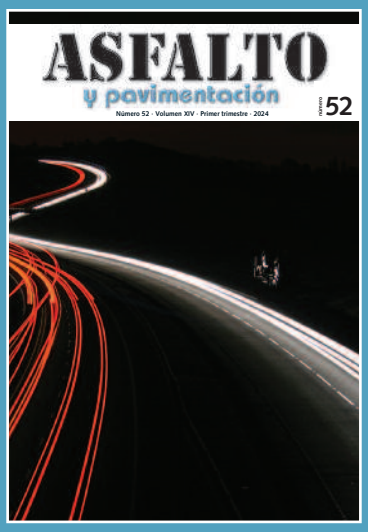
con un rejuvenecedor sostenible para mezclas con mayores tasas de fresado

BU Functional Asphalt Additives
08006 Barcelona (Spain)
Tel.: +34 933 262-888
viatop@jrs.de • www.jrsiberica.com

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

JRS Fibras diseñadas por la naturaleza
Una compañía del grupo JRS

www.sma-viatop.com



Número 52 · Volumen XIV
Primer trimestre · 2024

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,
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,
Javier Loma, Marisol Barral

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.asfaltoypavimentacion.com
asfalto@asfaltoypavimentacion.com

Suscripción anual (4 números)
España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189
Depósito Legal: M21967-2011

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

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

Sumario

Número 52 · Volumen XIV · Primer trimestre · 2024

Editorial
50 aniversario de ASEFMA y XXII CILA — 05

Tribuna
Ángel Sampedro — 07

Tribuna
Fernando Martínez — 09

Pequeña historia de medio siglo de evolución de la maquinaria de extendido de aglomerado asfáltico en España — 11
Jacinto Luis García

Secciones fijas
Ensayos, Normativa — 31

Novedades en la maquinaria de obra
Novedades en la maquinaria de obra: Equipos de compactación eléctricos o híbridos — 41

Correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia al agrietamiento de mezclas asfálticas en caliente — 45
Leonardo Ochoa - Raymundo Benítez - Álvaro

Secciones fijas
Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector, Resumen de Jornada Nacional de ASEFMA, Lecturas Recomendadas, I+D, Observatorio de Mercado, Afimaciones Asfálticas — 59

Soluciones Sostenibles

Descubre nuestra gama de productos de formulación propia: aditivos para mezclas semicalientes y PMB, rejuvenecedores ecológicos, promotores de adhesividad eficientes, agentes limpiadores, pigmentos granulares y limitadores de emisiones. Moderniza tus procesos con nuestras soluciones de alta calidad.

Ravago CHEMICALS

Your road to Green solution

ravasol™ ASPHALT



50 aniversario de ASEFMA y XXII CILA

Hace 50 años se puso en marcha la creación de una asociación europea de fabricantes de mezclas bituminosas, EAPA. En aquella época, año 1973, no existía todavía la Unión Europea. Además se apostó por un modelo basado en las asociaciones nacionales de fabricantes de mezclas bituminosas. "En España no existía una asociación nacional de fabricantes de mezclas bituminosas y por ello se creó Asefma, para ser socio fundador de EAPA", así nos lo ha contado el Presidente de Honor de Asefma, D. José Luis Quesada.

EAPA fue creada en el año 1973, por ello, el año pasado en el mes de marzo celebramos el 50 aniversario de EAPA en Madrid. Toda una deferencia de EAPA hacia Asefma y hacia el que era el Presidente de EAPA. Un recuerdo imborrable para todos.

El modelo de desarrollo de EAPA basado en unos estándares europeos de colaboración desde las asociaciones nacionales fue sin duda visionario para la época pero ha mostrado sobradamente que ese era el camino adecuado. El camino también que han seguido otras asociaciones europeas.

No se sabe con precisión la fecha exacta en la que fue creada Asefma. Los primeros pasos se dieron en el año 1973, pero parece que fue definitivamente constituida en el año 1974. "Asefma fue constituida con la ley de los sindicatos verticales y por ello la "s" de Asefma hacía relación a Asociación Sindical.." explicaba el Presidente de Honor de Asefma.

Sirvan todas estas serie de anécdotas y explicaciones para poner de manifiesto que hace 50 años un grupo de visionarios quiso crear la asociación europea y como consecuencia de ello, hace 50 años creamos Asefma. Una de las asociaciones españolas con más historia y tradición. Nuestro agradecimiento desde estas líneas a las personas que hace 50 años dieron esos pasos, Asefma celebra sus 50 años gracias a ellos.

25 años más tarde concretamente en el año 1999 se celebró en España el X congreso CILA en Sevilla. la asistencia a ese congreso CILA sigue siendo récord absoluto con más de 1200 congresistas. Varios miembros del comité de redacción de esta revista tuvimos el privilegio de participar en aquel CILA, en el Comité Técnico, e incluso colaborar en la revisión de los más de 200 trabajos que fueron presentados a ese grandioso CILA de Sevilla.

25 años más tarde vamos a volver a tener el privilegio de desarrollar un CILA en España.

Este año, dentro de un mes aproximadamente, del 22 al 26 de abril se va a desarrollar el XXII congreso CILA en Granada. Todo hace pensar que estamos a un mes de un gran CILA que va a ser recordado por mucho tiempo. Esta afirmación se basa en una serie de criterios objetivos el primero de ellos desde luego es que en esta ocasión se han recibido 416 trabajos técnicos, récord absoluto que demuestra que el CILA está más vivo que nunca y que los técnicos iberoamericanos han hecho un esfuerzo enorme. Otro hecho significativo, es que por primera vez se va a celebrar una reunión de directores generales de Carreteras (DIRCAIBEA) durante la celebración del XXII congreso CILA. Además, hay otra novedad importante que consiste en el desarrollo de un programa cultural paralelo de la mano de escritores e historiadores que han colaborado al patrimonio común de la cultura iberoamericana. Se podrían aportar muchas más razones, pero quizás otra muy reseñable sea la aceptación por parte de la Casa Real y en concreto por parte de su majestad, el Rey de España para ser el presidente del Co-

mité de Honor de este XXII CILA de Granada.

En el momento en el que se publica esta información, ya hay más de 500 inscritos a falta de 40 días para el inicio de este XXII CILA de Granada, que lleva por slogan: "Sostenibilidad, innovación y cultura en cada viaje".Nos vemos en Granada !!

Durabilidad y Sostenibilidad



Ángel Sampedro
Director del Área de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Alfonso X el Sabio (UAX)

@angelsampi

El título de esta tribuna se compone de dos palabras cuyo significado nadie desconoce, pero cuya relación no se suele establecer de forma adecuada. La primera, la durabilidad, es una parte o componente inseparable de la sostenibilidad, en cualquiera de sus tres vertientes: la económica, la social y, por supuesto, la ambiental.

En el análisis o cuantificación de la sostenibilidad de cualquier producto o servicio, como es el caso de las mezclas asfálticas o bituminosas, es fundamental considerar de forma adecuada dos conceptos fundamentales, tanto el ya citado de la durabilidad como las posibilidades de reutilización o reciclado, pues sin estos estaremos yendo en contra de la economía circular, dejando sin valor entonces cualquier decisión que pudiera adoptarse en base a ello.

Cuando desde la asociación ASEFMA comenzamos a trabajar en el análisis del ciclo de vida (ACV) de las mezclas asfálticas, allá por el año 2007 dentro de los trabajos de investigación del Proyecto Fénix, nos empezamos a dar cuenta de la necesidad de incorporar un horizonte temporal en la cuantificación de cualquier impacto ambiental, el cual viene determinado por la durabilidad esperada de los distintos tipos de mezclas, que a su vez depende también de otros factores: la fórmula de trabajo, el sistema firme o pavimento donde se coloca, el clima, el tráfico, etc.

Ha sido una satisfacción poder ir comprobando, con el transcurrir de los años, que las distintas recomendaciones sobre estos aspectos, tanto a nivel nacional como europeo y americano, han ido incorporando una serie de criterios que coinciden plenamente con los entonces desarrollados por los investigadores allí convocados.

Cuando se realizan evaluaciones ambientales, no debe olvidarse que para que estas sean válidas deben seguirse los procedimientos establecidos en las normas (ISO) y metodologías internacionales, donde se vienen estableciendo una serie de criterios que, lamentablemente, pocas veces se están teniendo en cuenta. Por ejemplo, la norma ISO 14040 es una guía que establece los principios y requisitos para evaluar de manera sistemática el ciclo de vida de productos y servicios, cuyo seguimiento es fundamental para la medición y mejora del desempeño ambiental de cualquier producto o servicio.

En su aplicación deben contemplarse cuatro etapas: la definición del objetivo y alcance, el análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), la evaluación del impacto del ciclo de vida, y la interpretación de los resultados, para tomar decisiones informadas y establecer estrategias de mejora. Lamentablemente, en la mayoría de los casos no se está dedicando el tiempo necesario a dos fases determinantes en el éxito de la aplicación de los resultados obtenidos, que son la primera y la última, donde la durabilidad juega un papel muy importante.

Por otro lado, cualquier normativa de evaluación

ambiental impone la consideración de los impactos de esos productos con lo que se denomina "perspectiva de ciclo de vida", lo cual implica un horizonte temporal y la durabilidad estimada, abarcando el ciclo de vida completo, en lo que se viene denominando un análisis de la cuna a la cuna (no la tumba), incorporando así los dos conceptos ya citados para las mezclas asfálticas, su durabilidad y reciclabilidad.

Esto implica que los análisis ambientales realizados sin considerar dichos factores, como es el caso de muchos que tienen un alcance de la cuna a la puerta, aunque muy útiles e interesantes para establecer estrategias de mejora y servir de base de datos para otros análisis más completos, no deben ser utilizados para la toma de decisiones sobre el sistema final firme o pavimento, pudiendo llegar a imponer las soluciones menos eficaces desde el punto de vista ambiental.

A nivel europeo, se está empezando a legislar para evitar malas prácticas como es el caso del greenwashing o "lavado verde", lo cual también irá ligado a controlar la obsolescencia de los productos y servicios, lo que en el caso de un pavimento va referido a la durabilidad.

Esta durabilidad esperada o prevista es un parámetro en el que el sector de la pavimentación asfáltica debe seguir investigando para ver cómo considerarla mejor, aunque hoy en día ya se puede comenzar a estimar en base a parámetros estructurales y ensayos de fatiga. Es una durabilidad teórica, establecida a priori y que luego depende de numerosos factores como los ya citados, pero también lo son muchos de los parámetros que se consideran para la toma de decisiones en la ingeniería de pavimentos, como es el caso de los costes estimados en base a unos cuadros de precios teóricos.

No obstante, según se avance en la transformación digital del sector, cuando se incorporen tecnologías como los gemelos digitales y la inteligencia artificial, podremos empezar a trabajar con una durabilidad mucho más ajustada a la realidad, bajo modelos predictivos.

Todos estos aspectos, abordados como ya se ha dicho en los primeros trabajos de investigación realizados en ASEFMA, ya vienen siendo expuestos en los Congresos Ibero Latinoamericanos del Asfalto (CILA) celebrados, tanto en Río de Janeiro (Brasil) en 2011 como en Lisboa (Portugal) en 2013, y en este XXII CILA celebrado en Granada (España) hay numerosos avances sobre ello que serán mostrados en magníficos trabajos de nuestros colegas y amigos.

La vuelta a España



Fernando Martínez
Secretario Permanente del CILA

@FerMar1957

Quienes a partir de este título supongan que estas notas estarán dedicadas a comentar una tradicional competencia ciclística, se equivocan.

Es que después de algo más de 24 años, el Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, el CILA, tendrá su vigésima segunda edición nuevamente en España, en la bellísima ciudad de Granada, del 22 al 26 de abril de 2024

Y este regreso a España despierta recuerdos de lo que fue mi participación en 1999 del X CILA que se realizó en Sevilla cuando por primera vez abandonaba las tierras americanas y llegaba a la península ibérica. Un congreso totalmente diferente en una época en que las cámaras fotográficas recién empezaban a ser digitales, pocos tenían teléfonos celulares, las bases de la moderna Internet se estaban estableciendo y nadie soñaba con el impacto que mucho más tarde produjeron las redes sociales. Fue un exitoso congreso al que se presentaron más de 180 trabajos técnicos que fueron recogidos en tres tomos en papel editados por Don Aniceto Zaragoza Ramírez en nombre de la Asociación Española de la Carretera.

Y en el año 2024, celebraremos entonces el XXII CILA en Granada en cuatro días en los que tendremos la oportunidad de escuchar varias conferencias magistrales así como la presentación de trabajos técnicos que han superado todas las expectativas en cantidad y calidad. Pero más allá de estas cuestiones tecnológicas que son el fundamento del congreso, tendremos la oportunidad de reencontrarnos con amigos que el CILA nos ha regalado y que generosamente, nos permite ir sumando congreso tras congreso. A ello ayuda su tradicional Día de Confraternidad donde lejos de los acartonamientos y las formalidades, nos juntamos a disfrutar de un día de recuerdos y camaradería, fortaleciendo antiguos lazos de amistad y forjando nuevos.

El Comité Organizador ha establecido cuatro objetivos clave para este congreso. El primero de ellos es incrementar el número de participantes y superar la asistencia de 1.200 personas que hubo en el CILA de Sevilla en 1999, y el segundo objetivo es destacar el papel fundamental que ha protagonizado la mujer en la obra pública y la movilidad. El tercer objetivo es llevar a cabo un Congreso amigable con el medio ambiente mediante acciones de compensación de emisiones, en tanto que el cuarto es integrar la rica cultura hispana en el programa del Congreso, con reconocidas personalidades glosando aspectos históricos de la cultura ibero latinoamericana

No menos importante es la realización de la Quinta Edición del Premio "Fundadores Dr. Jorge O. Agnusdei e Ing. Hélio Farah" que no solo reconoce el mejor trabajo inédito técnico-científico, sino que nos permite honrar, recordar y tener siempre presente a los que en 1981 crearon este congreso y reconocer su innegable dedicación, optimismo y perseverancia.

A los ya tradicionales Comités Organizador y Técnico, en esta oportunidad se ha convocado también un

Comité de Comunicación al que se le ha encomendado la tarea de desarrollar y ejecutar las estrategias de comunicación que posibiliten maximizar el impacto del XXII CILA. También se está conformando un Comité de Honor integrado por aquellas personalidades que ostentan la más alta representación y responsabilidad en las distintas entidades y áreas de gobierno vinculadas a la temática del congreso. Paralelamente se está gestionando la realización de la primera reunión del DIRCAIBEA que pretende reunir a ministros, secretarios o directores de carreteras de Ibero Latinoamérica en un foro de acuerdos para el sector viario a llevarse a cabo luego de la sesión inaugural del congreso.

Para los que preferimos participar del congreso en forma presencial, la sede del mismo será el magnífico Palacio de Congresos de Granada que con su privilegiada ubicación, sus instalaciones e infraestructura permitirá desarrollar todas las actividades previstas con la comodidad y calidad requerida para este evento internacional. Más allá de ello, el Palacio cuenta con los espacios necesarios en donde se desarrollará la muestra comercial y la exhibición de maquinarias viales.

Para aquellos que no puedan acompañarnos personalmente, el Congreso también contará con la posibilidad de participación digital y virtual a través de la incorporación de herramientas digitales y recursos virtuales de manera de crear una audiencia global y funciones interactivas con notificaciones en tiempo real sobre actividades y el desarrollo del programa técnico para los que participen presencialmente.

Sin lugar a dudas Granada es una de las más bellas ciudades del mundo, con una historia que ha posibilitado el cruce y mezcla de diversas culturas de la antigüedad pero que en la actualidad se ha convertido en una ciudad moderna, dinámica y con una notable actividad universitaria haciéndola un destino de evidente interés cultural y turístico con infinitas posibilidades para la celebración de este XXII CILA.

Nos esperan días ajetreados de actividades intensas, agendas técnicas nutridas, programas culturales y sociales que seguramente nos quitarán horas de descanso. Sin embargo, serán vividas con alegría, porque mucho más allá de lo que el CILA representa como uno de los eventos técnicos de mayor importancia a nivel mundial en lo que se refiere al uso de lo ligantes asfálticos y sus aplicaciones, es la oportunidad que nos brinda periódicamente de volver a encontrarnos con colegas y amigos.

Abril ya está a la vuelta de la esquina. Muchos de nosotros ya hemos sido seducidos por el espíritu del CILA y personalmente puedo asegurar con bastante autoridad, que se trata de una experiencia muy halagadora. Por ello los invito muy afectuosamente a sumarse como un "cilero" más a partir del 22 de abril de 2024 en el XXII CILA de Granada.

Pequeña historia de medio siglo de evolución de la maquinaria de extendido de aglomerado asfáltico en España

Jacinto Luis García Santiago

jacintoluisgs@gmail.com

Este artículo examina la evolución de los equipos de extendido de mezclas asfálticas a lo largo de los últimos 50 años, desde 1974 en que se creó ASEFMA.
Como se irá viendo, la evolución ha sido enorme. Partiendo de unos equipos que incorporaban muy poca tecnología y precisaban una gran experiencia de sus operadores para obtener buenos resultados se ha llegado a la situación actual, en que la sensorización, digitalización y automatización es omnipresente y gobierna gran parte del proceso de puesta en obra de una capa asfáltica.
Como coincide que en ese año terminé la carrera de Ingeniero de Caminos, será también un recorrido basado, en gran parte, en recuerdos profesionales de lo que he ido viendo desde la década de los 70s hasta hoy. En todo caso, dar un repaso a ese medio siglo y poder resumirlo en un artículo implica que tenga que ser un vistazo superficial

Palabras Clave: Extendido, asfalto, puesta en obra, evolución, cincuentenario

This article describes the evolution of asphalt paving equipment over the last 50 years, since 1974 when ASEFMA was created.
As will be seen, there has been a great evolution. In the 70s, the equipment had very little technology, and its operators needed great experience to obtain good results. However, currently, digitalization and automation is the usual and is what governs a large part of the process of asphalt laying operation.
Since I finished my engineering degree in the same year, 1974, this report is also based on my professional memories of what I have seen from the 70s to today. In any case, reviewing that half century and being able to summarize it in an article implies that it is a superficial review.

Keywords: Asphalt laying, asphalt paving, evolution

En este 2024 ASEFMA celebra el cincuentenario de su constitución, allá por un 7 de marzo de 1974. Su andadura comienza, por una curiosa coincidencia en el tiempo, en el mismo año en que terminé la carrera de Ingeniero de Caminos en la Escuela de Madrid. Podría decirse que, en lo profesional, hemos recorrido caminos paralelos.

Este artículo pretende describir lo más significativo de la profunda evolución registrada en los equipos de extendido de asfalto a lo largo de ese medio siglo de vida de ASEFMA, período en el que han experimentado importantísimos avances y evoluciones tecnológicas que han mejorado su eficiencia, precisión y rendimiento.

Por la coincidencia citada, también será un recorrido basado, en gran parte, en mis recuerdos profesionales, en lo que he ido viendo desde la década de los 70s hasta hoy.

En cualquier caso, dar un repaso a ese medio siglo y poder resumirlo en la extensión razonable de un artículo implica que tenga que ser un vistazo superficial y haya que dejar de lado algunos desarrollos de la maquinaria de puesta en obra del aglomerado asfáltico.

Pequeña historia de medio siglo de evolución de la maquinaria de extendido de aglomerado asfáltico en España

1. ¿DE DÓNDE PARTIMOS?

Para seguir la evolución de la maquinaria de puesta en obra de mezclas asfálticas, habría que tener claro el punto de partida, es decir cuál era el estado del arte en los 70, en cuanto a equipos y su aplicación.



Figura 1. MOPU 1978

Esa situación la recoge muy bien un documento de 1978, conocido en su día como "Libro *Azul*" del MOPU [1], extinto y cuyo original es difícil de encontrar hoy día, aunque internet posibilita encontrar alguna copia escaneada.

Para mí es un libro icónico, con un estupendo y gran contenido qué refleja muy detalladamente las técnicas empleadas en la pavimentación en los años 70.

2. EVOLUCIONES DEL EQUIPO CLAVE, LA EXTENDEDORA.

Aunque la filosofía conceptual de este equipo se mantiene inalterada desde su aparición en 1934, hace ya cerca de un siglo, con el revolucionario concepto de regla flotante, en estos últimos cinco lustros se han registrado enormes avances en sus capacidades, en los sistemas de control y en la automatización de su operación.

Empezamos examinando la típica extendedora de los 70s, cómo esta Barber Greene (Figura 2), que fue la primera que yo conocí en mis inicios y que es muy representativa del equipamiento utilizado en el extendido de mezclas en los inicios de aquella década.



Figura 2. Barber Greene SA 45

Eran aún muy mecánicas, aunque ya se estaban empezando a comercializar extendedoras con transmisión hidrostática. La regla tenía extensiones fijas y su capacidad de precompactación era muy débil.

Sin embargo, hay que destacar que ya incorporaban un gran avance: la nivelación automática, desarrollada por Barber Greene en la década anterior.

En estas extendedoras era todo muy manual, poco o nada automatizadas, con muy pocas ayudas tecnológicas. Por ello, la expertise del personal tenía que ser necesariamente muy alta, con un nivel de exigencia mayor que el actual, en el que la tecnología supone una enorme ayuda.

A continuación se irá viendo cómo fueron evolucionando cada uno de los sistemas clave que incorporan las extendedoras.

2.1. Sistema de recepción de mezcla y alimentación a la regla

En las extendedoras de los 70, los rodillos de empuje para la descarga del camión estaban fijados a la extendedora, lo que hacía que cualquier golpe dado a ésta por los camiones se reflejase en la capa, dejando en ella marcas o indentaciones de regla, agravadas por el alto esponjamiento que tenía a la salida de la regla, y que eran difíciles de eliminar, posteriormente, con la compactación. Actualmente, los efectos de un eventual golpe se minimizan al integrarse los rodillos en un mecanismo antigolpeo, provisto de amortiguadores. (Figura 3.).



Figura 3. Rodillos de empuje.

En cuanto a la distribución de mezcla delante de la regla, en los 70s se mantenía un nivel uniforme de la misma en los sinfines de reparto mediante un control manual de cada lado de la alimentación desde la tolva, lo que requería una atención permanente. Esto evolucionó a una alimentación automática, que sólo precisa una supervisión muy ligera, al disponerse sensores en la descarga de bandejas y en el extremo de túnel. Sensores, que primero fueron mecánicos y luego de tipo ultrasónico. (Figura 4).

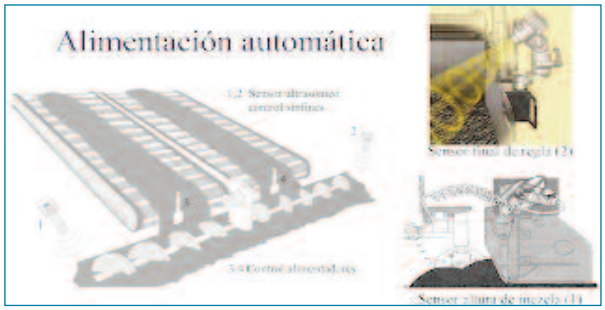


Figura 4. Alimentación automática.

Eran frecuentes los derrames de mezcla delante de la tolva en la maniobra de elevación de alas al salir el camión, debidos al deterioro que sufrían los retenedores frontales de goma. Actualmente se evitan esos derrames disponiendo la parte delantera de la tolva elevable, sincronizada con la elevación de alas. (Figura 5).



Figura 5. Retenedores frontales de tolva.

2.2. Anchura de extendido.

La anchura del extendido podía ampliarse acoplando a la regla base de la extendedora, típicamente de 2,50 m, módulos de extensiones fijas, aunque era una labor que requería bastante tiempo y haber dejado enfriar la regla.

A principio de los 70 la capacidad de producción de las plantas era relativamente pequeña, adaptada a los acondicionamientos del plan REDIA, por ejemplo, que se solían ejecutar por medias calzadas. Eran muy comunes plantas con capacidades entre 80 y 120 t/h.

Por ello, a las extendedoras se le pedían anchuras de regla moderadas, que raramente superaban los 5 m, pudiendo llegar hasta anchos de 7 m, siempre con adición de extensiones fijas a la regla base, que era de 2.50 m en esos casos. (Figura 6)



Figura 6. Anchuras tipo de Barber Greene.

Pero conforme fue aumentando la capacidad de las plantas, también creció la posibilidad de aumentar anchura de extendido, para simplificar la operación y eliminar los riesgos de juntas longitudinales, sustituyendo los extendidos en calles adyacentes, ya fuesen en escalón con junta en caliente o por calles sucesivas con junta fría, por un extendido único, de más anchura. (Figura 7).



Figura 7. Extendidos a ancho completo.

A partir de los 7 u 8 metros, los mayores esfuerzos creados, tanto para mantener la planeidad frente a las tensiones térmicas y esfuerzo de precompactación de la regla como por las debidas a la reacción de mezcla delante de la regla frente a su avance, obligan a un refuerzo estructural con celosías tubulares. así como atirantamientos en la prolongación del túnel (Figura 8).

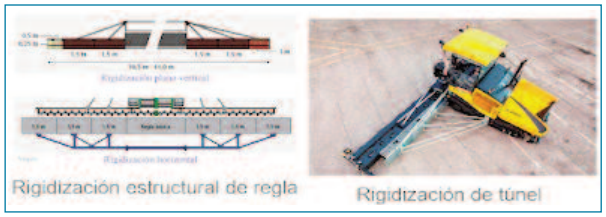


Figura 8. Extensiones fijas.

De este modo creció enormemente la anchura máxima de extendido. Actualmente se llega con ancho base de 2,50 hasta los 12 metros, siendo casi un estándar desde las autovías de los 90 la regla de 10,50 u 11 metros. (Figura 9). Con regla base de 3 metros se llega hasta los 16 metros.



Figura 9.

En los 90 se produjo una gran innovación, que fue la aparición de las reglas extensibles con accionamiento hidráulico, que simplificó enormemente la operación de cambios de anchura durante la operación de extendido, pudiendo modificarse sobre la marcha, sin las grandes paralizaciones a que obligaban las reglas anteriores con extensiones fijas. (Figura 10).

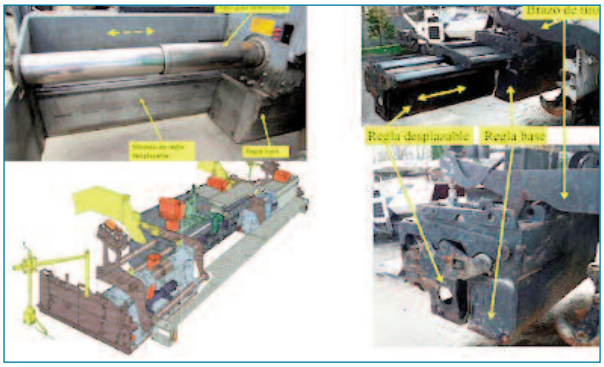


Figura 10. Reglas extensibles.

La regla se puede abrir hasta el doble del ancho básico. Con extensiones se llega hasta los 10 metros de ancho cuando el ancho base es de 3 metros. (Figura 11).



Figura 11. Ejemplo de modulaciones en regla extensible.

Sin embargo, las reglas extensibles presentan algunos problemas, bastante típicos. Uno es que la facilidad de extensión de la regla puede llevar a aperturas excesivas sin la correspondiente prolongación del túnel y los sinfines, dando lugar a una segregación en banda en el borde. (Figura 12).

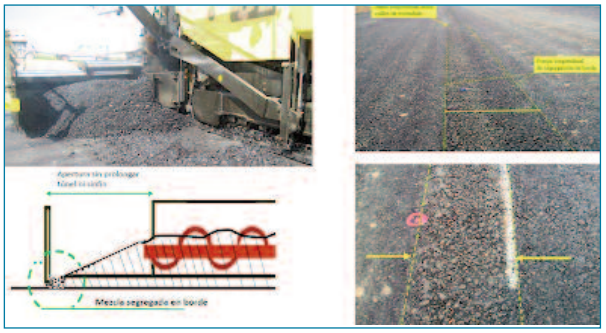


Figura 12. Segregación de borde por apertura excesiva de regla.

Otro problema con las reglas extensibles es el de la aparición de marcas o líneas de segregación longitudi-

nales en la capa, en correspondencia con los solapes de extensiones. No obstante, hay soluciones de reglas extensibles que las eliminan totalmente, como son las reglas con extensiones móviles frontales en vez de traseras (Figura 13), pero este tipo no está entre los modelos que normalmente se ofertan en España.

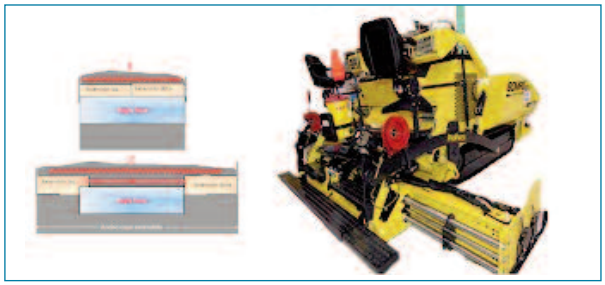


Figura 13. Regla extensible con extensiones frontales.

También han ido apareciendo pequeñas extendedoras que actualmente cubren una amplia gama de necesidades de bandas de extendido de reducida anchura, desde los 15 cm. (Figura 14).



Figura 14. Extendedoras para anchos reducidos.

Por tanto, se dispone hoy día de maquinaria para anchos de extendido entre 15 cm y 16 m., en contraste con aquellos 7 m de ancho máximo de los 70s.

2.3. La precompactación de la regla

Otro aspecto en el que ha habido cambios significativos es el de la capacidad de precompactación dada por la regla, que en las de los 70s era muy limitada, pues sólo se disponía de támper oscilante delante de la maestra y de vibración. (Figura 15).

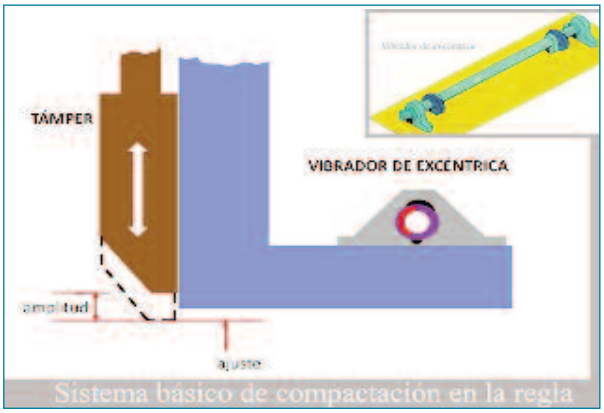


Figura 15.

Por ello, los esponjamientos eran altos, del orden del 20% o más, con lo que la densidad inicial era muy baja y la superficie de la capa muy susceptible a toques a la regla o a la acción de los rodillos, que podían deformar su perfil, especialmente en capas gruesas.

En los 80s aparecieron las denominadas Reglas de Alta Compactación, primero las equipadas con doble támper, seguidas más tarde por las que incorporaban barras de presión. (Figura 16)

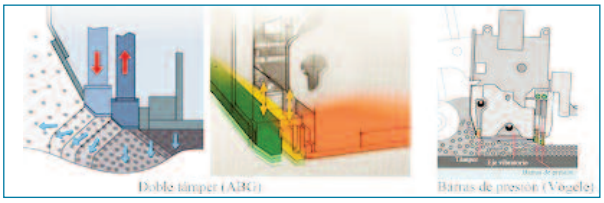


Figura 16. Reglas de Alta Compactación.

Su empleo, inicialmente mayoritario en capas de grueso espesor con alto esponjamiento, como las de suelo cemento, se fue ampliando a las asfálticas, suponiendo un gran avance al poder aumentar espesores de capas asfálticas sin comprometer la regularidad superficial.

Asimismo, resultan muy útiles con climatología desfavorable, pues es posible maximizar la densidad a la salida de regla hasta valores próximos a la requerida, reduciendo la influencia del enfriamiento de la mezcla.

También presentan ventajas para mejora de la regularidad superficial cuando el espesor de la capa extendida no es constante. El empleo de las Reglas de Alta Compactación incluso permite eliminar o reducir capas de la regularización del perfil. (Figura17).

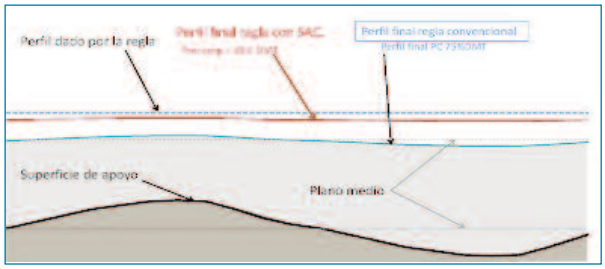


Figura 17. Perfiles de extendido y tras compactación.

2.4. El sistema de nivelación de la capa

Un sistema clave, diría que el más importante, de las extendedoras es el de nivelación de la capa, en el que han ido apareciendo cambios radicales en estas últimas cinco décadas.

Tras la genial invención a mediados de los años 30 de la extendedora con el principio de la regla flotante por Barber Greene, esta misma firma desarrolló en los 60s el sistema de nivelación automática para ajustarse a una rasante física predefinida, ya fuese la de una capa a copiar (subyacente o adyacente), un bordillo, o la dada por un cable nivelado. Un sistema hidráulico variaba la altura del punto de anclaje de los brazos de tiro de la regla, variando así el ángulo de ataque de ésta.(Figura 18).



Figura 18. Sistema de nivelación automática.

Se basaba en una biela articulada en forma de patín que detectaba por contacto la referencia física a seguir y cuyo movimiento, al elevarse o descender, cerraba los circuitos eléctricos que daban la señal correspondiente al sistema hidráulico antes citado. (Figura 19).

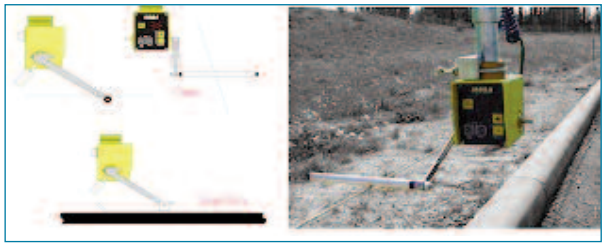


Figura 19. Patín mecánico para toma de dato de rasante.

No obstante, era práctica habitual no emplearlo en capas como la de rodadura, que se solía hacer a espesor constante, "plancha fija" en el argot de obra.

Con idea de eliminar los inconvenientes ligados al empleo del cable y poder apoyarse en la capa de apoyo laminando sus irregularidades se fueron introduciendo elementos que las promediaban o no eran sensibles a ellas, como las vigas. Era muy común el ski de 9 metros. (Figura 20).



Figura 20. Ski.

Otra alternativa al cable fue la viga flotante de la que toma el dato el sensor mecánico y que es poco sensible a irregularidades de corta longitud de onda. El de la Figura 21 es un equipo de Blaw-Knox adquirido en 1978 y aplicado en un contrato donde yo fui el Jefe de obra.



Figura 21. Blaw-Knox PF-500 con viga flotante.

Con el objetivo de lograr una mejor regularidad superficial se llegó, también con reglas mecánicas, a sistemas más sofisticados, como las largas vigas dobles, por delante y detrás de la regla, que promediaban los datos de rasante de apoyo y perfil extendido. (Figura 22).



Figura 22.

Hacia finales de los 90s se produjo una verdadera primera revolución con la introducción de la tecnología de sensores sin contacto, de ultrasonidos, más sencillos y fiables. Se sustituyeron eficazmente los sensores mecánicos por los de ultrasonidos con las mismas funciones. (Figura 23 y Figura 24).

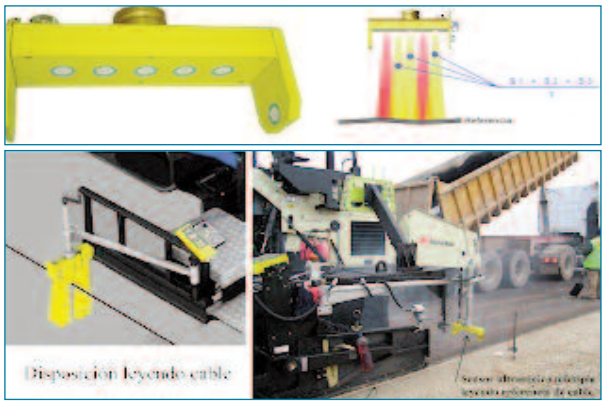


Figura 23. Sensores ultrasónicos. Lectura de cable.

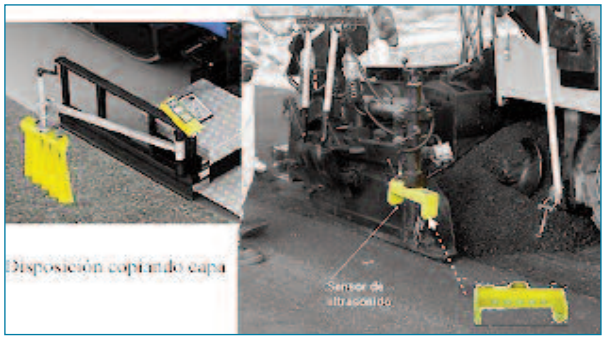


Figura 24. Sensores de ultrasonidos, rasante capa de apoyo.

Sin embargo, la gran evolución no sólo fue pasar de los sensores mecánicos a los de ultrasonidos, sino con éstos a las reglas largas de nivelación, con tres grupos de sensores, dos sobre la superficie a extender que definían la rasante de la capa, y un posterior sobre la capa extendida, con lo que se promediaba la rasante a extender, (Figura 25). Ello supuso un gran avance en los resultados de nivelación.

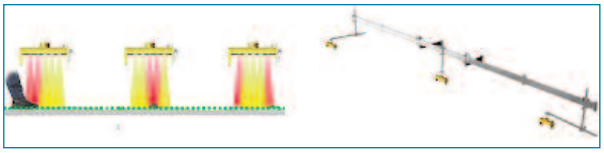


Figura 25. Regla larga de nivelación, sensores ultrasonidos.

En 2001 se empezaron a aplicar en España las primeras vigas largas de promediación. Confieso que la primera vez que uno las veía en operación, había tendencia a dudar que con un soporte (viga telescópica ligera de aluminio), que oscilaba muy temblorosamente, se pudiese definir un perfil con tanta precisión; había que ser racional y creerse que los algoritmos de filtrado conseguían hacerlo. (Figura 26).



Figura 26.

Hoy día, constituyen un equipamiento muy habitual y es muy raro ya ver los sistemas mecánicos tan habituales antes de los 90s.



Figura 27.

Los sistemas de nivelación son un campo en el que las innovaciones son una constante, con una creciente orientación hacia definiciones virtuales o digitalizadas de la superficie a extender. Así, ya en los 90s se empezó a usar un láser rotacional, que definía un plano de referencia. Está indicado su empleo en grandes superficies que respondan a un plano, como aparcamientos, pistas aeropuertos. (Figura 28).

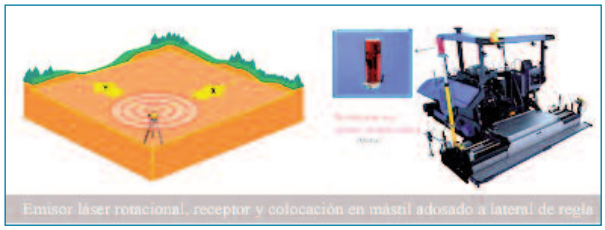


Figura 28. Plano de referencia dado por láser rotacional.

El gran cambio, una segunda revolución, ha venido con la digitalización, comunicación inalámbrica y aplicación de tecnologías 3D y GPS al extendido.

Los sistemas 3D parten de un modelo digital tridimensional de la superficie terminada que se va comparando con las coordenadas xyz de la posición de la regla en cada instante, dada por posicionamiento GPS milimétrico con apoyo, en su caso, de estación total.

Se genera un registro de los datos digitalizados del extendido (nivelación, espesores, avance, etcétera) y su proceso, en tiempo real, se muestra en pantalla en la extendedora y también pueden aparecer en dispositivos de control externo.

Existen varios sistemas. Uno es el mostrado en la Figura 29, con una estación total.



Figura 29.

Otro es el que emplea un láser rotacional, capaz de emitir una zona láser tridimensional que permite al receptor situado en la extendedora determinar su posición y altura, ésta también con precisión milimétrica (Figura 30).



Figura 30.

Las capacidades de los sistemas de nivelación 3D son enormes. Se digitaliza la superficie extendida, cuyos datos pueden pasar con una gestión fácil y simplificada, incluso en tiempo real, al Control de Calidad, al de producción y al sistema de información geográfica para la gestión de explotación del firme y su mantenimiento.

Tiene precisión milimétrica, lo que lo hace especialmente indicado para extendidos con geometría variable, en la que se requiera alta precisión.

La tecnología 3D ya hace posible el guiado automático de la extendedora, actuando sobre la dirección de la misma, sin intervención del operador. (Figura 31).

Esta capacidad es muy interesante y adecuada, en especial en casos de geometría compleja en planta con las correspondientes variaciones de peralte, o los de extendidos en paralelo con geometría muy variada, en los que el guiado 3D es capaz de asegurar que el solape de las dos calles en la junta en caliente sea constante.



Figura 31. Extendido 3D con guiado automatizado.

Y lo que parecería ciencia ficción, pero es real: Extender una capa con un sobreespesor variable para compensar distintos asientos por la compactación en extendidos sobre superficies con perfiles longitudinales irregulares, (Figura 32).

Se evitan así capas previas de regularización o fresados correctivos previos. Se emplean los datos de la superficie de apoyo previamente escaneada y la reducción por la compactación.

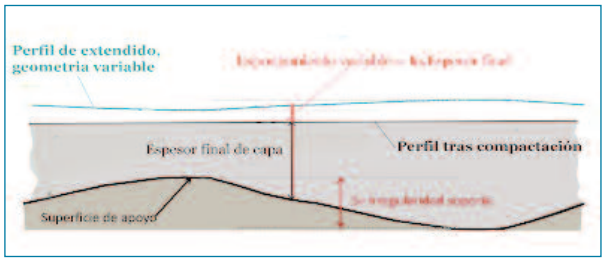


Figura 32. Extendido 3D con sobreespesor variable.

2.5. Extendedoras especiales

Desde los años 70s, se han concebido nuevos sistemas de extendido de mezclas en correspondencia con innovaciones en las extendedoras.

2.5.1 Extendido en doble capa.

Algo impensable con la tecnología disponible en los 70s, es el sistema de *Doble capa*, *Twin layer* o proceso *Hot on ho*t, que permite la puesta en obra simultánea de dos capas de firme, con dos mezclas distintas. Es relativamente reciente, sus comienzos en Alemania datan de 1996 y su expansión y estandarización se produce una década más tarde.

Este método hace viable el extendido de capas muy delgadas de rodadura, asegurando una perfecta adhesión y trabazón con la capa intermedia, sin necesidad de riego de adherencia, y posibilita su compactación en un rango adecuado de temperatura al tener el conjunto de las dos capas mayor inercia térmica. Es resaltable su rapidez de ejecución al colocarse dos capas en una sola operación.

Este método precisa trasvasar la mezcla a las extendedoras por medio de uno o varios equipos de transferencia de mezcla, DTM (ver apdo.5) que alimentan con cada tipo de mezcla a una u otra tolva en la, o las, extendedoras especialmente diseñadas (o con dispositivos específicos) para este propósito y dotadas de regla con sistema de alta compactación (SAC). La primera extendedora tiene un papel fundamental, ya que es la que define la rasante y compactación del conjunto bicapa. Su regla debe lograr en la capa intermedia un nivel muy alto de densificación, por lo que debe estar dotada de un SAC eficiente.



Figura 33. Vista de las dos capas sucesivas (InLine Pave, Vögele).

La primera solución fue desarrollada por la alemana Dynapac (Procedimiento Compactasphalt®) basado en una extendedora especial con doble regla y doble sistema de alimentación (tolva de recepción y distribución a regla). Las reglas llevan sistema de alta compactación y su rango de anchura de extendido está entre 3 y 8.5 m. El sistema de la segunda regla puede ser desmontado, tras lo cual quedaría una extendedora convencional.

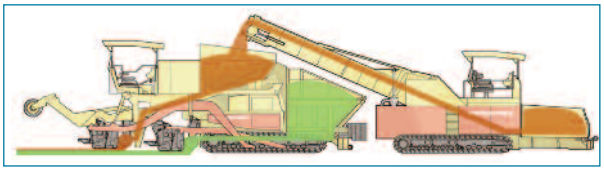


Figura 34. Extendedora con doble regla para doble capa (Dynapac).

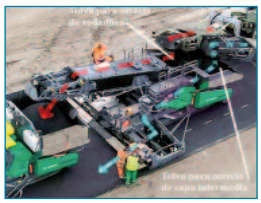
Otra solución, posterior, es la de la también alemana Vögele, que denomina InLine Pave y usa dos extendedoras. La delantera ejecuta la capa intermedia y está provista de doble tolva de recepción para cada una de las mezclas, de modo que la tolva de rodadura alimenta una cinta que trasvasa la mezcla a la extendedora trasera. Ese

módulo de recepción y transferencia de la mezcla de rodadura es desmontable; una vez retirado queda una extendedora convencional (Figura 35).

La solución común emplea tres máquinas, dos extendedoras y un sólo DTM que transfiere alternativamente cada mezcla a la correspondiente tolva de la primera extendedora. También se aplica el procedimiento con dos DTM en paralelo, uno para cada mezcla, (Figura 35).



Proceso InLine con cuatro máquinas, un DTM para cada mezcla.



La extendedora con doble tolva y transferencia de mezcla de rodadura a extendedora posterior.



Aplicación con dos DTM, uno para cada mezcla.

Figura 35. Procedimiento In Line de Vögele.

2.5.2 Extendido en doble capa.

Extendedoras de regla flotante. Algunos fabricantes de extendedoras ofrecen la posibilidad de dar una forma poligonal o parabólica a la sección transversal, conformando una regla especial mediante módulos articulados de pequeña longitud.

En la Figura 36 se muestra una de estas extendedoras con regla parabólica ejecutando la calle del lado exterior de la curva de un circuito de pruebas y una vista inferior de la segmentación, en este caso 8 módulos de 50 cm.



(Fuente: Rieth-Riley RF 5.13)



(Vögele)

Figura 36. Regla multisegmento de perfil parabólico.

Extendedoras con regla fija (bridge paver). Otra solución, muy distinta a la anterior y que se emplea cuando los peraltes son más acusados (hasta el entorno de los 50º), es la basada en el mismo principio usado por los equipos de puesta en obra de hormigón para revestimiento de canales. En ellos, la regla o maestra se fija a una estructura o puente que se apoya en cada extremo mediante un sistema de cuatro gatos hidráulicos, sobre sendos trenes rodantes de orugas. (Figura 37).



Figura 37. Extendedora con regla fija (allconsSeries_PA7000)

La alimentación de mezcla se realiza por uno de los extremos; un sistema de distribución en el interior de la estructura la reparte de modo uniforme por delante de la maestra. El sistema de nivelación actúa sobre el sistema hidráulico que la soporta, usando referencia física como un cable nivelado, o una referencia virtual como láser o 3D. Algún fabricante ofrece precisión milimétrica, por lo que es una solución que también se ha aplicado en pistas de alta velocidad, en especial con peraltes por encima de los 30º.

2.6. Nuevas tendencias en planta motriz

La creciente preocupación por la reducción de emisiones empieza a llevar a soluciones de propulsión eléctrica también en las extendedoras, por sus ventajas en reducción de ruido y ser cero emisiones en su aplicación en entornos urbanos, sensibles o con estrictas normas de emisiones.

A principios de 2022 la empresa holandesa BAM Infra Nederland fue pionera transformando una extendedora Vögele 1800 a eléctrica con una batería de 270 Kwh.

Este camino fue seguido por los fabricantes. Así, LeeBoy ha presentado en 2023 la 8520C E-Paver, con 150 Kw de potencia y regla extensible a 4.5m. Dynapac ofrece otra extendedora para el ámbito urbano con cero emisiones, la SD1800We.

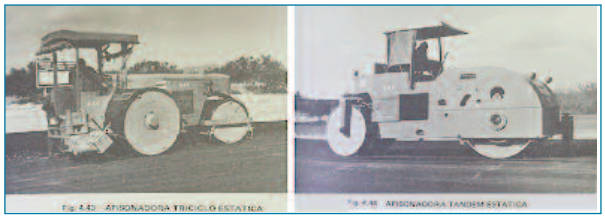
También la potencia eléctrica ha llegado a las extendedoras en pequeño ancho, como la F175eco, de la italiana CM o las MINI 500e de Vögele.



Figura 38. Extendedoras eléctricas

3. MAQUINARIA PARA COMPACTACIÓN DE LA CAPA

Como vemos en las imágenes de la Figura 39, tomadas del citado "*Libro Azul*" [1], la compactación solía ser con rodillos metálicos estáticos, triciclos o tándem, y neumáticos. Un sistema muy usado era el de neumáticos en cabeza, con baja presión, con un efecto de amasado; adecuado en mezclas tiernas, relativamente frecuentes.



Compactadores metálicos, triciclo y tándem



Figura 39. Compactadores de los 70s.

Había ya un inicio, yo diría que un balbuceo, de la compactación vibrante, empezada con rodillos mixtos. (Figura 40).



Figura 40.

La compactación con vibración supuso un enorme paso adelante en la capacidad de densificación de las capas asfálticas, incluso con mezclas y condiciones difíciles.

Del empleo de la vibración recuerdo escuchar, incluso todavía a principios de los 80s, ciertas reticencias, relacionadas con aparición de rizaduras en la capa. Así, en una obra en que teníamos serios problemas para conseguir la densidad con empleo de compactadores estáticos, al indicar la conveniencia de adquirir equipos vibrantes, se solía contraargumentar con ese supuesto problema de rizaduras.

Las rizaduras aludidas se deberían a algún caso de mal empleo, excesiva velocidad para la frecuencia aplicada, de modo que el espaciamiento entre impactos del cilindro (que no debe ser mayor de 3 cm), resultó excesivo. Pero predominaba una opinión basada en resultados insatisfactorios, sin indagar la causa. (Figura 41).

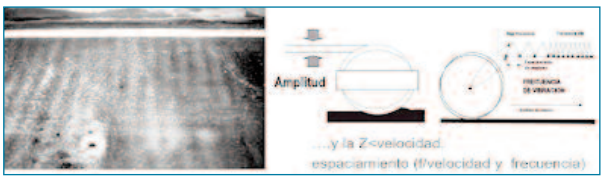


Figura 41. Rizaduras y parámetros de compactación vibrante.

Por fin, a principios de los 80, pude disfrutar y apreciar el gran salto que suponían los compactadores vibrantes, iniciado con un rodillo mixto y luego con tándems vibrantes, como el de la foto de la Figura 42.



Figura 42. Tándem vibrante

Con ellos, las mezclas derivadas de lo que podríamos llamar "bandazo antirroderas", del PG-3/75, el "*Libro Rojo*", [2], no precisamente fáciles de compactar, no ofrecieron ninguna dificultad. Y, sin ningún problema de rizaduras.

Solían usarse los compactadores de neumáticos detrás de los vibratorios, con alta presión para cerrar microfisuras los compactadores de neumáticos detrás, con alta presión, para cerrar microfisuras superficiales, aspecto que solventó el siguiente paso innovador: la vibración oscilante u orientada

La orientación de la vibración pasa de ser de impactos verticales a tener inclinación variable con un efecto de amasado horizontal, menos agresiva con el entorno y muy útil en entornos sensibles. El poder variar la orientación de la vibración entre vertical y horizontal, lo que se llama vibración orientada, permite adaptarse a los requerimientos de la capa. Es un factor clave en la compactación inteligente que vemos a continuación. (Figura 43).

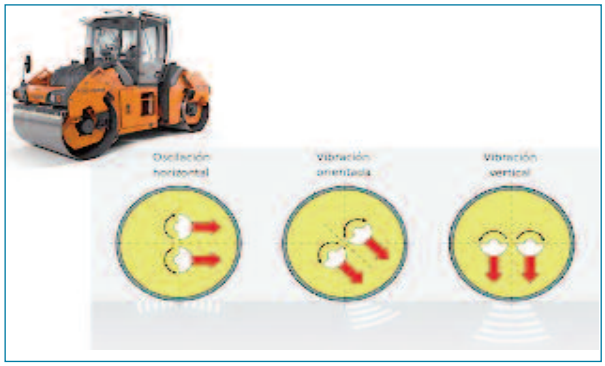


Figura 43. Vibración oscilante u orientada.

3.1 La compactación inteligente

El enfoque actual de la compactación de capas de mezclas bituminosas es la denominada Compactación Inteligente.

¿Cuál fue el origen que impulsó este avance? El operador del rodillo se puede encontrar con superficies cómo las de las fotos de la Figura 44, en las cuales no hay marcas visibles de por donde ha pasado, de cuántas veces ha pasado y, mucho menos, de con qué temperatura de capa ha pasado. Se enfrenta a una superficie uniforme y monótona, donde debe realizar maniobras repetitivas y también monótonas.



Figura 44. Aspecto de la superficie en la compactación.

¿Es posible suponer que sigue exactamente el Plan de Compactación? ¿Que se dá, en todos y cada uno de los puntos de esa superficie, el número de pasadas y en el rango de temperatura predeterminado? Pues, a pesar de que había, y hay, una relativa tranquilidad al respecto y una creencia generalizada de que así ocurre, la realidad es que no, que es una suposición excesivamente optimista, frecuentemente alejada de la realidad.

Cuando se dotó de un GPS al compactador para registrar el número de pasadas y su distribución, se ha mostrado en numerosos estudios que la uniformidad de pasadas es una auténtica utopía, que hay áreas sobrecompactadas y otras con menos de las necesarias. (Figura 45).

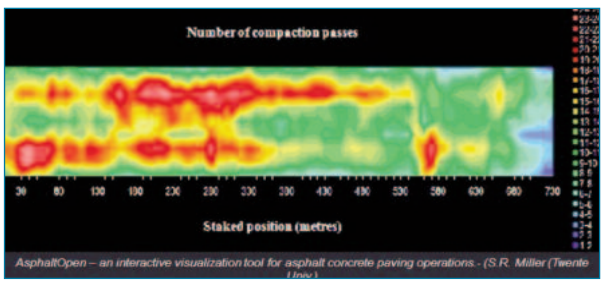


Figura 45. Distribución de pases de rodillo [Miller.Twente Un.]

Ello dio lugar a un primer paso, incorporar unas pantallas de ayuda al operador, que le mostrasen en tiempo real un mapa de pasadas, de forma que pudiese repartirlas de modo uniforme. (Figura 46).

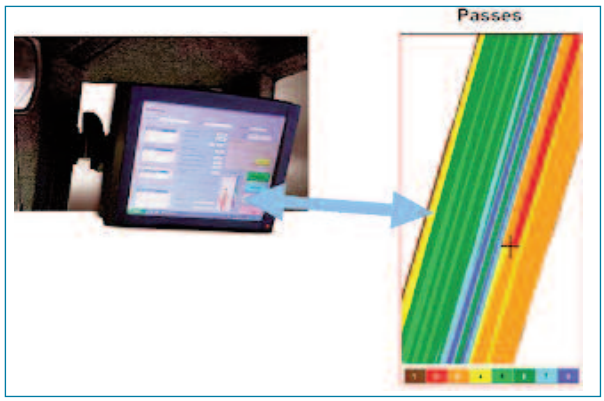


Figura 46.

Esto ha sido el origen de la llamada Compactación Inteligente, ya en los albores del Siglo XX, incorporando al rodillo sensores de temperatura superficial y, especialmente, unos acelerómetros que registran la respuesta de la capa frente a la vibración, el rebote, correlacionable con la densidad. (Figura 47).



Figura 47. Compactación Inteligente- Asphalt Manager. Bomag.

Registran esa respuesta de la capa, indicador de la densidad, junto con las pasadas y las temperaturas superficiales. Todos estos datos quedan georreferenciados.

Además, junto con la vibración oscilatoria, el sistema puede automatizar completamente los parámetros de la compactación (frecuencia, amplitud y orientación de la vibración), quedando únicamente a cargo del operador el guiado del rodillo.Pero la compactación inteligente ha ido un paso más allá. Se pueden interconectar equipos con una red local, de modo que comparten datos y se tiene el estado de compactación de cada punto de la capa, lo que puede ser controlado externamente para control de calidad control de producción etcétera con una Tablet, un PC, etcétera. (Figura 48).

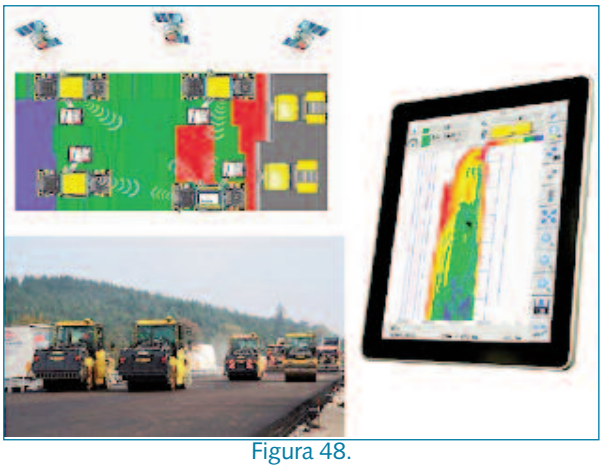


Figura 48.

El estado final de compactación de la totalidad de la capa, totalmente digitalizado y georreferenciado, se puede tomar como un registro de calidad, siendo otro componente de la progresiva digitalización de las operaciones de puesta en obra del aglomerado asfáltico, el Asfalto 4.0.

Y este sí se puede considerar el mayor avance en el estado del arte de la compactación de capas asfálticas y en el modo de asegurar la calidad final uniforme de la mismas, dejando en una Edad de Piedra a las tecnologías disponibles hace medio siglo.

3.2 Últimas tendencias: Recuperación de energía y reducción de emisiones, compactación autónoma

Ya se ofrecen máquinas con recuperación de energía de las frenadas y su aplicación en las aceleraciones, tanto en equipos híbridos con recuperación de energía con sistema hidráulico como con plantas motrices eléctricas. Los eléctricos presentan las ventajas de bajo ruido, especialmente en zonas urbanas, y de cero emisiones, para su empleo en entornos sensibles o urbanos con estrictas normas de emisiones.

Ya hay equipos ligeros orientados a pequeñas obras de reparación, con autonomía para una jornada de tra-

bajo, como el CC900E de 1.6 t de Dynapac de la foto, los de Amman (ARX26e de 2.6 t), de Bomag (BW 100 AD E de 2.6 t), de Volvo (CE DD25 de 2.8t), la gama de Hamm con pesos desde 1,6 toneladas hasta 4,8 toneladas, etc.



Figura 49. Compactador eléctrico CC900E de Dynapac.

Como un paso más allá de la Compactación Inteligente, las tecnologías de posicionamiento, sensorización e IA para identificación de objetos y personas del entorno, hacen ya posible la compactación autónoma, sin operador; de hecho ya diversos prototipos han superado la fase experimental, como el ROBOMAG de BOMAG (Figura 50).



Figura 50. Compactador autónomo ROBOMAG BW154.

4. NUEVAS EXIGENCIAS EN LA CAPA Y RESPUESTA CON NUEVOS EQUIPOS: LOS DTM

A partir de los 80s aparecen nuevas o más estrictas exigencias al extendido, como ocurrió con las de su regularidad superficial inicial, al establecerse el IRI como parámetro y ser posible medirlo con equipos de respuesta de alto rendimiento.

Aparecieron estudios que lo relacionaban con la durabilidad de los firmes y menores costes de conservación. (Figura 51).

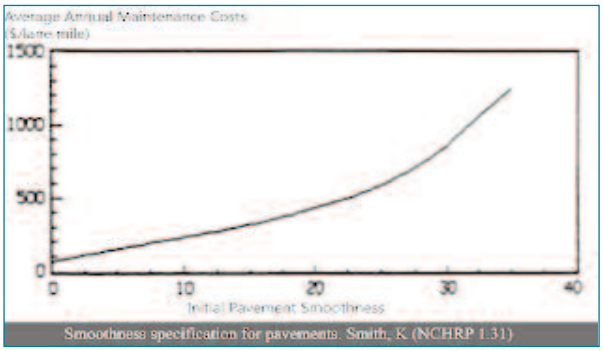
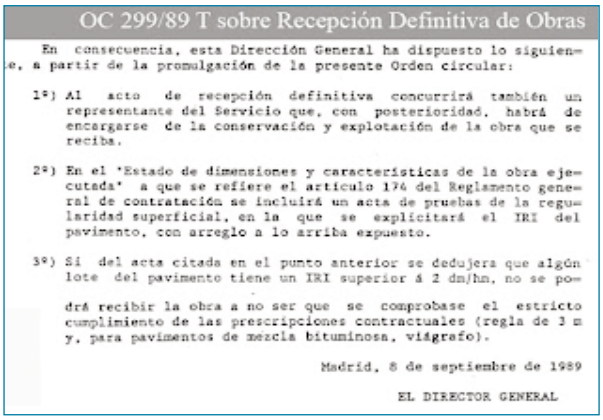


Figura 51.

En España, se consagra el IRI, abandonando la regla de 3 metros (yo nunca llegué a verla), y aparecen nuevos y más estrictos criterios de recepción.

La Orden Circular 299/89 T supuso un cierto sudor frío a los constructores, pues era una espada de Damocles sobre la recepción de la obra y aún no disponíamos de referencias de valores usuales en nuestras obras.



OC 299/89 T sobre Recepción Definitiva de Obras

En consecuencia, esta Dirección General ha dispuesto lo siguiente, a partir de la promulgación de la presente Orden circular:

1º) Al acto de recepción definitiva concurrirá también un representante del Servicio que, con posterioridad, habrá de encargarse de la conservación y explotación de la obra que se reciba.

2º) En el 'Estado de dimensiones y características de la obra ejecutada' a que se refiere el artículo 176 del Reglamento general de contratación se incluirá un acta de pruebas de la regularidad superficial, en la que se explicitará el IRI del pavimento, con arreglo a lo arriba expuesto.

3º) Si del acta citada en el punto anterior se dedujera que algún lote del pavimento tiene un IRI superior á 2 dm/hm, no se podrá recibir la obra a no ser que se comprobase el estricto cumplimiento de las prescripciones contractuales (regla de 3 m y, para pavimentos de mezcla bituminosa, vidgrafo).

Madrid, 8 de septiembre de 1989

EL DIRECTOR GENERAL

Figura 52. OC 299/89T.

No quedaba otra que tratar de mejorar la Regularidad Superficial con una estricta observancia de buenas prácticas, como evitar paradas, maximizar la precompactación de la regla empleando reglas de Alta compactación, y utilizar los mejores sistemas de nivelación.

Mientras, en Estados Unidos, más pragmáticos, pensaron que era mejor repartir anticipadamente esos potenciales ahorros de costes de conservación, lo que les llevó a bonificar nuevos logros en el IRI.

Ello impulsó un espectacular desarrollo de los equipos de transferencia de mezcla (DTM), concebidos para un avance continuo de la extendedora, evitar la problemática de la entrada salida del camión y toques a la extendedora. (Figura 53).



Figura 53. Equipos de transferencia de mezcla (DTM).

4.1 Equipos de transferencia rehomogeneizadores

En particular, uno de ellos (Figura 53 inferior, derecha) tenía dos interesantes características: Capacidad de almacenamiento de mezcla, que le convertía en un silo móvil capaz de evitar paradas de extendedora, y una eficaz capacidad de remezclado de mezcla, eliminando todo tipo de segregaciones.

Al autor de estas líneas, las segregaciones eran un

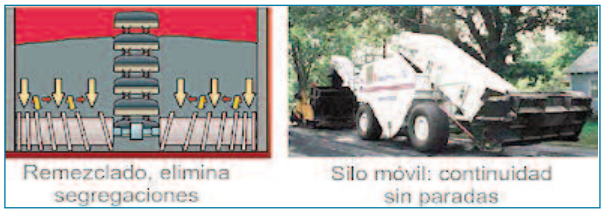


Figura 54. Silo móvil remezclador de transferencia de mezcla. (DRM) ROADTEC .

problema que le enervaba, máxime viendo que muchas correspondían a prácticas corregibles, sin coste, y así llevaba un tiempo implantando las que las evitaban y controlando que se aplicasen correctamente.

Por ejemplo, segregaciones tan típicas y frecuentes como las cíclicas de finales de camión, atribuidas hasta entonces a segregaciones en la descarga del camión, como en el vaciado de tolva tras la misma. Así se pensaba que se originaban segregaciones en V como las de la Figura 55.



Figura 55.

Pero, entonces, digamos que algunos nos caímos del caballo al conocer una nueva visión de ese problema. Nunca mejor dicho lo de nueva visión, la debida al empleo de cámaras de infrarrojos, recogida en diversos estudios de Steve Read y el DOT de Washington [3], con su casi mítica imagen que nos hablaba de algo nuevo, las segregaciones térmicas, quizás intuidas pero nunca evidenciadas, hasta no disponerse de técnicas de visión infrarroja. (Figura 56).

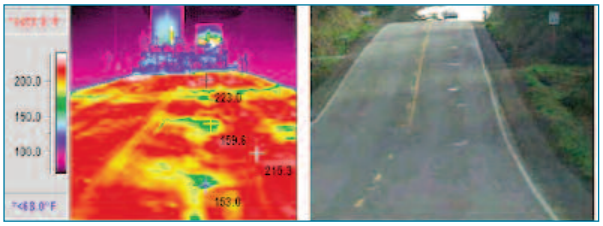


Figura 56. Segregaciones térmicas: Causa-efecto de defectos prematuros [3].

Y se vió que las segregaciones de fin de camión no eran sólo de tipo granulométrico, sino de tipo térmico, como muestran las imágenes de la capa, con la típica segregación en V de fin de camión. (Figura 57)

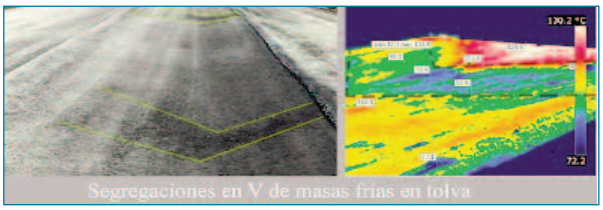


Figura 57.

Además, también supimos que el DRM antes descrito las eliminaba totalmente. Era una solución ideal al problema, pero aquí aún lo veíamos como una meta lejana.

No obstante, a principios de 2005, pudimos disponer de uno, de un tránsfer tipo silo móvil rehomogenei-

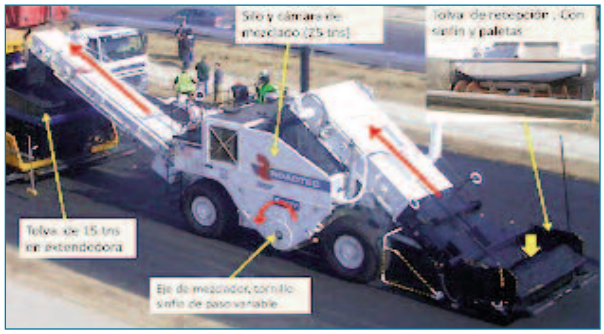


Figura 58. DRM, silo móvil (Roadtec).

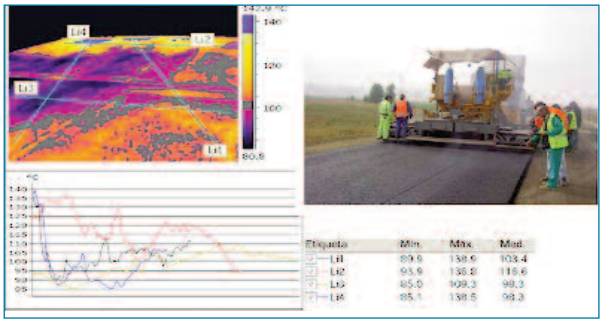


Figura 60. Efectos térmicos de una parada de extendedora.

zador, el no va más en extendido de mezclas, para aplicarlo en muestras obras. En las fotos de la Figura 59, estoy con el Jefe de Maquinaria delante del equipo, en su etapa de exhibición en la feria Simopyc de Zaragoza en marzo de 2005, previa a su aplicación en obra, por primera vez en España, a finales de ese mismo mes, en la Autovia EX-1.



Figura 59. Primera aplicación en España en 2005 de un DRM.

Pero no nos conformamos con ver las ventajas del silo móvil en cuando a evitar paradas de extendedora, aumentar la productividad y evitar las segregaciones de fin de camión, poder hacer sin problema y con continuidad extendidos con fuerte pendiente transversal, en rotondas, con descargas esviadas, etc.

A la vez quisimos investigar cuáles eran las ventajas reales en la calidad de la capa y la influencia de las Segregaciones térmicas en sus densidades y en su durabilidad. Se hizo un convenio con el CEDEX, para llevar a cabo un estudio que incluía la aplicación pionera en España de cámaras de infrarrojos. A este estudio se le dio difusión en diversas Jornadas demostrativas y en comunicaciones a revistas y congresos. [4]

El tránsfer hacia sumamente fácil conseguir no sólo la regularidad superficial especificada, sino bajar enormemente los valores de IRI. Y un escenario homogéneo de mezcla y sus temperaturas en la capa facilitaba que fuesen homogéneas las densidades.

Como consecuencia, se incorporó a la normativa el empleo de los equipos de transferencia.

La problemática de las segregaciones térmicas, su relación directa con los déficits y falta de uniformidad de las densidades y su control y eliminación, ha llevado a un desarrollo de elementos de detección y control más eficientes, culminando en el **escáner térmico** que muestrea la totalidad de la capa, tomando el dato de la temperatura superficial de la mezcla justamente a su salida de la regla [5]. (Figura 61).

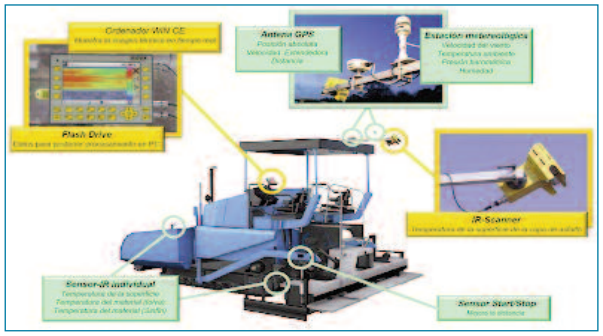


Figura 61. Escáner de infrarrojos

El software asociado al escáner de infrarrojos va integrando las líneas medidas por el escáner, mostrando un mapa del estado de la capa, en tiempo real, al tiempo que registra todos los datos del mismo. (Figura 61 [5])

Algo que ya algún fabricante incorpora, integrando

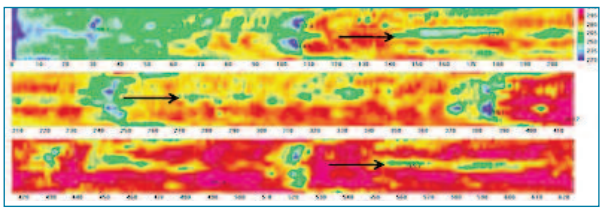


Figura 61. Mapa térmico de la capa.

la visualización del mapa en el cuadro de la extendedora. (Figura 62).



Figura 62.Extendedora Vögele.

Como se muestra en la Figura 61, la extendedora puede dotarse con sensores térmicos en la tolva de recepción, que registran la temperatura de la mezcla recibida del camión, y en el túnel delante de la regla. Con todo ello se dispone de un absoluto control, en tiempo real, del estado térmico de la mezcla en el proceso

Estos datos, digitales, están georreferenciados, con lo que, además de poder controlarse, incluso en tiempo real, por el Control de Calidad y el de Producción, pueden integrarse en el sistema de gestión del firme.(Figura 63).

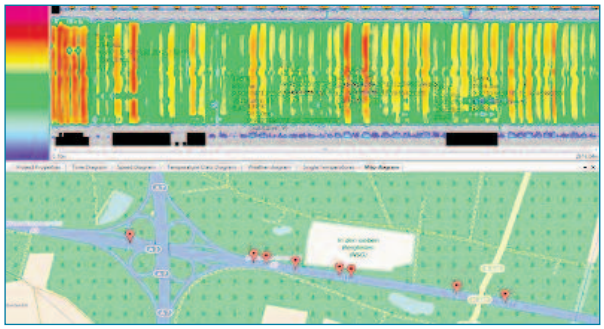


Figura 63.

5. EQUIPOS PARA EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA DE PLANTA AL TAJO

El flujo del transporte debe corresponderse con la capacidad de la planta, tanto para evitar interrupciones de la fabricación cuando no disponen de silo como excesivo tiempo en completar la carga de un camión.

Por ello, en los 70s donde, salvo en instalaciones fijas, predominaban plantas con unas producciones típicas en torno a las 100 t/h, los camiones que solían usarse eran volquetes basculantes de 8-12 t de carga (Figura 64). Pero, ya en los 80s se impusieron los camiones articulados (bañeras) en el transporte, al ser ya usuales las plantas de más de 200 t/h.



Figura 64. Camiones volquete de los 60s-70s.

También es fundamental la continuidad en la llegada de mezcla al tajo, para evitar interrupciones del extendido con paradas de extendedora. Por ello, no sólo debe disponerse suficiente número de camiones, sino una gestión adecuada de la flota, gestión que hoy día se facilita con el seguimiento por GPS de cada camión.

Otra evolución del transporte de mezclas en caliente se refleja en la aparición y creciente empleo de cajas con sección curva, en vez de la típica rectangular, cuyas ventajas son reducir el perímetro de la carga sujeto a enfriamiento y minimizar las segregaciones granulométricas en la descarga a la extendedora, (Figura 65).



Figura 65.

5.1 El aislamiento térmico de los medios de transporte

En las cajas metálicas se produce una fuerte pérdida de calor por radiación al exterior que la típica cubrición de lona no es capaz de evitar y que producen un enfriamiento de la mezcla, más acusado en el contorno, generando segregaciones térmicas. (Figura 66).

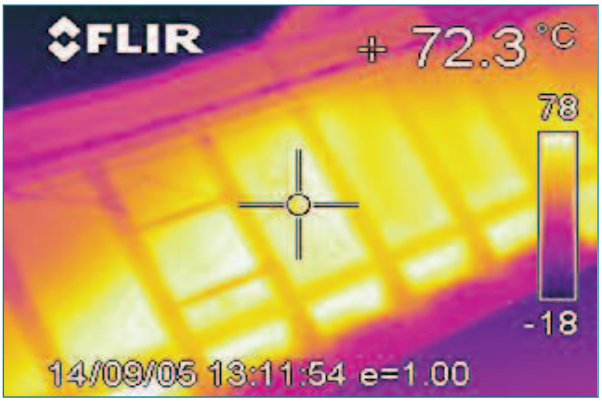
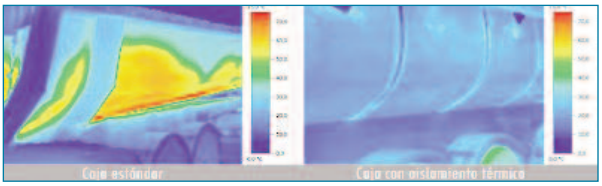


Figura 66. Fuga de calor en caja metálica.

En estos últimos años se ha ido imponiendo (incluso por prescripciones normativas, como en Alemania) eliminar estos enfriamientos en la carga transportada y no tener que fabricar mezcla a más temperatura de la necesaria para compensar esa pérdida de calor. La solución pasa por el empleo de cajas con un aislamiento térmico eficaz.(Figura 67)


Figura 67. Pérdidas de calor en cajas de camión.

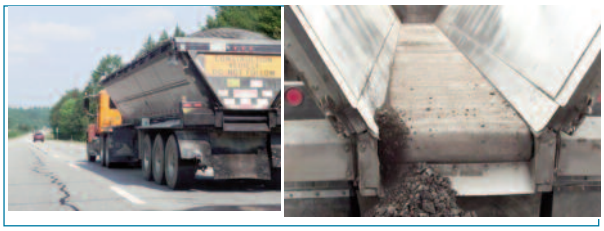
Además, se instrumentan diversos puntos de la caja para registrar las temperaturas de la masa, por lo que se dispone de la evolución de la temperatura hasta la llegada al punto de descarga. (Figura 68).


Figura 68. Aislamiento térmico y control de temperatura.

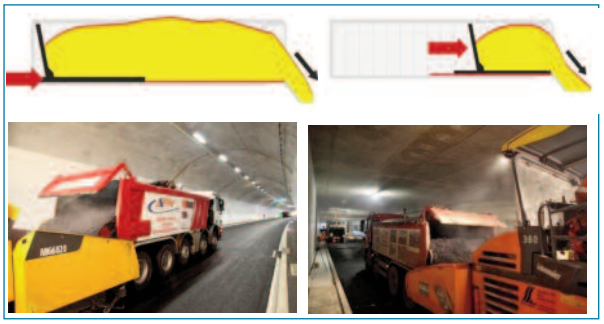
5.2 Trabajos con limitación de gálibo, camiones sin elevación de caja

Para dar respuesta a los problemas que la limitación de gálibos (túneles, parkings subterráneos, etc.) plantean la descarga de mezcla con cajas basculantes, impidiendo el empleo de bañeras y tener que emplear medios de transporte de reducida capacidad, existen hoy día soluciones alternativas que no precisan elevar la caja para descargar la mezcla.

Vehículos con caja de fondo móvil. Emplean una cinta transportadora horizontal que recorre el fondo de caja y descarga directamente, sin necesidad de elevar la caja, a la tolva en la extendedora (Figura 69) o a la del equipo de transferencia


Figura 69. Vehículos de fondo móvil.

Cajas con dispositivo de empuje (push-off) Disponen de un dispositivo con la sección del interior de la caja y deslizable a lo largo de ella mediante el cual se empuja la carga hacia la compuerta de salida (push-off). La firma alemana Fliegl dispone de un equipo cuya caja, además, puede dotarse con aislamiento térmico, acorde con las últimas regulaciones de aquel país (Figura 70). Se reducen las segregaciones con respecto a las cajas basculantes.


Figura 70. Caja push-off de Fliegl.
Esquema y ejemplos de empleo.

6. EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

6.1 Las fresadoras

Hoy no se concibe una obra de renovación o reha-

bilitación del firme sin operaciones de fresado. Sin embargo, en los 70 eran una técnica desconocida o con aplicaciones exóticas. Se empezaban a desarrollar fresadoras en caliente, con quemadores a gas y a final de la década aparecieron las primeras fresadoras en frío, precursoras de las actuales. (Figura 71).

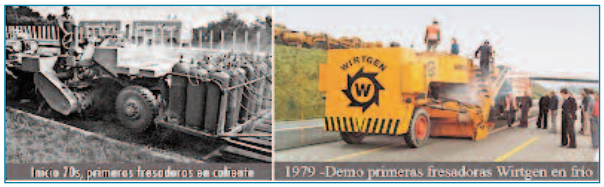


Figura 71. Las primeras fresadoras.

Con el primer plan nacional de refuerzo de firmes de principios de los 80 se empezó a generalizar la técnica de fresado y reposición, en especial para corregir defectos localizados antes de proceder a la colocación de las capas de refuerzo. En ese contexto, conocí esa técnica en el 82; lo que recuerdo es que era un procedimiento muy, muy caro y de bajo rendimiento; se utilizaban fresadoras pequeñas, en caliente por quemadores de gas y en frío, ésta precursora de las actuales, derivadas de las de la foto anterior.

La implantación de las técnicas de reciclado a partir de la crisis de los 70 y la necesidad de tener un RAP directamente aprovechable impulsó su desarrollo y la progresiva generalización de su empleo en actuaciones de fresado y reposición. (Figura 72)


Figura 72. Fresado y reposición.

Inicialmente sólo preocupaba su rendimiento y capacidad de fresado, sin mucha atención a la regularidad superficial de la capa fresada. Pero, al acentuarse las exigencias de esa regularidad en el pavimento, se produjo un reflejo de las mismas en la superficie fresada. Lo que llevó a implantar los sistemas de nivelación de las extendedoras.

Se sustituyen los primeros sensores individuales que mantenían la profundidad del tambor en la capa, por reglas largas de nivelación, con sensores mecánicos o de ultrasonidos y, ya últimamente, por técnicas 3D que permiten conformar con gran precisión la geometría deseada, por compleja que sea. (Figura 73).



Figura 73. Sistemas de nivelación para perfil fresado.

Todo ello ha llevado a que, además de la corrección de áreas fisuradas, roderas, etcétera, removiendo el material defectuoso, exista un campo de aplicación muy interesante, ligado a correcciones de IRI en superficies irregulares para apoyo de nuevas capas, evitando capas de regularización y para poder extender una capa delgada sobre esa superficie regularizada por fresado.

6.2 Equipos para riegos de imprimación y adherencia

En los 70, era muy habitual la aplicación manual de los riegos con lanza desde una bituminadora. Pero desde hace algunas décadas se ha generalizado el empleo de rampas de riego con control automatizado, qué aseguran uniformidad en la dotación extendida. (Figura 74).


Figura74. Riego con lanza y con rampa

Y aparecen las extendedoras con dispositivo de aplicación de riego de adherencia. (Figura 75).



Figura 75.

6.3 Otra maquinaria auxiliar

En los 70s el material sobrante en el extendido se retiraba con palas o, como mucho con los clásicos carretillos, ya que no aún se disponía de minicargadoras, que son las habituales hoy día, incluso dotadas de cepillo barredor, en cualquier operación de extendido. (Figura 76).



Figura 76. Minicargadora con cepillo de barrido.

Las técnicas de fresado que empezaron a aplicarse tímidamente en la década de los 80 son hoy de muy amplia aplicación, siendo muy habituales extendidos de capas asfálticas sobre superficies fresadas.

Un aspecto crítico es la limpieza de esa superficie antes de aplicar el riego de adherencia, para lo que cual hoy se impone el empleo de equipos de barrido y aspiración, tanto para asegurar la eliminación del polvo en los surcos como para no levantarlo en entornos urbanos.

La tendencia más reciente se orienta hacia equipos con planta motriz eléctrica, más silenciosos y sin emisiones, idóneos en entornos urbanos. (Figura 77).



Figura 77. Camión barredor-aspirador, eléctrico.

7. CONCLUSIÓN

Este ha sido un vistazo panorámico, pero superficial, a los profundos cambios producidos por los desarrollos e innovaciones en la maquinaria para la puesta en obra de mezclas asfálticas en este último medio siglo.

En ese período he podido ser testigo privilegiado de esa evolución y de grandes avances tecnológicos que partían de unos equipamientos con muy poca electrónica incorporada hasta llegar al estado actual, de pavimentación inteligente, por la incorporación de tecnologías de sensorización, digitalización, comunicación y gran automatización en la operación de los equipos, al borde ya de la operación autónoma de los mismos.

Y ya estamos en el comienzo de la era de electrificación de esos equipos, para reducción de ruido y sin emisiones de gases.

Como se ha ido viendo, en este medio siglo de vida de Asefma el avance producido es espectacular, partiendo de aquella puesta en obra, digamos analógica, del aglomerado asfáltico en los años 70, hasta llegar a la del Asfalto 4.0 actual.

8. REFERENCIAS

[1] Manual de control de fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas. MOPU 1978

[2] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (P.G 3/75), MOPU 1976

[3] Construction-Related Asphalt Concrete Pavement Temperature Differentials and the Corresponding Density Differentials. Steve Read et alt. WSDOT 2001

[4] Estudio sobre el efecto de las segregaciones térmicas en la durabilidad de las mezclas bituminosas en caliente. García Santiago y Baena Rangel. 2006

[5]. blog Motores y Carreteras https://jluisgsa.blogspot.com/

UNE-EN 12697-21 (2012) Ensayo de indentación utilizando probetas planas

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. OBJETO Y PRINCIPIO DEL ENSAYO

Se utiliza para medir la indentación de un mástico bituminosos cuando es penetrado mediante la aplicación de una carga a una temperatura determinada, durante un tiempo fijado, por un vástago indentador cilíndrico normalizado con la base circular de extremo plano.

Se aplica a masticos bituminosos con árido de tamaño máximo nominal menor o igual que 16 mm.

2. MÉTODO OPERATIVO

Toma de muestra.

Las muestras se toman en la planta, transporte o extendido, de acuerdo con la EN 12697-27. Se preparan al menos 3 muestras con una masa de 1 kg y se acondiciona hasta la temperatura de extendido,

Se vierte la muestra en el molde y se deja enfriar a temperatura ambiente no superior a 25 °C, manteniéndolas en esas condiciones entre 12 y 42 horas desde la fecha de fabricación. Como mínimo se preparan 2 muestras para cada ensayo.

Procedimiento.

Las muestras de ensayo se sumergen en un baño a la temperatura de ensayo como mínimo durante 60 minutos, teniendo precaución de que el agua circule sobre ambas superficies planas.

Se coloca la probeta bajo el vástago indentador por la cara no moldeada hacia arriba y se ajusta hasta el contacto con la superficie de la probeta. Se aplica la carga cuidadosamente liberando la carga total sobre la misma. Se mide la penetración frente al tiempo transcurrido.

Tabla 1. Condciones de ensayo

Parámetro	Tipo			
	Ensayo W[a]	Ensayo A[a]	Ensayo B[a]	Ensayo C[b]
Temperatura	25°C, 35°C, 45°C	25°C	40°C	25°C, 35°C, 40°C
Superficie del vástago indentador	31,7 mm^2	500 mm^2	500 mm^2	100mm^2
Carga aplicada	(311±3) N	(515±3) N	(515±3) N	(515±3) N
Duración de la aplicación de las cargas	70 s	6 min	31 min	31 min
Medición entre	10 s y 70 s	1 min y 6 min	1 min y 31 min	1 min y 31 min

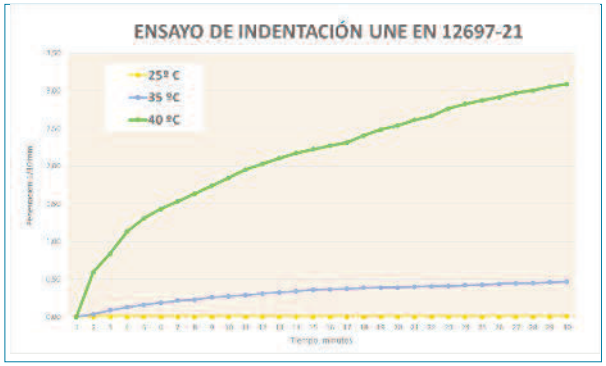
[a] Los ensayos W, A y B relativos a másticos bituminosos se utilizan para pavimentos y capas para cubiertas.
b El ensayo C relativo a másticos bituminosos, se utilizan para enlucidos de suelos y en suelos aplicados *in situ* en edificios, y en ciertas aplicaciones de pavientacos.

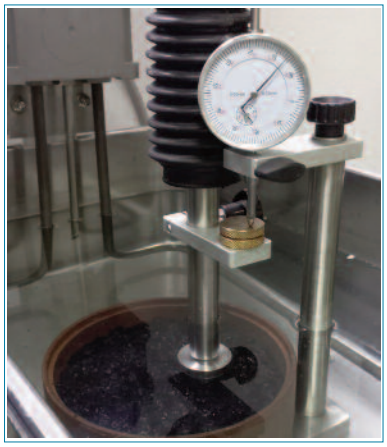
El ensayo se repite sobre la misma probeta en función del tipo de mezcla y aplicaciones, 5 veces en el caso del tipo W y tres veces sobre los ensayos tipos A, B y C. Las condiciones de ensayo aparecen en la tabla 1 de la norma:

El vástago indentador debe separarse 30 mm del borde del molde y 30 mm de los otros ensayos realizados anteriormente.

En el informe de resultados del ensayo se indicarán los siguientes datos:

- Código de la muestra
- Indicar si se ha recalentado o no.
- Temperatura del ensayo: 25 ºC, 35 ºC, 40 ºC o 45 ºC,
- Edad de las probetas
- Número de dureza, valor medio de ensayo en unidades 1/10 mm.





3. EQUIPAMIENTO

Para la realización del ensayo se precisa el equipamiento que se indica a continuación:

- Moldes de 100 mm a 150 mm de diámetro y 25 mm de altura, o moldes de muestras de (150x150x25) mm.
- Estufa capaz de mantener la temperatura de (250±10) ºC.
- Termómetro de hasta 300 ºC con una precisión de 2 ºC.
- Equipo de ensayo de indentación con:
- Sistema de transmisión de la carga, que puede ser:
  - Brazo de carga y contrapeso.
  - Sistema de carga vertical
  - Transmisión mediante actuador neumático
- Vástagos indentadores cilíndricos de acero inoxidable y extremo plano, con diámetros de:
  - (25,2±0,1) mm para una superficie de 500 mm^2.
  - (11,3±0,1) mm para una superficie de 100 mm^2.
  - (6,35±0,1) mm para una superficie de 31,7 mm^2.
- Transductor de desplazamiento con precisión de 0,05 mm.
- Sistema de registro de la deformación.
- Baño de agua termostático capaz de mantener la temperatura con precisión de ± 1 ºC
- Termómetro con precisión de 0,01 ºC.



4. PUNTOS CRÍTICOS

Es una norma con una redacción algo confusa, no quedando suficientemente claro el proceso de preparación de las probetas y la ejecución del ensayo. Tampoco la parte de cálculo de los resultados.

5. COMENTARIOS

La norma presenta un procedimiento de ensayo (junto con la parte 20) para determinar la capacidad que ofrecen los materiales para resistir una carga puntual al punzonamiento.

Son ensayos útiles para pavimentos de naves industriales o aparcamientos donde los esfuerzos tangenciales producidos por los vehículos o maquinaria de carga son muy elevados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 12697-20. Ensayos de indentación utilizando probetas cúbicas o cilíndricas.
- UNE-EN 12697-21. Ensayos de indentación utilizando probetas planas.
- UNE-EN 12697-27. Toma de muestra.

La norma parte 21 es complementaria de la norma parte 20, que se diferencia en la preparación de las probetas, siendo ambos procedimientos interesantes para la caracterización de mezclas para ser utilizadas en pavimentos de aparcamientos, naves industriales o puertos.

#90 AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

"Renovar una red con mezclas asfálticas SMA6 y 8 de baja resistencia a la rodadura puede suponer ahorros de combustible del 6%, reduciendo las emisiones de los vehículos"

#CONFORT_Y_SEGURIDAD/SOSTENIBILIDAD

Mecánica Científica s.a.

Cámara Madrid
Servicio de Certificación
EMPRESA CERTIFICADA
ISO 9001
EC - 1.482.0703



Planta piloto de laboratorio para el diseño de emulsiones bituminosas y betunes modificados

MODELOS:

Ref. 90.7002	Emulsiones (2 depósitos)
Ref. 90.7102	Betunes modificados (2 depósitos)
Ref. 90.7202	Emulsiones + Betunes modificados (2 depósitos)
Ref. 90.7203	Emulsiones + Betunes modificados (3 depósitos)

Planta piloto desarrollada para el diseño y producción de emulsiones bituminosas y/o betunes modificados en laboratorio, cuenta con dos o tres depósitos (fase acuosa y betún) y un molino de alta calidad, gracias a los cuales el sistema permite al usuario tanto la fabricación de emulsiones bituminosas y/o de betún modificado.



Analizador especial para mezclas asfálticas modificadas con «goma»

Analizador asfáltico PG para la extracción y determinación del contenido de betún en mezclas bituminosas y en aquellas mezclas de betunes modificadas con goma, usando disolventes no inflamables como tricloroetileno, tetracloroetileno y diclorometano.

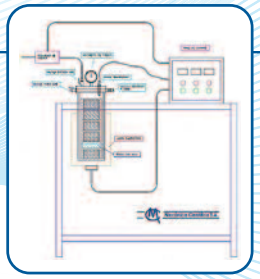


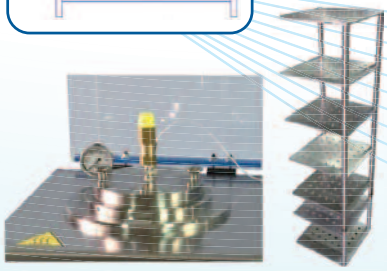
Mezcladora en caliente de aglomerado asfáltico

Dispone de un recipiente de mezclado de 40 cm. de Ø y 22 cm. de alto (medidas interiores) construido en chapa de acero cincado con doble pared con aislamiento térmico y calefactado por resistencias, con una potencia total de 3.000 W. La temperatura de amasado se controla por medio de un termostato incorporado en el propio recipiente. La temperatura de calentamiento es superior a 180º C.

Opcionalmente se puede completar con un segundo recipiente construido en chapa de acero cincado con doble pared, con aislamiento térmico y de características similares al anterior, pero con una capacidad total de 5 litros y potencia de 750 W.







Equipo para envejecimiento de probetas asfálticas (SATS) *(EN 12697-45)*

Equipo para el envejecimiento de probetas asfálticas por almacenamiento bajo presión y temperatura controlada para determinar el ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS) según norma EN 12697-45.

El equipo ha sido diseñado para el acondicionamiento de probetas asfálticas saturadas mediante el almacenamiento prolongado durante 65 horas en un recipiente a presión parcialmente lleno de agua a unas condiciones controladas de 85° C de temperatura y 2.1 MPa de presión. Su sistema de control permite al usuario ensayar bajo distintas condiciones de ensayo, modificando tiempos, presión o temperatura.

LÍDER EN CALIDAD Y SERVICIO POST VENTA

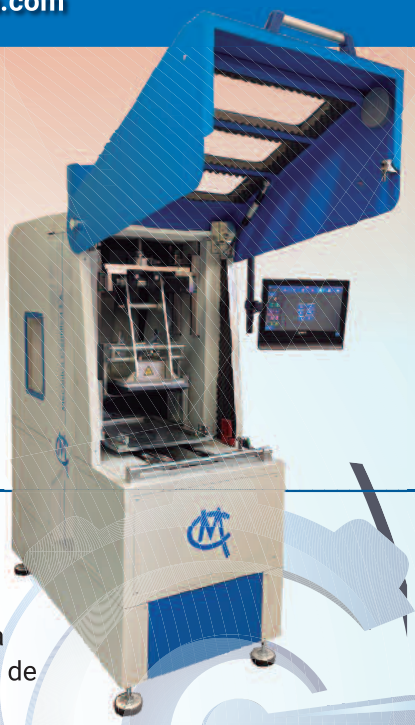
MÁS DE 50 AÑOS
FABRICANDO EQUIPOS DE ENSAYO PARA INGENIERÍA CIVIL

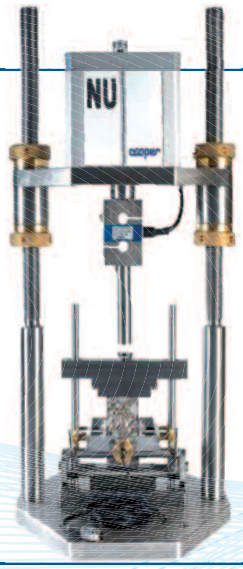
C/ Fundidores, 14 - Pol. Ind. «Los Ángeles»
28906 Getafe (Madrid - España)
(+34) 91 696 21 15 / 91 696 24 15
comercial@mecacisa.com
www.mecacisa.com

Compactador de rodillo electromecánico *(EN 12697-33)*

Compactador de mezclas bituminosas de 40 kN de capacidad de compactación para la elaboración de probetas de dimensiones 410 X 300 mm. y espesor seleccionable en un rango entre 25 y 150 mm. Cuenta con dos servosistemas con control electrónico para una aplicación precisa de la carga axial. Posibilidad de control en carga o en altura.

El compactador está fabricado íntegramente en acero al carbono de alta resistencia lo que confiere gran rigidez al conjunto. Dispone de un puente central unido al bastidor a través de dos columnas cilíndricas, donde se encuentra acoplado el pisón de compactación y de una mesa deslizante donde se aloja la probeta que se desplaza longitudinalmente de lado a lado durante la compactación.





Equipos para ensayos dinámicos universales servoneumáticos y electromecánicos

Rápida determinación del módulo de la deformación permanente y de la fatiga de mezclas bituminosas utilizando muestras cilíndricas extraídas de la carretera o preparadas en laboratorio

Para materiales bituminosos los métodos de ensayo incluyen:

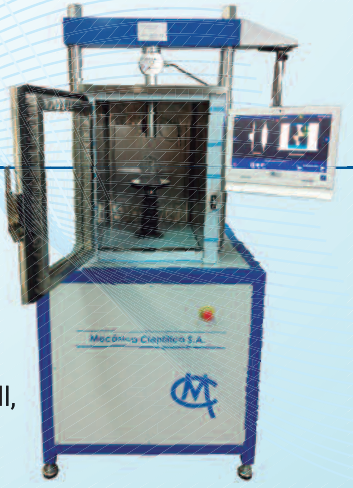
Módulo: EN 12697-26 Anexo C; ASTM D4123; AASHTO TP31; AASHTO TP62.
Deformación permanente: EN 12697-25 métodos A y B.
Fatiga: EN 12697-24 Anexo E.
Ensayos de rendimiento simples: Dynamic modulus; flow number; NCHRP9-19; NCHRP9-29.

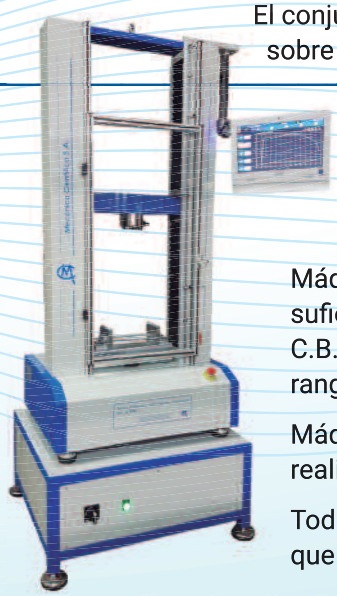


Ensayo en pista de laboratorio «wheel tracking test» *(EN 12697-22)*

Máquina de ensayo de dos pistas para calcular la deformación plástica de las mezclas bituminosas, según EN 12697-22. Máquina totalmente automática y controlada por microprocesador desde la cabina termostática 10.1052 con interfaz de control a través de pantalla táctil de 15". Tres sondas de temperatura para la cámara y las muestras de ensayo permiten un control preciso de la temperatura de ensayo.

El conjunto de máquina y cabina, se encuentra montado como una unidad sobre un bastidor con ruedas para facilitar su traslado.





Prensas automáticas electromecánicas multiensayo de 25 a 600 kN de capacidad para ensayos estáticos a compresión y tracción

Máquina con puente superior desplazable a motor que proporciona luz suficiente para realizar ensayos a tracción y compresión tales como: Marshall, C.B.R., Tracción indirecta, compresión simple, etc., todo ello en función del rango de velocidad y de la capacidad del equipo (izquierda).

Máquina con puente inferior desplazable a motor y cámara climática incluida, ideal para realizar ensayos que requieran de control preciso de la temperatura como el ensayo FENIX (derecha).

Todas las prensas cuentan con motor de última generación gobernado por un sistema electrónico que confiere al equipo un control suave y preciso por carga y desplazamiento.

LÍDER EN DURABILIDAD DE LOS EQUIPOS

www.probisa.com



Nada se pierde todo se recicla.

Para construir o reparar calzadas Probisa elabora soluciones alternativas como el reciclaje de la carretera “in situ”, la reutilización de residuos industriales y domésticos, o de los materiales de demolición. Las viejas carreteras ya no se pierden, y de este modo, ahorramos recursos naturales. Nuevas ideas hechas realidad.

Probisa
Abrimos paso a nuevas ideas

PROBISA

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 30 de octubre de 2023 hasta el 13 de marzo de 2024.

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

NORMATIVA APROBADA

- **UNE- EN 12595 (Publicada en febrero del año 2024).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática
- **UNE- EN 12596 (Publicada en febrero del año 2024).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío
- **UNE- EN 14769 (Publicada en febrero del año 2024).** Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento por envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
- **UNE- EN 14770 (Publicada en febrero del año 2024).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DSR))
- **UNE- EN 14771 (Publicada en febrero del año 2024).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 1426 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja
- **PNE- prEN 12594 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Preparación de las muestras de ensayo
- **PNE- prEN 12597 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Terminología
- **PNE- prEN 12607-1 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina y rotatoria)
- **PNE- EN 16346 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento de rotura y adhesividad inmediata de emulsiones bituminosas catiónicas.
- **PNE- prEN 16659 (Última publicación año 2016). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Ensayo de fluencia-recuperación bajo múltiples esfuerzos repetidos (ensayo MSCR).

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN ISO 11819-1: (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Acústica. Medición de la influencia de las superficies de carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 1: Método estadístico del paso de vehículos
- **PNE-prEN 12697-2 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **PNE-EN 12697-4 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Recuperación de betún: Columna de fraccionamiento
- **PNE-prEN 12697-16 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**

Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados

- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN AENOR**

Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista

- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2019). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa
- **PNE-prEN 12697-35 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**

Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio

- **PNE-EN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-43 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-EN 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales
- **PNE-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 13036-5 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **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-prEN 13880-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 3: Métodos de ensayo para la determinación de la penetración y la recuperación (resiliencia)
- **PNE-prEN 13880-4 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 4: Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia al calor. Variación de la penetración
- **PNE-prEN 13880-5 (última publicación año 2006). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 5: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la fluencia.
- **PNE-prEN 15466-1 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de imprimación para productos de sellado de juntas aplicados en frío y en caliente. Parte 1: Determinación de la homogeneidad.
- **PNE-prEN 15466-2 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de imprimación para productos de sellado de juntas aplicados en frío y en caliente. Parte 2: Determinación de la resistencia contra el álcali.
- **PNE-prEN 15466-3 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de imprimación para productos de sellado de juntas aplicados en frío y en caliente. Parte 3: Determinación del contenido de sólidos y del comportamiento frente a la evaporación de sustancias volátiles.
- **PNE 41265-2 IN (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 933-1 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado
- **PNE-EN 933-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **PNE-prEN 933-11 (última publicación año 2009). ESTADO: VERSIÓN EN INGLÉS Y ALEMÁN** Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate.

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 1097-1 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
- **PNE-EN 1097-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **PNE-EN 1097-7 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **PNE-EN 1744-4 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 4: Determinación de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas
- **PNE-CEN/TS 17438 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Origen de los materiales considerados en el desarrollo de las normas de áridos del CEN/TC 154
- **PNE-prEN 17555-1 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 1: Características
- **DIN EN 17555-2 (Norma nueva). ESTADO: EXISTE VERSIÓN EN INGLÉS Y ALEMÁN** Agrgregates for construction Works. Pat 2: Complementary information

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Desde la última publicación de la revista solo se han producido novedades en normas de betunes y ligantes bituminosos dentro del Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1 en las siguientes normas:

- Se han aprobado cinco normas de betunes.
- Dos normas para la determinación de la viscosidad de ligantes cinemática y dinámica por viscosímetro capilar a vacío correspondientes a la UNE EN 12595 y 12596 respectivamente
- La norma UNE EN 14769 que describe el proceso de envejecimiento a largo plazo acelerado para la preparación de muestras para su análisis posterior
- Las normas de ensayos reológicos UNE EN 14770 y UNE EN 14771 para la determinación del DSR y BBR respectivamente
- También se ha incorporado en el listado de revisiones la norma UNE EN 16659 para la medida del ensayo MSCR

Equipos de compactación eléctricos o híbridos.

Javier Loma y Marisol Barral
Vocales Revista Asfalto y Pavimentación

Los principales fabricantes europeos de equipos de compactación han implantado políticas encaminadas a mejorar la sostenibilidad y obtener mayor eficiencia energética en sus productos. A nivel mundial se está produciendo un cambio en los sistemas energéticos empleados en estas operaciones sustituyendo la energía empleada en la actualidad (motores diesel) por energía eléctrica o híbrida.

Según la ley 4/2019, del 21 de febrero, de sostenibilidad energética de la CPV, en su sección 3, capitulo 1, articulo 34 sobre la eliminación de hidrocarburos líquidos:

> **Artículo 34.** *Eliminación de hidrocarburos líquidos.*
>
> El consumo de hidrocarburos líquidos como fuente de energía en el sector industrial deberá ser objeto de una reducción paulatina hasta el 31 de diciembre de 2030, con la finalidad de que, a partir de dicha fecha, se pueda proceder a su completa sustitución por fuentes energéticas menos contaminantes.

Por ello este artículo incide en como la necesidad de búsqueda de otras alternativas a los combustibles fósiles, impulsa las innovaciones que se están produciendo para la reducción de combustibles fósiles y empleo de energías más limpias evidentemente por razones ambientales.

Además de nuevos sistemas de mejora de la seguridad o la reducción de la sonoridad que se están implementando en los diferentes equipos de las obras para la compactación de mezclas bituminosas, una de las líneas principales es la transformación a la utilización de energía eléctrica, reduciendo con ello el uso de combustibles fósiles que originan mayor contaminación y emisiones a la atmosfera.

El fundamento principal es utilizar la energía eléctrica como fuente de energía para la generación del movimiento y trabajo de los equipos, lo cual reduce la dependencia de los combustibles fósiles y ofrece una alternativa más eficiente y menos contaminante en comparación con los motores de combustión interna tradicionales.

En el caso de los motores eléctricos se basa en la conversión de energía eléctrica en energía mecánica pasando la corriente eléctrica a través de las bobinas del motor y generando un campo magnético que interactúa con el campo magnético de los imanes, creando así un par motor que hace girar el rotor del motor. En el caso de los motores híbridos, combinan un motor de combustión interna con uno o más motores eléctricos y se basa en el uso de la energía eléctrica almacenada en baterías para complementar la potencia del motor de combustión interna. En este tipo de motores, el motor de combustión interna se encarga de generar la mayor parte de la potencia, mientras que los motores eléctricos proporcionan un impulso adicional cuando se requiere mayor potencia. Según los fabricantes estos equipos híbridos pueden recudir el consumo de combustible hasta en un 15 %, en ambos casos se recupera energía en las frenadas con el frenado regenerativo.

1. EQUIPOS

Hay diferentes tipos de equipos que se utilizan en las operaciones de compactación de las mezclas: desde los equipos manuales del tipo bandejas que se utilizan para compactar zonas en superficie o acceso reducido y/o zanjas de servicios en obras urbanas hasta los equipos utilizados para la compactación de mezclas para obras de carreteras y autopistas.

Los fabricantes de estos equipos, como son Bomag, Wirtgen o Dynapac, ya tiene desarrollados nuevos modelos de compactadores con motores eléctricos o híbridos en sustitución de los tradicionales motores de com-

bustibles. En España hay empresas que han adquirido equipos con estos nuevos motores un sistema de trabajo eléctrico y también algunos modelos híbridos, incluyendo adicionalmente sistemas de reducción de la energía y el combustible como es el sistema de apagado automático que se produce unos minutos después que el equipo deja de estar en funcionamiento.

Equipos pequeños, como los comercializados por Bomag para el pisón vibrador BT60E que trabaja 100 % eléctrico empleando una batería Li-Ion, con bajos costes de servicio y alto rendimiento de operaciones, que cuenta con interesantes opciones de equipamiento de acumuladores y cargadores especiales para conseguir mayor autonomía.



Equipos algo más grandes también para trabajos urbanos con funcionamiento eléctrico HD 10e VV que trabaja con una batería del litio NMC con capacidad para 23,4 kWh. Bomag ha desarrollado el modelo BW 100 AD E-5.



Equipos híbridos como el rodillo HAMM tándem Power Hibrid HD+90i PH VV de Wirtgen que combina un motor de combustión clásico con un acumulador hidráulico que apoya al motor principal proporcionando 20kW en las operaciones de arranque o activación de la oscilación o vibración.



Dynapac con el rodillo Z.ERA CC900 con excelentes resultados asegurando la efectividad del proceso, rendimiento y autonomía de trabajo que acercan o igualan a los equipos tradicionales.



2. VENTAJAS E INCOVENIENTE

La implantación de cualquier tecnología nueva en equipos de compactación requiere un tiempo para realizar los ajustes necesarios a los sistemas de trabajo de cada material. Algunas de las ventajas y desventajas que ofrecen estos equipos son:

Ventajas:

- Los equipos eléctricos son mas eficientes energéticamente que los motores de combustión, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizando el impacto ambiental.
- Producen menos ruido que los motores de combustión, facilitando las obras en zonas urbanas con cercanía de hospitales o de colegios.
- El mantenimiento de los equipos es menor al no tener que realizar el control y cambios de aceite de motor.

Desventajas:

- En la actualidad, el coste de estos equipos es superior al de los compactadores tradicionales.
- Los equipos eléctricos tienen menos autonomía que los convencionales, debiendo llevar un control del tiempo en marcha para realizar el cambio de la batería o llevar a cabo la carga a la red, aprovechando los tiempos de parada (comida, final de tajo, etc..) para estas operaciones.
- La carga es otro de los inconvenientes ya que en muchos lugares no se dispone todavía de la infraestructura necesaria para llevar a cabo la carga de los equipos.

3. CONCLUSIONES

Los equipos dotados de motores con funcionamiento eléctrico 100% o híbrido reducen las emisiones producidas en esta fase del proceso. Están alcanzando prestaciones muy parecidas a los convencionales, pero se debe todavía mejorar en la autonomía de trabajo y mantenimiento.


LA BASE
PARA UN,
ASFALTO MÁS
SOSTENIBLE
Los betunes de Cepsa son respetuosos con el medioambiente porque están diseñados para su uso en técnicas más sostenibles, mientras contribuyen a la economía circular.
Más info.
CEPSA

Correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia al agrietamiento de mezclas asfálticas en caliente

Leonardo Ochoa
lochoa@kao.com
Raymundo Benítez
rbenitez@kao.com
Álvaro Gutiérrez
agutierrez@kao.com

El agrietamiento es uno de los deterioros más importantes que se presentan en un pavimento flexible y el comportamiento viscoelástico del betún juega un papel determinante en la resistencia frente al agrietamiento y en la actualidad el parámetro "G*senδ" implícito en la clasificación por desempeño (PG) ha sido reportado por numerosas investigaciones como inadecuado y poco eficaz para valorar el desempeño del ligante asfáltico, sobre todo cuando se emplean betunes fuertemente modificados. Debido a lo anterior, en el presente estudio se realizaron barridos de frecuencia, deformación y temperatura empleando un Reómetro de Corte Dinámico (DSR) así como ensayos de rigidez a la fluencia empleando el Reómetro de Viga en Flexión (BBR) sobre distintos betunes con el propósito de identificar un indicador reológico que permita discernir de forma más acertada el potencial de agrietamiento de betunes modificados con elastómeros, plastómeros, ceras, aditivos rejuvenecedores, endurecidos con ácido polifosfórico o combinación de los anteriores. Para ello, se abordaron a nivel betún diferentes metodologías de análisis en donde para cada ligante evaluado los índices reológicos determinados fueron comparados contra sus respectivos Índices de Flexibilidad (FI) obtenidos en la prueba de energía de fractura en viga Semi-Circular (AASHTO TP124-18) ejecutado en mezclas bituminosas en caliente fabricando las probetas de laboratorio con el mismo tipo de agregado, distribución granulométrica, volumetría, envejecimiento y contenido de asfalto. Los resultados más sobresalientes posicionan al método Glover-Rowe modificado como la técnica de análisis reológico que mejor distingue la propensión al agrietamiento del betún con un coeficiente de correlación lineal muy fuerte de 0.914 con respecto al índice de Flexibilidad medido en la mezcla bituminosa. Asimismo, se encontró que la temperatura de transición viscoelástica (TVET), el parámetro ΔTc, y el Barrido de Amplitud Lineal (LAS) sostienen una menor correlación de 0.851, 0.804 y 0.787 con el Índice de Flexibilidad, respectivamente.

Palabras Clave: Betún, parámetros reológicos, agrietamiento, desempeño.

Cracking is one of the most important distresses that can occur in a flexible pavement and the visco-elastic behavior of asphalt binder has great influence in this phenomenon. However, G*senδ cracking control parameter from Performance Grade (PG) methodology has been reported by several investigations as an inadequate and ineffective parameter to assess asphalt performance, especially when heavily modified asphalts binders are used. Therefore, in the present study frequency, deformation and temperature sweeps were carried out using a Dynamic Shear Rheometer (DSR) as well as stiffness and flow tests using the Bending Beam Rheometer (BBR) on different binders with the aim of finding a suitable rheological indicator that allows discriminating more accurately the cracking potential of asphalts binders modified with elastomers, plastomers, waxes, rejuvenating additives, polyphosphoric acid or a combination of the above mentioned. For this, different analysis techniques were addressed at asphalt

binder level where for each evaluated asphalt the calculated rheological index were compared against their respective Flexibility Index (FI) obtained in the Semi-Circular beam fracture energy test (AASHTO TP124- 18) performed in hot mix asphalt fabricated with the same type of aggregate, granulometric distribution, air void, aging and asphalt content. The most outstanding results position the modified Glover-Rowe method as the rheological analysis technique that best distinguishes cracking propensity of asphalt binders with a very strong linear correlation coefficient of 0.914 with respect to the Flexibility index measured in the asphalt mix. Additionally, it was found that the viscoelastic transition temperature (TVET), the ΔTc parameter, and the Linear Amplitude Sweep (LAS) hold a lower correlation of 0.851, 0.804 and 0.787 with the Flexibility Index, respectively.

Keywords: Asphalt binder, rheological parameter, cracking resistance, performance.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de su vida útil un pavimento flexible se ve sometido a la acción destructiva tanto de las repeticiones de carga de los vehículos pesados como de los ataques medioambientales, los cuales generan en la capa asfáltica agrietamiento y deformaciones permanentes. Para abordar estos deterioros los esfuerzos de la industria del asfalto se han centrado primordialmente en mejorar la calidad del agregado pétreo, emplear metodologías de diseño de mezcla bituminosa basadas en la estabilidad y rigidez o bien en la utilización de betunes modificados. Sin embargo, se ha demostrado que estas contramedidas están enfocadas en la eliminación de la rodera y no toman en consideración el agrietamiento [1]. El agrietamiento es un fenómeno bastante complejo que, si aislamos factores externos a la composición de la mezcla asfáltica tal como la intensidad del tránsito, la estructura del pavimento, las condiciones climáticas y los procesos constructivos, depende fundamentalmente de las características intrínsecas del betún. El betún es un material viscoelástico cuyo comportamiento está en función de la temperatura y el tiempo de aplicación de carga, es decir; a alta temperatura o bajo carga sostenida el asfalto actúa como un líquido viscoso y fluye ocasionando deformación permanente, pero a bajas temperaturas o bajo cargas muy rápidas se comporta como un sólido elástico que si se aplica una carga excesiva puede romperse propiciando el agrietamiento o la propagación de fisuras. Adicionalmente, al tratarse de un compuesto orgánico las moléculas del betún reaccionan con el oxígeno del medio ambiente provocando envejecimiento, lo cual se traduce en una estructura más frágil [2]. Para capturar todo este comportamiento inicialmente se utilizó la clasificación por penetración y, después, la clasificación por viscosidad. Sin embargo, estas propiedades físicas únicamente aportan una idea de la dureza y consistencia del betún a determinada temperatura y en una condición de oxidación estática, pero no ayudan a predecir el desempeño del ligante bituminoso a temperaturas en las que normalmente opera un pavimento en servicio.

Debido a estas deficiencias se implementó el sistema de clasificación por grado de desempeño (PG), el cual está basado en ensayos reológicos/mecánicos enfocados en medir el módulo complejo de corte (G*), ángulo de fase (δ), rigidez (St) y velocidad de deformación (m-valor) en un amplio rango de temperaturas en muestras con y sin envejecer que, mediante principios de ingeniería, estas propiedades pueden ser correlacionadas con el desempeño en campo. No obstante, las especificaciones y reglas que rigen esta metodología datan de la década de los 90´s y fueron originalmente implementadas para betunes sin modificar. Hoy en día, pese a la enorme cantidad de productos modificadores reológicos disponibles en el mercado, únicamente ha habido innovaciones en el parámetro de control de la deformación permanente en donde G*/senδ poco a poco ha sido sustituido por el Creep Compliance no recuperable (Jnr) dada su mayor habilidad para predecir el flujo plástico en el concreto bituminoso [3]. No así, para el parámetro de control del agrietamiento por fatiga G*senδ, el cual ha sido reportado como inadecuado y poco eficaz en la predicción del agrietamiento [4]. La situación anterior, abre la puerta a investigar diferentes alternativas para categorizar la resistencia al agrietamiento de betunes con y sin modifi-

cadores, siendo la aportación de este trabajo una exploración a nuevas técnicas reológicas que permitan seleccionar betunes con características adecuadas a las condiciones de tránsito actuales. Si bien podemos encontrar una gran cantidad de ensayos para evaluar el agrietamiento en esta investigación fueron seleccionadas aquellas técnicas con mayor soporte en la literatura y que, además, permitieran encontrar los parámetros de resistencia en un periodo de tiempo razonable.

2. OBJETIVO

Evaluar la habilidad de diferentes parámetros reológicos medidos en el betún para diferenciar la resistencia al agrietamiento de mezclas bituminosas en caliente a través de su correlación lineal de Pearson con el índice de Flexibilidad

3. PLAN EXPERIMENTAL

Para lograr el objetivo del estudio, se llevó a cabo un plan experimental de tres fases. En primera instancia, un betún convencional proveniente de refinería fue utilizado como base para producir nueve asfaltos modificados con diferentes polímeros, ceras, aditivos y ácido polifosfórico. La cantidad y combinación de cada modificador reológico fue establecida con base en la siguiente premisa: obtener el grado de desempeño a alta temperatura PG 76-XX o superior. La segunda etapa se centró en evaluar el comportamiento mecánico-reológico de los betunes considerados en el estudio. Para ello, primero fue necesario someter las muestras de ligante a un proceso de envejecimiento a largo plazo (Horno rotatorio de película delgada + Vasija de envejecimiento a presión). Posteriormente, el Reómetro de Corte Dinámico (DSR) fue utilizado para estudiar el fenómeno de agrietamiento dentro y fuera del rango viscoelástico lineal (VEL); por un lado, se efectuaron barridos de frecuencia desde 0.63 hasta 628.30 rad/seg y barridos de temperatura entre 5 y 60°C empleando una deformación constante de 1% y, por el otro lado, se realizaron barridos de amplitud lineal desde 0.1 hasta 30% (AASHTO TP101) a temperatura y frecuencia constante de 25°C y 10 Hz, respectivamente. Con los datos recopilados en el análisis VEL se construyeron las curvas maestras con el modelo matemático Christensen Anderson y Marasteanu (CAM), a partir de las cuales se determinaron los siguientes parámetros reológicos: Glover- Rowe, Glover-Rowe modificado y la temperatura de transición vítrea. Por su parte, del ensayo LAS fue posible calcular la ley de fatiga (Nf) de cada betún obtenida mediante el principio de daño continuo viscoelástico simplificado (S-VECD). Adicionalmente, el Reómetro de Viga en Flexión (BBR) se utilizó para determinar la diferencia entre las temperaturas críticas de ri-

Tabla 1. Características de los betunes en estudio.

AC ID	Original G* / Sen δ, kPa	RTFO G* /Sen δ, kPa	G* x Sen δ, kPa	PAV S(t), mPa	m-valor	PG
REF*	1.83@64°C	3.38@64°C	3264@25°C	105@-12°C	0.308@-12°C	64-22
A**	1.35@82°C	2.48@82°C	1217@34°C	111@-12°C	0.302@-12°C	82-22
B**	1.44@76°C	2.67@76°C	1029@28°C	114@-18°C	0.331@-18°C	76-22
C**	1.36@76°C	2.49@76°C	1485@34°C	77@-6°C	0.313@-6°C	76-22
D**	1.48@82°C	2.53@82°C	1173@34°C	98@-12°C	0.302@-12°C	82-22
E**	1.66@76°C	2.95@76°C	1147@37°C	35@0°C	0.323@0°C	76-22
F**	1.35@76°C	2.64@76°C	783@31°C	53@-12°C	0.326@-12°C	76-22
G**	1.43@76°C	2.87@76°C	1080@31°C	67@-12°C	0.321@-12°C	76-22
H**	1.42@76°C	3.01@76°C	1504@31°C	93@-12°C	0.309@-12°C	76-22
I***	1.12@82°C	2.27@82°C	975@34°C	85@-12°C	0.320@-12°C	82-22

Aplicación= *Mezcla bituminosa convencional, **Mezcla con betún modificado, ***Mezcla bituminosa tibia.

gidez (St) y velocidad de fluencia (m-valor) del betún, lo cual permitió calcular el parámetro de agrietamiento ΔTc. En la tercera etapa, se fabricaron las probetas de laboratorio que fueron sometidos al ensayo de Energía de Fractura Semi-Circular de Illinois (AASHTO TP124). Finalmente, con toda la información recopilada en la campaña de experimentos fue posible examinar la asociación entre los diferentes parámetros reológicos del ligante y el Índice de Flexibilidad (FI) obtenido en la mezcla bituminosa.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Betún

El betún base corresponde a un EKBÉ® clasificado por su grado de desempeño como PG 64-22. Sin embargo, diferentes modificadores reológicos fueron añadidos. La Tabla 1 recopila los grados de desempeño resultantes con base en la especificación AASHTO M320 más reciente.

4.2 Ensayos reológicos de agrietamiento

En este trabajo de investigación se distinguen ensayos reológicos de diferente naturaleza; por un lado, mediciones dentro del rango viscoelástico lineal (región VEL) donde la muestra de betún no es dañada y, por el otro lado, barridos de deformación en donde la microestructura del ligante es alterada debido a la acumulación del daño producto de los incrementos en la amplitud de deformación fuera de la zona VEL. A continuación, se explican de manera breve cada uno de los ensayos adoptados y el parámetro reológico de agrietamiento obtenido.

Barridos de frecuencia y temperatura (Curva Maestra)

La curva maestra de un betún proporciona la relación entre la rigidez y la frecuencia reducida en un amplio espectro de temperaturas y frecuencias de tal manera que es posible predecir propiedades viscoelásticas lineales (G*, δ, G´, G´´) a cualquier frecuencia y a cualquier temperatura. Para construir las curvas maestras fue necesario medir el módulo complejo de corte (G*) utilizando 1% de deformación y platos paralelos de 8 mm en las frecuencias y temperaturas de 0.63, 1.25, 2.50, 4.99, 10.00, 19.87, 39.64, 79.10, 157.80, 314.90, 638.30 rad/seg y 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60°C, respectivamente. El comportamiento mecánico global fue capturado utilizando la función de distribución Christensen-Anderson y Marasteanu[5] presentado en las ecuaciones (1) y (2), las cuales mediante el principio de superposición tiempo temperatura ajustaron los datos del barrido de frecuencia isotérmico a una curva única de referencia.

$$|G^*| = G_g\left[1+\left(\frac{\omega_c}{\omega_r}\right)^{\frac{\log 2}{R}}\right]^{\frac{-R}{\log 2}} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{90}{\left[1+\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{\frac{\log 2}{R}}\right]} \quad (2)$$

Donde: G*= módulo de corte complejo, δ =ángulo de fase, Gg= módulo vítreo aproximadamente igual a 1GPa, ω = frecuencia, ωc= frecuencia de cruce (G´ igual a G´´), ωr = frecuencia reducida y R= es la diferencia entre el módulo vítreo y el módulo de corte complejo en la frecuencia de cruce.

Por su parte, la frecuencia reducida (ωr) se calculó utilizando las ecuaciones (3) y (4) mediante el factor de desplazamiento "αT" determinado a través de la formulación Williams-Landel-Ferry.

$$\omega_r = \alpha T \times \omega \quad (3)$$

$$log_{\alpha T} = -\frac{C_1(T-T_r)}{C_2+(T-T_r)} \quad (4)$$

Donde: C_1 y C_2 = constantes de ajuste del modelo, Tr= temperatura de referencia y T= temperatura a la que se realiza el ajuste.

A partir de las curvas maestras, se calcularon los parámetros reológicos de agrietamiento Glover-Rowe (G-R), Glover-Rowe modificado (G-Rm) y la temperatura de transición viscoelástica (TVET), los cuales se explican bre-

vemente en los siguientes apartados.

Parámetro Glover-Rowe y Glover-Rowe modificado (G-Rm)

El parámetro Glover-Rowe presentado en la ecuación (5) inicialmente fue utilizado para evaluar la durabilidad de betunes que forman parte de pavimentos aeroportuarios, debido a que las condiciones del ensayo original (15°C y 0.005 rad/seg) están más asociadas con el fallo por tensión/tracción en la región frágil (agrietamiento térmico/bloque) estableciendo un valor de alerta y máximo de 180 y 600 kPa, respectivamente. Sin embargo, el reporte de investigación 9-59 de la NCHRP sugiere modificar la temperatura de análisis y la velocidad de oscilación por lo cual recomienda utilizar la temperatura intermedia de trabajo efectiva esperada en el pavimento (25°C en esta investigación) y una frecuencia de 10 rad/seg, respectivamente. De esta manera se pretende obtener una condición representativa del estado viscoelástico del betún y de la velocidad de operación de los vehículos (10 rad/seg supone simular la propagación de una onda de corte a una velocidad de circulación de 80 km/h) y, por ende, las propiedades medidas en el ligante corresponden de forma más consistente con el fenómeno de agrietamiento por fatiga [6].

$$G - R = \frac{|G^*|(cos\ \delta)^2}{\sin\delta} \qquad (5)$$

Donde: G*= módulo complejo de corte, δ =ángulo de fase.

Finalmente, para ser congruente con las especificaciones actuales de SUPERPAVE el reporte NCHRP 9-59 propone un valor preliminar máximo de 5000 kPa para betunes después de RTFO+PAV.

Temperatura de transición Sol-Gel o Temperatura de transición viscoelástica (TVET)

La temperatura de transición Sol-Gel también conocida como temperatura de transición viscoelástica (TVET) es otra propiedad relacionada con el agrietamiento y se define como la temperatura a la cual el módulo de almacenamiento (G´) y el módulo de pérdida (G´´) poseen la misma magnitud, o bien δ es igual a 45° a determinada frecuencia (10 rad/seg en este estudio). Los pavimentos asfálticos operan en un amplio rango de temperaturas de servicio y cuando el pavimento se encuentra por arriba de la TVET el asfalto responde o actúa deformándose ante los esfuerzos inducidos exhibiendo un comportamiento más parecido a un fluido viscoso en lugar de agrietarse debido a la influencia de la componente viscosa (G´´) predominante [7]. Por lo tanto, cuanto más baja sea TVET, menos propenso será el betún para agrietarse.

Barrido de amplitud lineal (Linear Amplitude Sweep Test)

El ensayo LAS es una prueba de corte cíclica relativamente nueva ejecutada en el DSR a temperatura intermedia (25°C para esta investigación) que utiliza amplitudes de carga linealmente crecientes para acelerar el daño, cuyo objetivo es evaluar la habilidad del betún para resistir agrietamiento por fatiga. La prueba consiste en dos procedimientos sobre la misma muestra. En primera instancia, se realiza un barrido de frecuencias (0.2, 0.4, 0.8, 1, 2, 4, 8, 10, 20 y 30 Hz) a un nivel de deformación constante de 0.1% con el propósito de capturar las propiedades reológicas del betún antes de dañarlo. Enseguida, se realiza un barrido de deformación destructivo a 10 Hz de frecuencia en donde la solicitación de carga consiste en aplicar deformación constante durante intervalos de 10 segundos. Cada intervalo está conformado por 100 ciclos de carga y la amplitud de deformación en el primero intervalo es de 0.1%. Las amplitudes de deformación aumentan 1% en cada intervalo consecutivo hasta alcanzar 30%. Por último, los resultados de ambas pruebas se analizan utilizando la teoría de daño continuo viscoelástico simplificado (S-VECD) del cual se obtiene la ley de fatiga del betún señalado en el modelo potencial de la ecuación (6).

$$N_f = A\left(\gamma_{máx}\right)^{-B} \qquad (6)$$

Donde: Nf= número de ciclos a la falla, γmáx= deformación máxima por tensión esperada en el betún bajo carga vehicular, A= coeficiente que representa la capacidad del betún para mantener su integridad durante los ciclos de carga y B= coeficiente que describe la sensibilidad del betún a los cambios en el nivel de deformación aplicado. Los coeficientes A y B del modelo S-VECD dependen de las características de cada ligante y los detalles sobre su formulación matemática se pueden encontrar en [8].

Parámetro ΔTc.

Recientemente el "Asphalt Institute" planteó un parámetro llamado ΔTc que intenta representar el equilibrio entre la rigidez del betún y su capacidad de relajarse o liberar tensiones cuando se presentan bajas temperaturas en el pavimento [9]. ΔTc se determina utilizando los resultados del reómetro de viga en flexión a múltiples temperaturas de congelamiento, particularmente las temperaturas exactas a la cual la rigidez del betún es igual a 300 mPa y la velocidad de flujo mejor conocida como pendiente de deformación m-valor es igual a 0.300. Entonces, el cálculo de ΔTc se plantea en la ecuación (7):

$$\Delta Tc = Tc_{(St)} - Tc_{(m)} \qquad (7)$$

En general, conforme el valor de ΔTc es más negativo significa de manera directa menor capacidad del betún para soportar el agrietamiento en bloque y, de manera indirecta, baja resistencia a la fisuración por fatiga. Se recomienda un valor máximo de -5°C.

4.3 Diseño de la mezcla bituminosa y elaboración de las probetas de laboratorio.

El esqueleto mineral se definió mediante métodos gráficos con la finalidad de proyectar una estructura granular que se localizara dentro de los puntos de control para una mezcla SUPERPAVE (AASHTO M323) con tamaño nominal de 12.5 milímetros. Los agregados pétreos utilizados corresponden a roca basáltica 100% triturada. El contenido óptimo de betún que cubrió los requerimientos volumétricos fue de 5.8% y se determinó a partir de cuatro/cinco porcentajes de prueba empleando una energía de compactación de 100 giros. Una vez establecida la fórmula de trabajo se fabricaron las muestras de laboratorio con un objetivo de 7±0.5% de vacíos de aire con la misma granulometría y contenido de betún variando únicamente el tipo de ligante utilizado. Es importante mencionar que todas las mezclas bituminosas se sometieron a un envejecimiento a largo plazo en horno de 8 horas a 135°C antes de ser compactadas a 150°C.

4.4 Determinación del potencial de agrietamiento de mezclas bituminosas (I-FIT).

Para evaluar la resistencia a la fisuración a temperatura intermedia (25°C en esta investigación) de las mezclas bituminosas se utilizó el nuevo método de prueba Índice de Flexibilidad de Illinois (AASHTO TP-124). La prueba se efectuó sobre probetas semi-circulares con una ranura vertical en la parte inferior central sometidos a flexión en tres puntos para crear fractura en modo I. Durante el ensayo una prensa servo-neumática aplica monotónicamente carga por compresión diametral a una velocidad de 50 milímetros/minuto llevando la probeta hasta la ruptura, mientras que el desplazamiento a la falla es continuamente monitoreado por un sistema de sensores LVDT´s. Con base en la información registrada, se logra crear un gráfico llamado curva "carga vs desplazamiento", la cual, a su vez, permite calcular la energía de fractura, el trabajo de fractura, y el índice de flexibilidad por medio de las ecuaciones (8), (9) y (10), respectivamente.

$$G_f = \frac{W_f}{B \times L} \qquad (8)$$

Donde: G_f = energía de fractura en J/m2, B= espesor espécimen en mm, L= altura área de fractura en mm y W_f = es el trabajo realizado durante el proceso de fisuración en KN-mm.

$$W_f = \int_0^{\Delta R} P \bullet du \qquad (9)$$

Donde: P= carga máxima aplicada en KN, u= desplazamiento en mm y ΔR= es el desplazamiento en mm cuando la carga aplicada en la región post-pico es cercana a cero.

$$FI = \frac{G_f}{abs\,(m)} x\,A \qquad (10)$$

Donde: FI= índice de flexibilidad, m= es el valor de la pendiente formada en el punto de inflexión de la curva post-pico en KN/mm y A= es un factor de conversión y escalamiento fijado en 0.01. En general, altos valores de índice de flexibilidad indican una mayor resistencia del concreto asfáltico ante la fractura y, por ende, a la propagación de grietas.

5. RESULTADOS

Los resultados que se muestran en los próximos apartados corresponden al valor promedio obtenido después de realizar las pruebas por duplicado. Adicionalmente, es importante recalcar que el estudio se enfoca en la efectividad de cada método para evaluar el agrietamiento en el asfalto a partir de su correlación con el índice de Flexibilidad y no en la comparación directa entre las ventajas y desventajas que ofrecen los diferentes modificadores reológicos utilizados, por ende, los resultados se centran en primera instancia en la factibilidad de cumplir o no con las especificaciones recomendadas en la literatura para cada parámetro reológico del betún.

5.1 Betún

5.2 Ensayos reológicos

Por un lado, la Figura 1 exhibe a través de la curva maestra el nivel de rigidez que presenta cada betún en función de la frecuencia reducida, así como la variación del ángulo de fase (variables utilizadas para el cálculo del parámetro G-R, G-Rm y TVET) y, por el otro lado, la Tabla 2 recopila los indicadores reológicos calculados con las metodologías expuestas en el apartado 4.2 a 25°C y después de envejecer los betunes en RTFO+PAV.

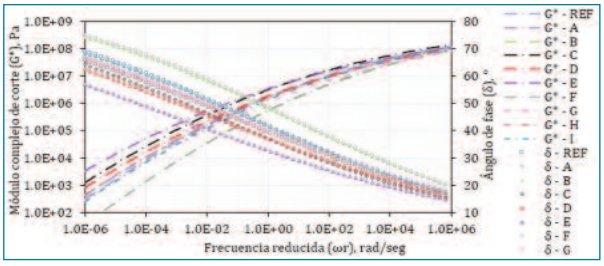


Figura 1. Curva maestra a una temperatura de 25°C en asfaltos envejecidos a largo plazo.

Tabla 2. Resultados de los índices reológicos y su desempeño frente al agrietamiento.

Apartado:	4.2 (Ensayos reológicos de agrietamiento)							
Asfalto	G-R	G-Rm	Tvet	Delta Tc	LAS,2.5%	LAS,5%	LAS,10%	LAS,15%
REF	371	4008	40.5	-7.9	838,442	31,732	1,202	166
A	399	4372	44.5	-8.7	2,702,126	97,520	3,519	463
B	56	1051	28.5	-4.1	2,465,522	158,594	10,214	1,991
C	969	7516	50.0	-11.4	149,022	4,178	117	17
D	576	4744	54.0	-9.9	288,760	7,409	190	24
E	1568	9357	71.5	-15.0	295,919	4,178	58	5
F	62	1891	28.0	-7.2	2,222,729	131,563	7,787	1,435
G	256	2326	45.5	-10.1	7,048,200	265,056	9,968	1,357
H	449	3872	47.0	-7.5	2,563,313	74,287*	2,153	294
I	193	2346	41.0	-6.5	818,868	35,189	1,512	288

La tabla superior permite observar que únicamente los betunes **B** y **F** son poco susceptibles o están fuera de peligro de presentar agrietamiento de acuerdo con la interpretación del parámetro Glover-Rowe@15°C/0.005 rad/seg, mientras que, los betunes **C** y **E** exhiben una elevada propensión al agrietamiento, ya que el balance entre la componente elástica y viscosa sobrepasa los 600 kPa. Por su parte, el resto de los asfaltos presentan un comportamiento aceptable y por debajo del límite máximo permisible (600 kPa) acercándose a esta frontera aquellos betunes identificados con la letra **D** y **H**. Bajo la óptica del parámetro Glover-Rowe modificado (25°C@ 10 rad/seg) todos los betunes presentan en general características adecuadas para resistir el agrietamiento por fatiga con la excepción nuevamente de los asfaltos **C** y **E**. De manera contraria, el parámetro ΔTc castiga el desempeño de todos los asfaltos y advierte que únicamente el asfalto B cuenta con la habilidad suficiente para soportar los distintos modos de fisuración ya que presenta un valor superior a -5 siendo este el indicador reológico más riguroso de todo el estudio.

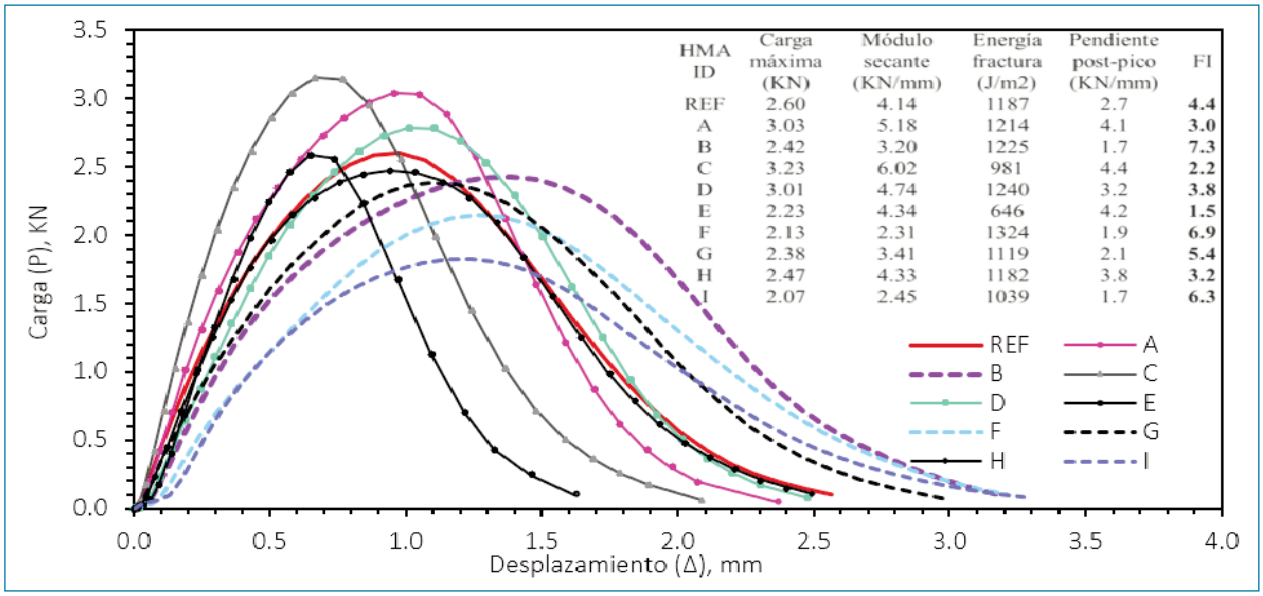
Por otro lado, para la temperatura de transición viscoelástica "Tvet" aún no cuenta con recomendaciones o especificaciones de desempeño bien definidas. Sin embargo, investigaciones recientes señalan un valor preliminar máximo de 45°C como señal de alarma para identificar asfaltos susceptibles al agrietamiento [10]. En este sentido, los asfaltos identificados con la etiqueta **B**, **F**, e **I** cumplen con la recomendación anterior. Para el caso del barrido de amplitud lineal (LAS) suele evaluarse el número de ciclos a la falla empleando amplitudes de deformación de 2.5 y 5.0% en la ley de fatiga cuando se trata de estructuras de pavimento flexible con espesor de carpeta asfáltica mayores a 4 pulgadas (500 μs) y menores a 4 pulgadas (1000 μs), respectivamente. En este contexto, el Modified Asphalt Research Center[11] propone soportar más de 15 mil ciclos para tránsito Estándar (S), mayor a 19 mil ciclos para tránsito alto (H) y superior a 31 mil ciclos para tránsitos muy altos (V) y extremos (E). En este escenario, todos betunes son capaces de soportar las condiciones de tránsito más severas en la condición de deformación a 2.5% (cuando se emplean espesores de carpeta robustos). No obstante, cuando la amplitud de deformación se duplica al 5.0% (espesores de carpeta delgados) los betunes **C**, **D** y **E** dejan de ser aptos para utilizarse inclusive en tránsitos bajos. Sin embargo, en esta investigación se decidió evaluar deformaciones del orden hasta del 15% con el propósito de identificar diferentes niveles de correlación con el Índice de Flexibilidad.

5.3 Determinación del potencial de agrietamiento de mezclas bituminosas (I-FIT).

Posterior a la ejecución de la prueba de agrietamiento y al análisis de las curvas *carga-desplazamiento generadas*, se procedió al cálculo de los parámetros más importantes para el estudio del comportamiento mecánico relacionado con el agrietamiento de la serie de probetas fabricadas con los diferentes modificadores reológicos. En la Figura 2 se comparan los valores promedio obtenidos en este ensayo de energía de fractura, al mismo tiempo que se muestra el avance de la grieta en la longitud total de cada elemento analizado.

**Coeficiente de variación del Índice de Flexibilidad "FI" (4 réplicas evaluadas); REF=17.2%, A=12.1%, B=4.8%, C=8.1%, D=9.4%, E=11.9%, F=7.5%, G=23.4%, H=16.8% e I=18.8%.*

A partir del gráfico superior, se puede apreciar que las mezclas bituminosas con los betunes marcados como **A**, **C**, **D**, **E** y **H** incrementaron notablemente su rigidez, ya que lograron las cargas pico y los módulos secantes más elevados. Sin embargo, las características anteriores estuvieron acompañadas de fuertes descensos de la curva carga versus desplazamiento en la región posterior a la falla, causando aumentos significativos en el valor de la pendiente y, por lo tanto, índices de flexibilidad (FI) hasta 65% más bajos con respecto a la mezcla bituminosa fabricada con el betún de control (**REF**). Este comportamiento frágil advierte sobre la preferencia de estos materiales por romperse súbitamente una vez alcanzada su resistencia máxima, lo cual de acuerdo con la técnica de análisis utilizada indica poca habilidad para soportar la fatiga y una mayor velocidad en la propagación de fisuras. Lo anterior, se traduce en el incumplimiento del requisito mínimo de calidad de 4.0 de Índice de Flexibilidad. Basados en el comportamiento de las mezclas bituminosas fabricadas con los asfaltos etique-



HMA ID	Carga máxima (KN)	Módulo secante (KN/mm)	Energía fractura (J/m2)	Pendiente post-pico (KN/mm)	FI
REF	2.60	4.14	1187	2.7	**4.4**
A	3.03	5.18	1214	4.1	**3.0**
B	2.42	3.20	1225	1.7	**7.3**
C	3.23	6.02	981	4.4	**2.2**
D	3.01	4.74	1240	3.2	**3.8**
E	2.23	4.34	646	4.2	**1.5**
F	2.13	2.31	1324	1.9	**6.9**
G	2.38	3.41	1119	2.1	**5.4**
H	2.47	4.33	1182	3.8	**3.2**
I	2.07	2.45	1039	1.7	**6.3**

Figura 2. Curva carga versus desplazamiento de las mezclas asfálticas analizadas a 25°C.

tados como **B**, **F**, **G** e **I** resulta evidente la disminución en el potencial de agrietamiento, puesto que, estos materiales desarrollaron mayor capacidad para mantener unidos sus componentes incluso después de alcanzar su carga máxima. Lo anterior, se ve reflejado en el abatimiento de la pendiente en la región post-pico (descenso más suave de la curva carga versus desplazamiento) y, de manera general existe un aumento importante del índice de flexibilidad cumpliendo sobradamente con el requisito mínimo de calidad. Por otro lado, en las Figuras 3 y 4 se exhiben los resultados correspondientes a la correlación lineal de Pearson existente entre los parámetros reológicos estudiados a nivel betún y el índice de flexibilidad obtenido en el concreto asfáltico envejecido a largo plazo. Además, se presentan las funciones de ajuste que, de la mejor manera posible, pasan cerca del conjunto de datos, así como su respectiva bondad de ajuste.

Los resultados del análisis de Pearson permiten identificar cuatro niveles de asociación entre las propiedades medidas en el ligante asfáltico y la mezcla bituminosa. En primera instancia, el método Glover-Rowe modificado exhibe una ***correlación muy fuerte*** con el índice de flexibilidad. En segundo lugar, los métodos Glover-Rowe la temperatura de transición viscoelástica TVET y el parámetro ΔTc presentan una ***correlación lineal fuerte*** mientras que, en un tercer nivel, el barrido de amplitud li-

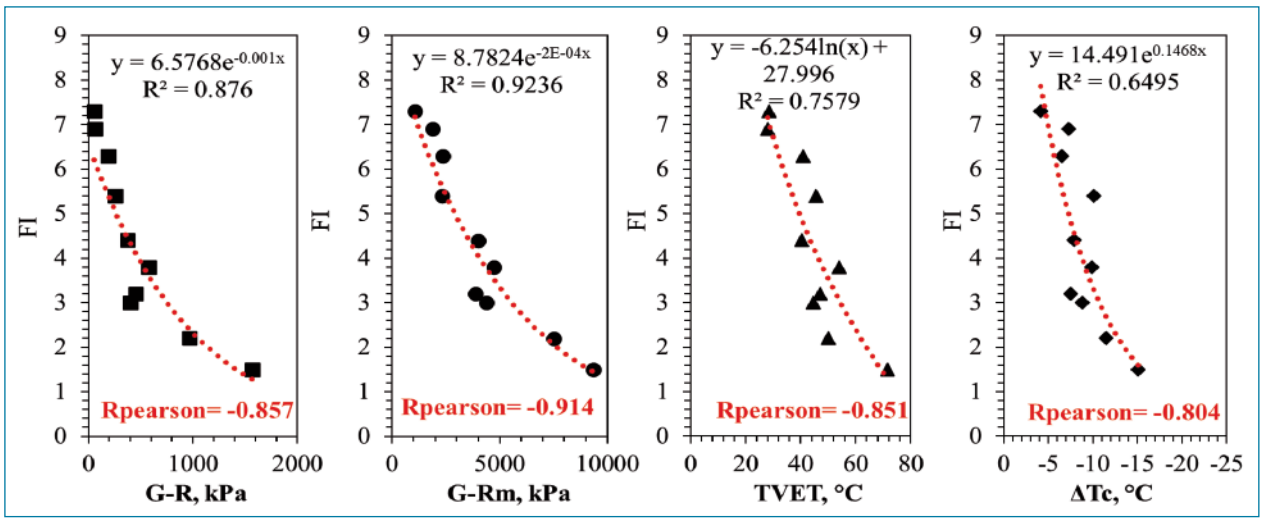


Figura 3. Correlación entre el Índice de Flexibilidad y los parámetros G-R, G-Rm, TVET y ΔTc.

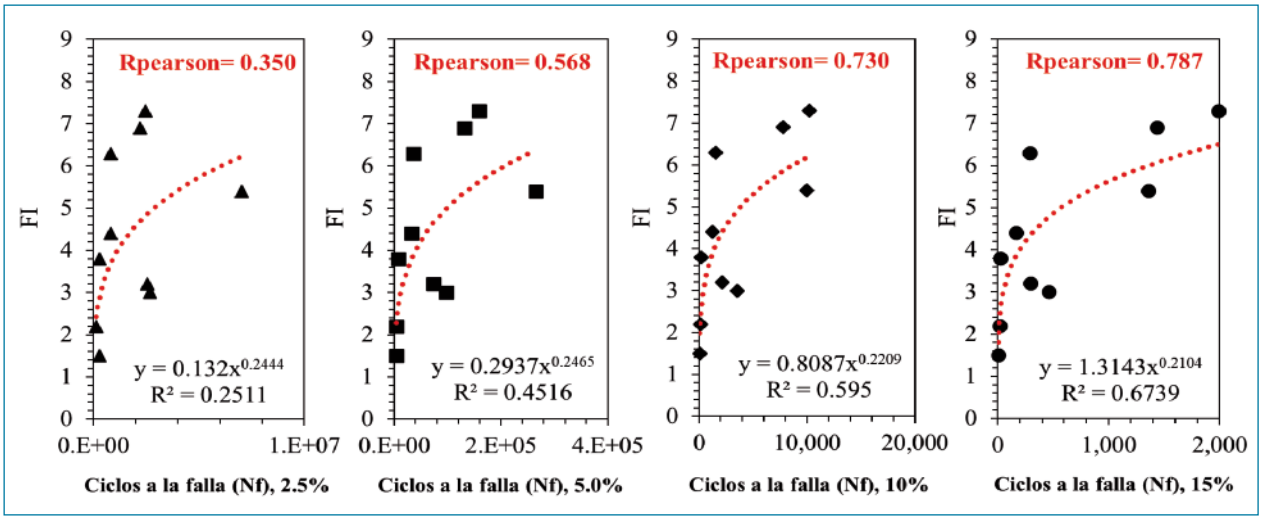


Figura 4. Correlación entre el Índice de Flexibilidad y el Barrido de Amplitud Lineal (LAS).

neal (utilizando 5, 10 y 15% deformación) presentan una ***correlación moderada***. Finalmente, existe una ***correlación lineal baja*** cuando se asocia el Índice de Flexibilidad con los ciclos a la falla en el ensayo "LAS" considerando 2.5% de deformación en la ley de fatiga. También, es importante mencionar que durante el estudio se verificó la eficacia del parámetro G*sen δ (mostrado en la Tabla 1) para valorar la propensión al agrietamiento de acuerdo con la especificación AASHTO M320, proporcionando la correlación más débil de todo el estudio. (-0.231). Continuando con el análisis reológico, la Figura 5 reúne los resultados obtenidos en la prueba de Creep Repetido Multi-Esfuerzo (MSCR) evaluado a 64°C en apego al estándar de prueba ASTM D7405.

De acuerdo con la actual clasificación de betunes implementada en México a través de la prueba MSCR todos los betunes modificados presentados en el gráfico superior se clasifican como aptos para soportar un nivel de tránsito extremo a excepción del betún **I**, es decir, a una temperatura de trabajo del pavimento de 64°C soportarían el daño acumulado de más de 30 millones de ejes equivalentes. No obstante, esta cantidad de repeticiones de carga no solo generará deformación plástica

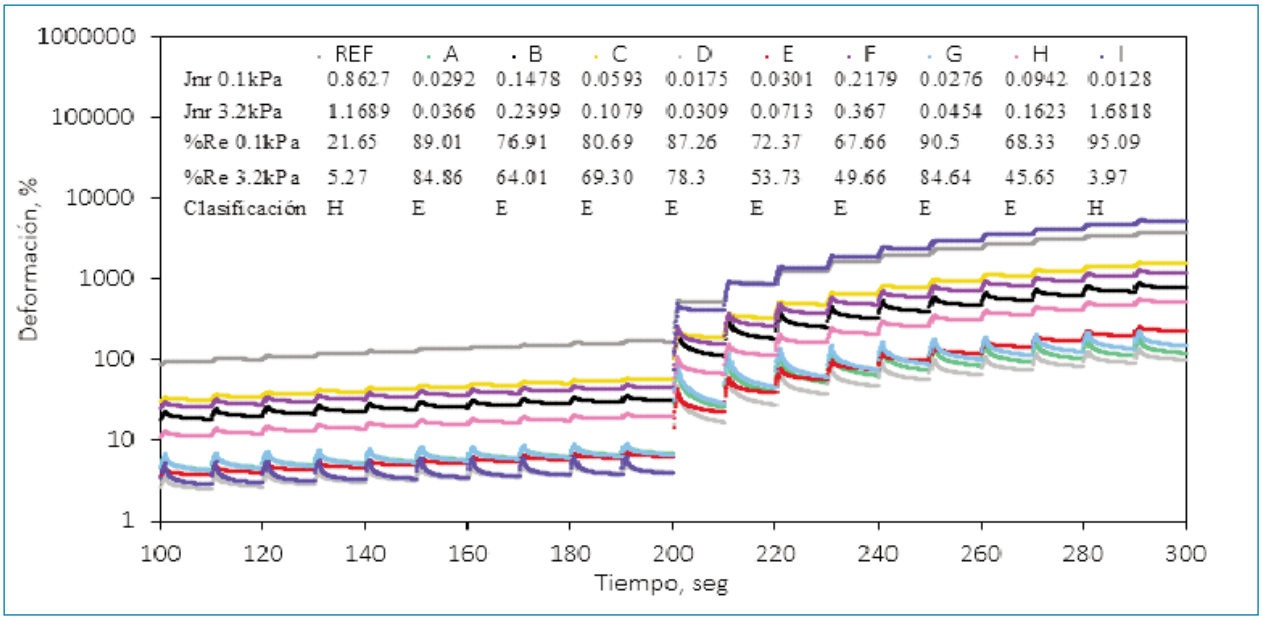


Figura 5. Resultados Creep Repetido Multi-Esfuerzo / Temperatura de 64°C betunes RTFO.

en la carpeta asfáltica sino también cierto nivel de agrietamiento y el parámetro Jnr por sí solo es ciego ante esta situación debido a que no existe una relación directa o tendencia clara entre el creep compliance no recuperable (J_{nr}) y el índice de flexibilidad ni tampoco correspondencia entre la respuesta elástica (%Re) y el índice de flexibilidad tal como se observa en la Figura 6.

función de la mezcla bituminosa dentro del paquete estructural.

De esta manera, cuando se utiliza el parámetro G-R_m como complemento ahora si es posible identificar de mejor manera que betunes modificados presentan la habilidad suficiente para soportar ambos modos de deterioro. Tomando como base el valor de G-R_m= 3950 kPa

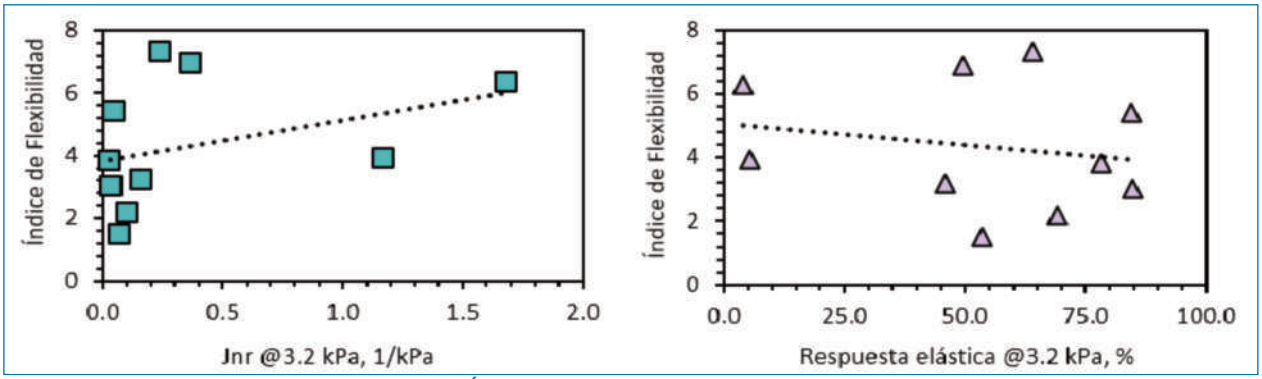


Figura 6. Correlación entre el Índice de Flexibilidad y los parámetros de la prueba MSCR.

Con base en estos resultados podría establecerse que la prueba MSCR no permite definir la aptitud de un betún en términos de resistencia al agrietamiento. Finalmente, en la Figura 7 se muestra el gráfico de dispersión entre el parámetro G-R_m y el valor de J_{nr} de cada betún. Lo anterior, con el propósito de demostrar el beneficio y aportación técnica de implementar un indicador del agrietamiento más certero que, en conjunto con el indicador de deformación permanente, permita seleccionar betunes de manera más adecuada para cada proyecto de pavimentación de acuerdo con el clima, tránsito y

calculado a partir de igualar el índice de flexibilidad a 4.0 unidades en el modelo exponencial generado podemos subdividir en diferentes cuadrantes el diagrama de interacción mostrado. De esta manera el espacio sombreado en azul (Bloque 1) contiene los betunes **B**, **F**, **G** y **H** de mejor desempeño aptos para cualquier intensidad de tránsito, mientras que, los asfaltos **A**, **C**, **D** y **E** contenidos en el área gris (Bloque 2) son propensos a agrietarse, pero su desempeño podría mejorarse ya sea en el diseño de la mezcla bituminosa o durante el dimensionamiento del pavimento como, por ejemplo; aumentar

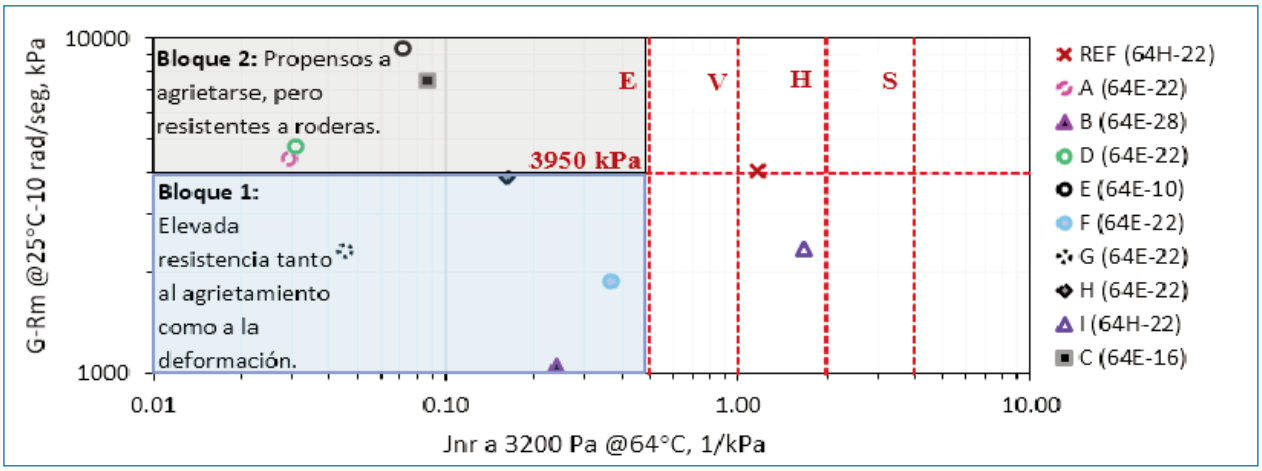


Figura 7. Creep Compliance no recuperable (Jnr) versus parámetro Glover-Rowe modificado.

contenido de betún efectivo, incrementar espesores de carpeta, colocar capas subyacentes que se encarguen de absorber los esfuerzos de tensión, etc., o bien estos betunes del bloque 2 podrían utilizarse cuando se requieran concretos bituminosos de alto módulo donde la elevada rigidez y estabilidad sean la característica deseada. Lo anterior, representa un análisis reológico mucho más completo en comparación con el actual parámetro $G^*sen\ \delta$ o el valor de J_{nr} de manera individual.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta investigación se evaluó la efectividad que poseen diferentes parámetros reológicos para diferenciar el potencial de agrietamiento de betunes con y sin modificadores. A partir de los resultados obtenidos se realizaron numerosas observaciones y, con base en ellas, las siguientes conclusiones:

1.- Para los materiales empleados y bajo los escenarios considerados en esta investigación el parámetro Glover-Rowe modificado se posicionó como el método más eficaz y adecuado para valorar la resistencia al agrietamiento del ligante puesto que; la fuerza de asociación entre G-R_m versus el índice de flexibilidad (FI) fue la más alta de todo el estudio. Sin embargo, la especificación provisional de 5000 kPa podría ser demasiado tolerante con aquellos betunes oxidados, endurecidos o modificados con productos que ofrezcan demasiada rigidez a cambio de sacrificar la posibilidad de deformarse elásticamente, tal como fue el caso de los betunes identificados como; **A**, **D** y **H** en donde el balance entre la componente elástica y viscosa se encuentran apenas por debajo del límite permisible, pero sus índices de flexibilidad en el concreto bituminoso exhibieron un comportamiento inferior al de la mezcla bituminosa de control sin modificar.

2.- La utilización de un parámetro más eficaz para caracterizar la resistencia al agrietamiento en conjunto con el valor de J_{nr} permite tener una visión más clara del desempeño esperado de la mezcla bituminosa fabricada con ligantes de igual grado PG sometida a las mismas condiciones de carga y temperatura y, al mismo tiempo, da la pauta para identificar las acciones necesarias para potenciar el desempeño de los betunes disponibles en cada proyecto de pavimentación.

3.-Los resultados soportan claramente que no existe un ensayo reológico que permita abordar la deformación y el agrietamiento de manera simultánea, ya que cada deterioro es detonado por un mecanismo de solicitación diferente en una condición de envejecimiento del betún también diferente, lo cual, hasta el momento, no ha sido tomando en cuenta en la clasificación PG.

4.-Normalizar la energía de fractura a través de la pendiente en la región post-pico resultó en el cálculo del Índice de Flexibilidad, el cual nos permitió discernir de forma más acertada la resistencia al agrietamiento de las mezclas bituminosas analizadas puesto que; dos mezclas asfálticas pueden exhibir energías de fractura muy similares, pero con cargas pico y velocidad de propagación de grietas opuestas, lo cual representa un proceso de disipación de energía totalmente diferente (rotura) y, por ende, diferente resistencia al agrietamiento, tal como fue el caso de las mezclas bituminosas **A** y **B** logrando energías de fractura de 1214 y 1225 Joules/m^2, pero con índices de flexibilidad de 3.0 y 7.3, respectivamente.

7. REFERENCIAS

[1] D´angelo, J. (2019). Pavement Cracking: what binder properties control. Asphalt Magazine. Asphalt Institute.

[2] Asphalt Institute. (1996). MS (2) - Background of SUPERPAVE asphalt binder test methods. Lexington, Kentucky. U.S.A.

[3] Zhang, J., Walubita, L. F., Faruk, A. N. M., Karki, P., and Simate, G. S. (2015). Use of the MSCR test to characterize the asphalt binder properties relative to HMA rutting performance – A laboratory study. Construction and Building Materials, 94, 218–227.

[4] Zhou, F., Mogawer, W., Li, H., Andriescu, A., & Copeland, A. (2013). Evaluation of Fatigue Tests for Characterizing Asphalt Binders. Journal of Materials in Civil Engineering, 25(5), 610–617.

[5] Booshehrian, A., Mogawer, W., and Bonaquist, R. (2013). How to Construct an Asphalt Binder Master Curve and Assess the Degree of Blending between RAP and Virgin Binders. Journal of Materials in Civil Engineering. 25(12):1813-1821.

[6] Christensen, D. W., and N. Tran. (2021). Relationships Between the Fatigue Properties of Asphalt Binders and the Fatigue Performance of Asphalt Mixtures. Pre-publication draft of NCHRP Research Report 982. Transportation Research Board, Washington, D.C.

[7] Lorena Garcia Cucalon, Fawaz Kaseer, Edith Arámbula-Mercado, Amy Epps Martin, Nathan Morian, Sara Pournoman & Elie Hajj. (2018). The crossover temperature: significance and application towards engineering balanced recycled binder blends. Road Materials and Pavement Design, doi: 10.1080/14680629.2018.1447504.

[8] Hintz, C., Velasquez, R., Johnson, C., and Bahia, H. (2011). Modification and Validation of Linear Amplitude Sweep Test for Binder Fatigue Specification. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2207(1), 99–106.

[9] Asphalt Institute. (2019). State of the knowledge: Use of the delta tc parameter to characterize asphalt binder behavior. IS-240.

[10] Kaseer, F., Martin, A. E., & Arámbula-Mercado, E. (2021). Relationship between Rheological Indices and Cracking Performance of Virgin, Recycled, and Rejuvenated Asphalt Binders and Mixtures. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 036119812110074. doi:10.1177/03611981211007479.

[11] Teymourpour Pouya & Hussain Bahia. (2014). Linear Amplitude Sweep Test: Binder Grading Specification and Field Validation. Modified Asphalt Research Center (MARC) at Madison-Wisconsin University.

Os esperamos en el #XXIICILA

XXIICILA

GRANADA, 22-26 ABRIL 2024

XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto

Palacio de Congresos de Granada
22 a 26 abril de 2024

Toda la información disponible en nuestra web
www.congresocila.com

Mirando al pasado

Documento publicado en enero - febrero de 1972.

Boletín Proas
PRODUCTOS ASFALTICOS, S. A. - PROAS - AV. DE AMERICA, 33 - TEL. 415 05 50 - MADRID-2
VOLUMEN III.–Pág. 117



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

La protección de la naturaleza y la protección de la ecología y del ambiente se han convertido en los últimos tiempos en uno de los temas más debatidos.

En los Estados Unidos, la preocupación por este tema ha llevado, especialmente en las grandes zonas urbanizadas de las costas oriental y occidental, a verdaderas campañas en contra de la construcción de nuevas carreteras por temor al excesivo incremento de la superficie pavimentada. Claro es que tales campañas no podrían tener éxito alguno a menos que se descubrieran medios más eficientes para transportar a las personas y se limitara la fabricación y venta de automóviles, descubrimiento y limitación que parecen hoy por hoy totalmente fuera de nuestro alcance.

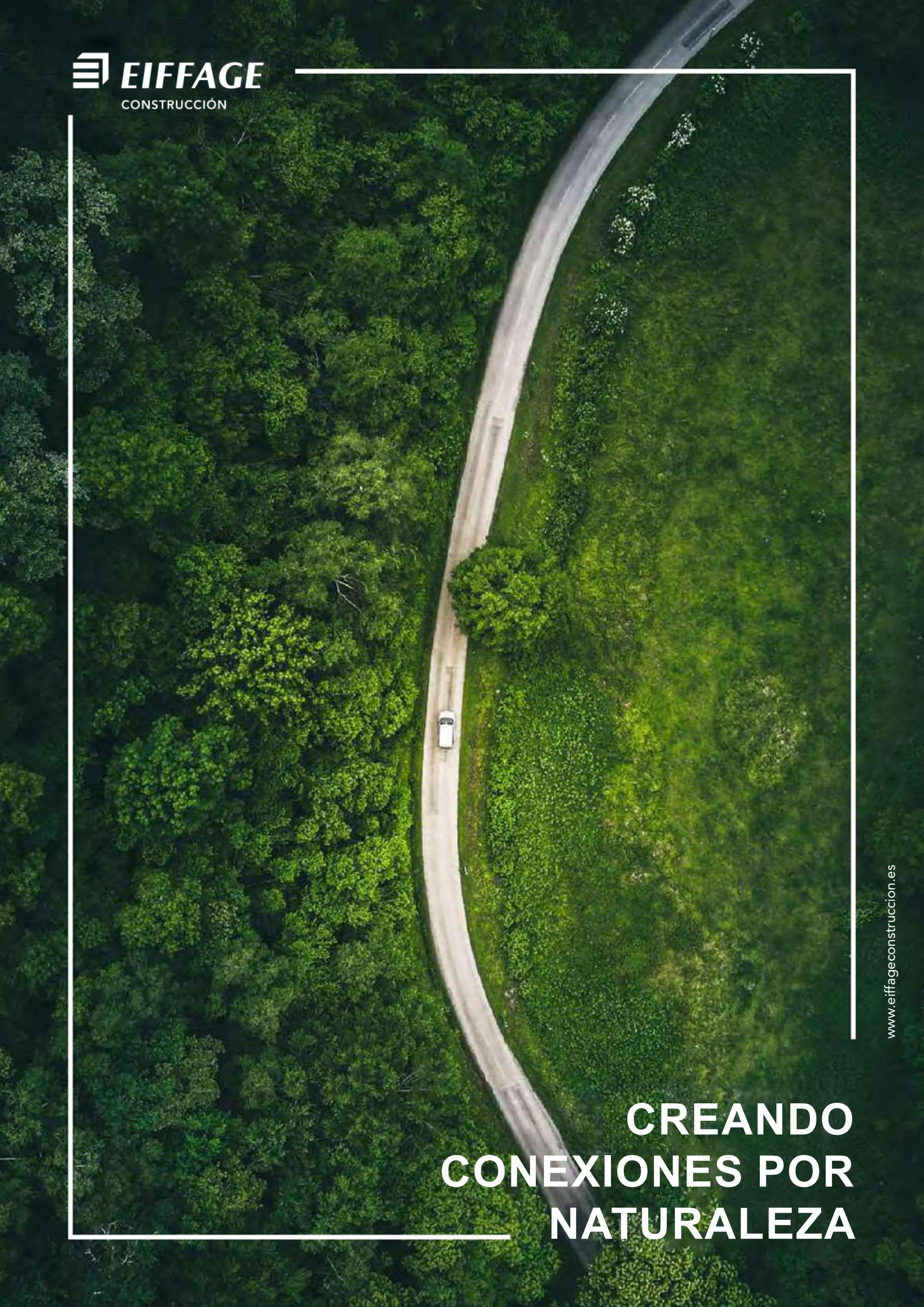
En realidad, el tráfico automóvil sólo puede suponer una agresión a la naturaleza, en cierta medida, en las grandes concentraciones urbanas, pero las carreteras, en cambio, constituyen un medio único de hacer accesible para todos el disfrute de la naturaleza y el paisaje en lugares de cuya belleza sólo podrían disfrutar, si no, algunos deportistas denodados.

Se ha discutido mucho si la existencia de una carretera afea el paisaje por el que discurre. Es tema que se presta mucho a las apreciaciones personales y, por lo tanto, susceptible de discusión por tiempo prácticamente indefinido. A nuestro entender, todo depende de las características del paisaje y de la carretera, así como del acoplamiento de ambos, afirmación perogrullesca que podría aplicarse a cualquier obra humana situada en un escenario natural. Sea como fuere, para disfrutar del paisaje hay que llegar a él y esto exigirá la presencia de una carretera.

Una autopista moderna, con sus amplias curvas, sus airosos viaductos y sus taludes suaves cubiertos de plantaciones, puede ser una obra verdaderamente bella que destacará en medio del paisaje sin desmerecer de él. En cambio, una carretera de poca importancia, destinada a absorber un tráfico ligero y poco frecuente, no podrá estar tan cuidada, pero humildemente pegada al terreno, podrá fundirse con él pasando casi desapercibida como una cenicienta que cumple su misión.

La carretera es una parte de la vida del hombre actual, no es ya sólo un camino, sino, cada vez más, un lugar para estar. Hagámosla cada vez más agradable.

EIFFAGE
CONSTRUCCIÓN



CREANDO CONEXIONES POR NATURALEZA

www.eiffageconstruccion.es

Calendario de eventos

AÑO 2024

4 de abril EAPA	**International Road Conservation Day**	www.eapa.org
22-26 de abril CILA	**XXII CILA**	**Granada (España)** www.congresocila.com
8-9 de mayo AEC	**27º Vyodeal Carreteras locales, Carreteras sociales**	**Barcelona (España)** www.aecarreteras.com
19-21 de junio EUROBITUMEN	**8th E&E Congress**	**Budapest (Hungria)** www.EECONGRESS2024.org
3 de octubre EUROBITUMEN	**Mastic Asphalt Congress**	**San Sebastian (España)** www.eurobitume.eu
28-30 de octubre NAPA	**Perpetual Pavement Conference**	**Louisville (USA)** www.asphaltpavement.org
4-6 de noviembre AEMA	**8th International Symposium on Asphalt Emulsion Technology**	**Washinton DC (USA)** www.aema.org

AÑO 2025

2-5 de febrero NAPA	**NAPA 2025 Annual Meeting**	**Hawai** www.asphaltpavement.org



ADVANTAGE 55: Asphalt pavements provide a smooth, quiet, skid-resistant ride surface #AsphaltAdvantages

Reduciendo emisiones, reforzando el firme

ABRIL2024

Colaboran: asefma EAPA eurobitume ZAS

/asefma @asefma_es /company/asefma @asefma

EVENTOS

4 de abril
#IRMD2024

22-26 de abril
#XXIICILA

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					



ADVANTAGE 10: The best visibility of road markings is on asphalt roads #AsphaltAdvantages

Reduciendo emisiones, reforzando el firme

MAYO2024

Colaboran: asefma EAPA eurobitume ZAS

/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		

Noticias del sector

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

ASEFMA ha anunciado una subida del 8,1% en el consumo de betún en España para mezclas asfálticas en 2023

El presidente de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, anunció el pasado mes de enero durante la Asamblea General Ordinaria de la entidad que la industria española del asfalto había cerrado 2023 con una cifra estimada de producción de mezcla bituminosa de 18,5 millones de toneladas. El consumo de betún para mezclas bituminosas pasa de 582.331 toneladas a 629.756, lo que supone una subida del 8,1% respecto al ejercicio anterior pero con una tendencia lateral desde 2019 que parece predecir una nueva caída el próximo año.

"194,4 millones de toneladas es la cifra del desfase acumulado en la producción de asfalto desde 2010 para mantener adecuadamente la red española de carreteras atendiendo a su longitud, tráfico y condiciones climatológicas", explicó Juan José Potti. Este déficit ha repercutido al tejido empresarial, alertó el presidente de la patronal: "en los últimos quince años el número de suministradores de betún en España ha pasado de ocho a tres".

En materia de sistemas de licitación, Potti celebró que haya "continuado el sistema de licitación por concurso para las obras de refuerzo de firmes del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible superiores a los 0,5 millones de euros ", ya que dicho sistema favorece la innovación, experiencia y nuevos desarrollos, frente a las licitaciones por subasta donde prevalece el criterio económico y el producto normalizado. El número de obras licitadas en 2023 ha marcado un hito en la última década: "en total se han licitado más de 334 millones, lo que supone un crecimiento del 140% respecto al 2022, y tenemos por delante un horizonte a tres años de más de 130 millones anuales".

Juan José Potti también destacó que todos los socios fabricantes de la asociación han completado el proceso para obtener la Declaración Ambiental de Producto (DAP) sectorial para cuatro familias de mezclas bituminosas: AC, BBTM, SMA y PA. Además, Potti señaló que en los pliegos del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, la Dirección General de Carreteras (DGC) y la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes Terrestres (SEITT) valoran la DAP. En la Diputación de Valencia, por su parte, se exige la DAP para las obras de carreteras, marcando así un compromiso con los estándares ambientales en el sector.

En otro orden de ideas, el presidente de la patronal informó que los socios de ASEFMA, gracias a la convocatoria PRTR 2022, están llevando a cabo inversiones significativas. Se prevé una implementación de alrededor de 40 millones de euros en maquinaria y bienes de equipo durante los años 2022, 2023 y 2024, fortaleciendo así el compromiso del sector con la modernización y sostenibilidad en sus procesos.

La Unión Europea adopta el Reglamento de Datos, una nueva legislación sobre el acceso a los datos y su utilización

El Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) del 22 de diciembre publicó el Reglamento (UE) 2023/2854 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2023, sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización, y por el que se modifican el Reglamento (UE) 2017/2394 y la

Directiva (UE) 2020/1828 (Reglamento de Datos, o Data Act). La nueva legislación, que entró en vigor el pasado 12 de enero de 2024, establece obligaciones horizontales para fabricantes de productos conectados y proveedores de servicios relacionados en cuanto al acceso y uso de datos en contextos de intercambio de datos empresariales (B2B), empresariales a consumidores (B2C) y empresariales a gobierno (B2G).

El Reglamento de Datos impone a fabricantes de productos conectados y proveedores de servicios relacionados la obligación de permitir que sus usuarios, ya sean empresas o particulares, accedan y reutilicen los datos generados por el uso de sus productos o servicios, y permite a los usuarios acceder y compartir los datos que se generan. Es decir, una vez aplicada, la nueva legislación permitirá a los usuarios de productos conectados, incluyendo maquinaria de construcción, acceder de forma predeterminada y gratuita a los datos generados por su uso. Además, a solicitud del usuario, los titulares de los datos estarán obligados a compartirlos con terceros.

Respecto a los datos comprendidos, la nueva ley se centra en las funcionalidades de los datos recopilados, introduciendo una distinción entre "datos de productos" y "datos de servicios relacionados", de los cuales solo los "datos fácilmente disponibles" para los titulares de los datos estarán sujetos a obligaciones de intercambio de datos.

El día 12 de enero de 2024 entró en vigor del Reglamento de Datos y marcó el inicio del período de transición de 20 meses antes de que el nuevo marco normativo sobre el intercambio de datos industriales se aplique y se vuelva obligatorio en todas sus partes. La fecha de aplicación está establecida para el 12 de septiembre de 2025. Sin embargo, los requisitos de diseño y fabricación establecidos para el acceso simplificado a datos según el Artículo 3 serán aplicables a nuevos productos conectados y servicios, relacionados colocados en el mercado después de 32 meses desde la fecha de entrada en vigor de la regulación, es decir: a partir del 12 de septiembre de 2026. Los fabricantes de productos conectados tendrán tiempo hasta entonces para realizar las adaptaciones necesarias y hacer que los productos cumplan con el nuevo conjunto de requisitos de intercambio de datos.

El Comité Europeo de Equipamiento para Construcción (CECE, por sus siglas en inlgés) según ha informado en nota de prensa, ha contribuido activamente a mitigar el impacto de las nuevas obligaciones de intercambio de datos en los fabricantes de equipos de construcción en todas las etapas del proceso legislativo. "El sector reconoce los profundos cambios que el Reglamento de Datos traerá a los modelos y prácticas consolidadas de intercambio de datos, ya que hasta ahora, el intercambio de datos B2B se ha basado exclusivamente en el principio de libertad contractual", explica. "Muchas empresas se verán pronto obligadas a adaptar sus productos, servicios, acuerdos contractuales voluntarios y modelos de negocio a las nuevas obligaciones y requisitos en un corto período de tiempo".

La digitalización de carreteras y vías urbanas protagonizan el 3er Congreso Español de Smart Roads



Del 19 al 21 de diciembre de 2023, la Sala Agustín de Betancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en Madrid, acogió la tercera edición del Congreso Español de Smart Roads. En este encuentro, organizado por el Foro Español de Smart Roads (iniciativa de la Asociación Española de la Carretera – AEC), se analizó en profundidad la realidad viaria para presentar los avances más significativos y las propuestas de mayor calado en el camino hacia las carreteras inteligentes.

El argumento central de esta edición fue "La digitalización de carreteras y vías urbanas para la mejora de los servicios al ciudadano", que se materializó en seis grandes temáticas donde se enmarcaron las exposiciones de los expertos:

1. Dotaciones y equipamiento necesarios para la transformación de las carreteras en infraestructuras inteligentes
2. Propuestas y desarrollos de carreteras y secciones conectadas
3. Requisitos de la movilidad autónoma: vehículos vs infraestructuras
4. La gestión de la información en la movilidad por carretera: captación, almacenamiento y agregación de valor
5. Big Data para la optimización de la movilidad
6. La gestión de zonas de bajas emisiones y mejoras en entornos urbanos.

Juan F. Lazcano, reelegido Presidente de la AEC por cuarto mandato consecutivo

El Consejo Directivo de la Asociación Española de la Carretera (AEC), reunido el pasado 18 de enero en la sede de la Asociación Española de Normalización UNE, en Madrid, ha ratificado como presidente de la entidad a Juan Francisco Lazcano Acedo, que continuará otros cuatro años al frente de la Asociación.

Juan Lazcano manifestó "Tenemos ante nosotros el ambicioso objetivo de contribuir a cambiar el modelo de movilidad, para hacerlo más seguro, sostenible y conectado, posicionando a la AEC en un plano de adaptación y superación continuos" y propuso "evolucionar hacia una visión en la que prime más el concepto de movilidad que el de infraestructura, promoviendo y situando la solvencia técnica de los discursos de carretera sostenible y carretera inteligente al mismo nivel que el de carretera segura"

Asimismo, considera fundamental afianzar el papel que la AEC ejerce como interlocutor entre administraciones, y reforzar su rol en el ámbito de los usuarios de la movilidad a través del acercamiento a las organizaciones de consumidores.

ASEFMA lanzó su calendario 2024 sobre el valor de los pavimentos asfálticos con un guiño a los Juegos Olímpicos de París 2024

La entidad que representa a los fabricantes españoles de asfalto expone cada mes la capacidad de los pavimentos asfálticos para adaptarse y evolucionar en este mundo cambiante así como para mejorar la vida de los ciudadanos. Como en ediciones precedentes, apoya su argumentario en imágenes de gran impacto, incorpora comunicaciones de la campaña "Asphalt Advantages", promovida por EAPA y Eurobitume, e incluye eventos destacados.

De enero a mayo el calendario subraya que la red de carreteras es la primera red social: conecta a las personas. También destaca que las vías secundarias proporcionan futuro a la España vaciada y que el asfalto sigue siendo el soporte de los nuevos medios de transporte. Insiste en la importancia de un pavimento en óptimas condiciones para la conducción autónoma.

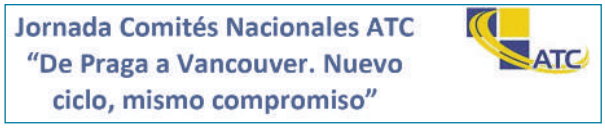
A partir de junio, el enfoque se orienta hacia los Juegos Olímpicos que se celebrarán entre el 26 de julio y el 11 de agosto de 2024 en París (Francia), donde el asfalto se convierte en la base de pistas y estadios. Los meses posteriores resaltan su papel en diversas prácticas deportivas.

En octubre, el calendario enfatiza que la sostenibilidad debe estar en la base de todos los cambios y evoluciones sociales. Noviembre destaca la aportación a la seguridad vial de los firmes antideslizantes. El año culmina con el mensaje de que los pavimentos asfálticos es el soporte sobre el que se circula para celebrar las fiestas navideñas.

En el calendario 2024 como en anteriores ediciones colaboran con ASEFMA, las agrupaciones europeas EAPA y EUROBITUME que distribuirán el calendario en versión inglesa entre sus asociados y la Asociación Eslovena de Pavimentación Asfáltica (Združenje asfalterjev Slovenije, ZAS) que publicará el calendario en lengua eslovena. Entre los eventos señalados en el calendario, destaca el Día Internacional de la Conservación de Carreteras (4 de abril), el Día Mundial de la Carretera (11 de octubre), el XXII Congreso Ibero Latinoamericano

del Asfalto (22 a 26 de abril) y el E&E Congress 2024 (19 a 21 de junio).

La ATC organizó la Jornada Comités Técnicos Nacionales en Madrid el 21 de febrero de 2024



Como cada cuatro años, la Asociación Técnica de Carreteras en su función de Comité Nacional Español de PIARC volvió a convocar a los técnicos del sector para exponer la actividad pasada y futura de sus comités técnicos. Durante este ciclo 2020-23 los comités han estado muy activos. Como resultados más visibles se pueden mencionar las publicaciones en forma de artículos en la revista RUTAS y monografías, la celebración de jornadas de divulgación reuniones bajo diferentes formatos, así como actividades de formación. Quedan otros resultados menos visibles e incluso intangibles que pueden haber quedado ocultos pero que, sin duda formarán parte del patrimonio del sector vial.

Para conseguir todo eso ha sido necesaria una labor muy profesional, tenaz y callada dentro de los distintos comités. Por ello, uno de los objetivos de esta jornada es dar a conocer los resultados más visibles de este trabajo de forma resumida y también aquellos acontecimientos, positivos y negativos, que se han dado en estos años. Con un notable esfuerzo de condensación se expusieron resultados y experiencias que, con seguridad, suscitaron el interés de los asistentes.

En segundo lugar, y no menos importante, los comités dieron a conocer en esta jornada, las líneas maestras de su actividad para este nuevo ciclo 2024-27, que coincide con el del plan estratégico de PIARC y que culminará con el próximo Congreso Mundial de la Carreteras, que se celebrará en Vancouver (Canadá) en octubre de 2027.

La Cátedra Torrescamara de la UPV organizó la Jornada Innovación en Carreteras en Valencia el 29 de febrero de 2024



La Jornada de Innovación en Carreteras ha sido organizada por la Cátedra Torrescamara de la Escuela de Ingeniería de Caminos (Universitat Politècnica de València), en colaboración con la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible).

El propósito principal de esta jornada ha sido destacar la importancia de la innovación como motor de cambio hacia un modelo de carreteras sostenibles, inteligentes, seguras y conectadas. Este evento ha representado una oportunidad única para que la sociedad en su conjunto, los estudiantes universitarios y el sector de la ingeniería civil y de carreteras conozcan y valoren el potencial que las nuevas tecnologías pueden aportar para impulsar un nuevo modelo de transporte por carretera y de movilidad.

El evento se centró en la eficiencia práctica y el valor de la innovación, todo ello sustentado en el impulso que supone el Programa de Compra Pública de Innovación de la Dirección General de Carreteras.

El programa contó con una sesión dedicada a la Construcción eficiente y sostenible y en ella, destacados ponentes trataron sobre el diseño y ejecución de mezclas asfálticas sostenibles, la digitalización de los procesos y la Huella de Carbono en la construcción y rehabilitación de firmes.

El comité organizador del XXII CILA ha anunciado las oportunidades comerciales para la edición 2024 del Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto

Con una asistencia prevista superior a los mil participantes, entre los que se encuentran expertos e investigadores internacionales, representantes de administraciones públicas y líderes de la industria, el XXII CILA ofrecerá un ambiente propicio para el intercambio de conocimientos, establecimiento de alianzas estratégicas y la visualización de las últimas tendencias y avances en el ámbito del asfalto. Organizado por la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) y la Asociación Técnica de Carretera (ATC), con respaldo institucional del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, la Junta de Andalucía, el Ayuntamiento de Granada, la Asociación Española de la Carretera (AEC) y la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB); esta cumbre de máximo nivel no solo brinda visibilidad a nivel internacional, sino que también proporciona un escenario ideal para presentar productos y servicios, establecer conexiones clave y participar en conversaciones que impulsarán el desarrollo y la innovación en la industria el asfalto, a la vez que contribuyen a definir el futuro del sector.

Patrocinios, máxima visibilidad en el XXII CILA de Granada

Entre las opciones de patrocinio, el XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (XXII CILA) ofrece tres modalidades. La máxima categoría corresponde al Patrocinio Verde (Green Sponsor), que ofrece la mayor visibilidad (presencia en todos los soportes, incluido informe final de compensación ambiental) y beneficios (estand de 12 m^2, cinco inscripciones a evento, cuatro pases de expositor, etc), y es la opción elegida por las entidades comprometidas medioambientalmente y que además quieren tener una participación activa en la compensación de huella de carbono. Con Eiffage Infraestructuras, Sedinfra y Repsol ya comprometidos como patrocinadores Green, la puerta aún está abierta para que compañías visionarias se sumen a este evento pionero y destaquen en el escenario mundial del asfalto.

El Patrocinio Oro (Golden Sponsor) proporciona una destacada presencia en la web, rótulos y programas digitales, junto con inscripciones gratuitas, pases de expositor y un estand de 12m^2. Finalmente, el Patrocinio Plata (Silver Sponsor), incluye un estand de 6 m^2 y visibilidad en diversos medios.

Estas opciones permiten a las empresas no solo fortalecer su presencia en el evento y ante la comunidad iberolatinoamericana del asfalto, sino también contribuir al éxito y la sostenibilidad del XXII CILA.

Pabellón comercial, escaparate de alto nivel para los mercados de Iberoamérica, España y Portugal

La exposición comercial cuenta con la participación confirmada de once destacadas entidades, que presentarán sus últimas tecnologías, servicios y soluciones en el ámbito del asfalto. Desde materiales de construcción de última generación hasta maquinaria especializada, el amplio pabellón comercial del XXII CILA ofrecerá a los asistentes una visión integral de los avances más recientes en la industria.

Las entidades interesadas en tener presencia en dicha área, también cuentan con diversas modalidades de estands que se adaptan a las necesidades y estrategias de cada empresa expositora. Desde estands más compactos de 6 m^2 hasta opciones más amplias de 36 m2, cada espacio ofrecerá la oportunidad de destacar y establecer conexiones clave con profesionales del sector.

Además de las mencionadas oportunidades de patrocinio, cabe resaltar la destacada presencia de una extensa exposición de maquinaria que ocupará la zona exterior del Palacio de Congresos de Granada. Este espacio reservado al aire libre ofrecerá a los participantes

una visión completa de las últimas innovaciones en maquinaria especializada para la industria del asfalto. Empresas líderes presentarán sus equipos más avanzados, proporcionando a los asistentes la oportunidad de conocer de cerca las tecnologías de vanguardia que impulsarán el futuro del sector. Esta exhibición de maquinaria complementa perfectamente las diversas oportunidades de patrocinio, convirtiendo al XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto en un evento integral que abarca todos los aspectos clave de la industria.

Los organizadores recuerdan que existen otras valiosas oportunidades de patrocinio, como la posibilidad de respaldar las áreas de descanso y cafés, el servicio de streaming y la aplicación oficial del XXII CILA (app PDV by itafec). Además, se ofrecen opciones para organizar sesiones y conferencias comerciales, brindando a las empresas la oportunidad de destacar en espacios estratégicos del evento. Estas alternativas no solo amplían las posibilidades de visibilidad, sino que también permiten a las compañías personalizar su participación, contribuyendo así al éxito global del congreso.

Su Majestad el Rey Felipe VI acepta la Presidencia de Honor del XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto

S.M el Rey Don Felipe VI ha aceptado presidir el Comité de Honor del XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (XXII CILA), que se celebrará del 22 al 26 de abril de 2024 en el Palacio de Congresos de Granada. Así lo ha confirmado la Casa Real a la presidenta del comité organizador del XXII CILA y alcaldesa de Granada Marifrán Carazo y al secretario ejecutivo del XXII CILA y presidente de Asefma Juan José Potti, mediante carta oficial informando de la aceptación de Su Majestad el Rey Felipe VI de la Presidencia de Honor del destacado evento.

El congreso, que se llevará a cabo del 22 al 26 de abril de 2024 en el Palacio de Congresos de Granada, reunirá a un millar de profesionales vinculados a la ingeniería de carreteras y pavimentación asfáltica.

La aceptación de la Presidencia de Honor por parte de Su Majestad el Rey Felipe VI refuerza la posición del XXII CILA, que se llevará a cabo del 22 al 26 de abril de 2024 en el Palacio de Congresos de Granada, como el principal foro para el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos en el sector del asfalto. Conformado por 418 comunicaciones técnicas, el evento busca fomentar la innovación y fortalecer los lazos dentro de la comunidad iberolatinoamericana y se espera la asistencia de un millar de profesionales vinculados a la ingeniería de carreteras y pavimentación asfáltica.

El comité de honor del XXII CILA cuenta con la participación destacada del ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, y el presidente de la Junta de Andalucía, Juanma Moreno, como vicepresidentes. La alcaldesa de Granada, Marifrán Carazo, también integra el comité como vocal y presidenta del comité organizador del congreso.

El compromiso gubernamental con la innovación, el progreso y el desarrollo de las infraestructuras de carreteras en España y en la región andaluza se ve reflejado en la inclusión de estos líderes en el comité de honor. Además, figuras clave como el secretario permanente del CILA, Fernando Martínez, y el presidente de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) y secretario ejecutivo del XXII CILA, Juan José Potti, desempeñarán un papel fundamental como vocales.

El XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto se presenta como un espacio único donde la ciencia, la tecnología y la experiencia se fusionarán para impulsar el avance de las infraestructuras de carreteras en la Península Ibérica y Latinoamérica. La aceptación de estos distinguidos líderes en el comité de honor subraya la relevancia internacional del evento, consolidando el compromiso conjunto de actores clave en el impulso de la investigación, la sostenibilidad y la eficiencia en el ámbito de la pavimentación asfáltica.

Décima edición del Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo



Cuando se cumplen 20 años desde que se fundara el "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo", se da el pistoletazo de salida a su décima edición, que cuenta con un Jurado renovado, comenzando por la figura del Presidente, puesto que desempeñará el Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid D. Miguel Ángel del Val Melús.

Se trata de uno de los premios más importantes del sector a nivel internacional al que pueden optar los estudios, trabajos de investigación o tesis doctorales en los que se aborde el fenómeno viario desde cualquiera de sus múltiples perspectivas, siempre que sean estudios innovadores y novedosos, redactados en lengua española.

La iniciativa cuenta con el patrocinio de CBNK, Cepsa y Repsol, la colaboración institucional de la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, la colaboración patronal de Oficemen (Agrupación de Fabricantes de Cemento de España) y la colaboración empresarial de Dragados, Acciona Infraestructuras, Eiffage Infraestructuras, Euroconsult,

FCC Construcción, Ferrovial Construcción, Lantania, OHLA y Sacyr

El trabajo ganador recibirá una importante dotación económica de 12.000 euros. Entre los aspectos que se analizan para otorgar el premio, destacan los siguientes:

- Aportación al desarrollo de la tecnología de carreteras.
- Originalidad.
- Carácter innovador.
- Excelencia de las soluciones planteadas.
- Posibilidades de materialización práctica de sus conclusiones y relevancia de las mismas.
- Esfuerzo investigador.

En las últimas ediciones, los premios han recaído en los siguientes trabajos:

- Premio IX Edición: Investigación Materiales asfálticos mecanomutables para la construcción de carreteras inteligentes
- Premio VIII Edición: Proyecto SIMEPU (Sistema Integral de Mantenimiento Eficiente de Pavimentos Urbanos).
- Premio VII Edición: Estudio físico-químico de la oxidación del betún asfáltico y su relación con la fatiga a temperaturas intermedias de servicio.
- Premio VI Edición: Estudio para aumentar la seguridad en los tramos de adelantamiento de las vías convencionales

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



Catálogo de Capacidades Técnicas

Catalogue of Technical Capacities



Síguenos en: / Follow us on:

@asefma_es
@asefma
@asefma
company/asefma

www.asefma.es

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

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

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

Resumen XVIII Jornada Nacional de ASEFMA

Pablo Álvarez
Jefe de laboratorio e I+D+i de asfaltos en Becsa

Tengo el gusto de haber sido invitado de nuevo a esta tribuna, que me ceden amablemente, para robarles unos minutos de su tiempo y resumirles de forma breve lo que vivimos a finales del pasado año en la XVIII Jornada Nacional de Asefma. Como muchos de ustedes sabrán, el horóscopo chino se basa en un ciclo de 12 animales que se repiten cada 60 años. Y en ese país se asocia a cada año un animal específico que influye en las características de las personas nacidas en ese período (ruego piedad por parte de las personas eminentemente científicas, ahora intento explicarme). Pues si permiten trazar un paralelismo, el sector ha vivido en 2023 bajo la influencia del año de la DAP. No sé si conocen a esta especie en concreto. Animal vertebrado (según la UNE EN 15804:2012+A2:2020/AC:2021), de sangre semicaliente, templada o incluso fría, a ser posible, y de comportamiento complejo pero armonizado y verificable. Una criatura fascinante. Pues al mejor conocimiento de este "animal" dedicamos la primera sesión de la mañana del primer día de la Jornada, después de la inauguración, que corrió a cargo de Juan Pedro Fernández Palomino, Director General de Carreteras y Remedios Mazzolari Tortajada, Diputada del Área de Infraestructuras de la Diputación de Valencia. Junto a nuestro presidente ejecutivo, Juan José Potti, nos recordaron que estamos ante un cambio cultural en el sector desde el punto de vista de nuestro impacto ambiental y que las administraciones de carreteras ya han comenzado a andar el camino para que, entre todos, seamos capaces de construir infraestructuras más sostenibles, con todo lo que ello implica. Jesús Felipo, Director Técnico en Pavasal, fue el encargado de coordinar la primera sesión, citada anteriormente, que incluyó intervenciones que abordaron aspectos medioambientales y de cifras del sector. José Luis Peña volvió a ofrecernos una auténtica masterclass sobre la DAP sectorial, ahondando en los conceptos para que entendamos el fondo y la forma de esta potente herramienta de la que se ha dotado el sector. Subió al estrado de nuevo Juanjo Potti para ponernos ante el espejo de las cifras de producción anual y sus emisiones asociadas. Y nos brindó un enfoque diferente al introducir el factor durabilidad en sus estimaciones. Ojo a las primeras impresiones, mayores contenidos en betún en nuestras mezclas no siempre traen más emisiones asociadas en términos globales ponderados. A continuación, el turno fue para Pablo Boix, Jefe de Servicio de Construcción y Control de Calidad de la Diputación de Valencia, que nos habló de la iniciativa pionera de esta administración en la inclusión de criterios ambientales en sus licitaciones basados en DAP´s de producto. La mesa redonda que cerró la primera sesión giró en torno a la necesidad de ir de la mano, sector y administraciones, en todo el proceso de implantación de las tecnologías necesarias para reducir los impactos de nuestra actividad. Pablo Boix, Juanjo Potti y Alfonso Lujano, Director General de Infraestructuras Viarias de la Junta de Andalucía, debatieron sobre la implicación y preparación de



las empresas asfalteras presentes ante este desafío.

Nos fuimos al café y a la vuelta Ángel Sampedro, Director del Área de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Alfonso X, nos recibió como coordinador de la sesión 2 para llevarnos de la mano a conocer cómo se enfoca esta minoración de impacto del sector desde los países de nuestro entorno e incluso al otro lado del Atlántico. Visión desde fuera de la caja. Breixo Gómez, Director Técnico de EAPA, nos habló de la dificultad de poner orden y armonizar las reglas de juego a nivel europeo. Debemos saber dónde estamos (medir) y hacia dónde vamos (medir) supervisados por unas directrices comunes. Desde Estados Unidos, Joseph Shacat, Director de Pavimentos Sostenibles de NAPA nos esbozó la panorámica de reducción de emisiones asociadas a la actividad del sector en su país. Dos frentes de actuación: emisiones asociadas a la propia actividad constructiva y, fundamental, mitigación de emisiones indirectas provocadas por el tráfico como consecuencia de una adecuada conservación de los pavimentos. A continuación, Jean Claude Roffé, miembro de PIARC y embajador de la ERF, nos habló sobre los principales aspectos tratados en el



Congreso PIARC de Praga respecto hacia dónde transitar en la descarbonización del sector. Una vez más, doble enfoque. Nuestro impacto propio y el impacto positivo que produce la correcta conservación de nuestras carreteras. Y para finalizar la mañana, segunda mesa redonda. Breixo Gómez, Eduardo Fernández Bustillo, Director general de Eiffage Infraestructuras, José Manuel Lorente, Consejero Delegado de Eurovia España y Fernando O. Martínez de la Universidad Nacional de Rosario debatieron sobre las numerosas referencias internacionales en materia de descarbonización del sector. Conclusión; inversión y utilización de todas las herramientas a nuestro alcance para lograr los objetivos.

Tras la comida, Juan Jose Potti coordinó la sesión 3, enfocada en concretar cuál o cuáles deben ser los factores clave a nivel nacional que debemos considerar en nuestro propio camino a la descarbonización en el sector. José Luis Peña tomó la palabra en primer lugar para exponernos las líneas básicas del documento "Camino a la descarbonización en España" que pretende establecer mediante las herramientas a nuestro alcance, cuáles son las líneas de actuación para conseguir reducir el impacto del sector en cifras significativas. A continuación, subieron al estrado Camino Arce, Directora Técnica y de Desarrollo de Negocio en SEITT y Álvaro Navareño, Director Técnico de la DG de Carreteras, para compartir reflexiones y propuestas de las administraciones para impulsar la descarbonización del sector. Qué pueden hacer o hacen las administraciones públicas para estimular a las empresas que invierten y se preocupan por minimizar sus impactos. Y obtuvimos respuesta. Concreción y mano tendida. Y les tocó el turno a las empresas. La mesa redonda que cerró la sesión 3 estuvo compuesta por Jordi Albareda, Director Técnico de Sorigué, Jesús Guillén, Delegado de Firmes de Pavasal, Javier Cameo, Director de Tecnofirmes y Manuel Montolio, Director de Construcción de Becsa. Pudimos constatar las medidas concretas, recientes inversiones, tecnologías y recursos que las empresas del sector están implementando con la finalidad de ser punteras en el objetivo común de reducción de emisiones asociadas a su actividad.

Y así llegamos a la cuarta sesión: INTERCILA. Camino al XXII CILA de Granada. La pata que nos faltaba para completar el título de esta la jornada nacional de 2023. De la mano de Maria del Mar Colás, Directora Técnica de asfaltos en CEPSA y Miguel Ángel del Val, Catedrático de la UPM, recorrimos los preparativos del XXII Congreso CILA que se celebrará en 2024 en Granada; echamos la vista atrás para recordar la última vez que CILA visitó España, recordamos los objetivos del congreso y su programa técnico, empezamos a conocer la primeras cifras de participación, nos contaron el trabajo desarro-

llado por el comité de comunicación del congreso hasta la fecha, o el importante papel que jugarán las universidades en esta edición. Sin duda, la cita ineludible de 2024.

Sin darnos cuenta, amanecimos en el segundo día de jornada y nos preparamos de la mano de Lucía Miranda, Técnica de Asistencia Técnica de Asfaltos en Repsol y María González, Responsable de Diseño, Desarrollo y Optimización de productos asfalticos en Cepsa, para escuchar las propuestas al premio MPA 2023 en la sesión 5. Este año las propuestas finalistas partieron de las empresas Collosa, Cirtec, Pavasal, Eiffage y Eurovía, siendo esta última la que se alzó finalmente con el galardón con la propuesta titulada NEXT: El *Camino hacia la sostenibilidad*, presentada por Nuria Uguet, Directora Técnica de Eurovia España. Un completo programa de simulación de las emisiones asociadas a la actividad del grupo partiendo de datos reales.

Pausa de café y networking, como suele ser habitual, para llegar a la sesión 6 que sirvió de colofón a esta jornada nacional 2023. Juan José Potti abrió esta última sesión reflexionando sobre cuál debe ser la estrategia ambiental de Asefma en el corto-medio plazo. Clarificador. La DAP sectorial como dato de partida, su evolución y los proyectos que evalúen las emisiones generadas por el tráfico fueron algunos de los temas tratados. Tras la entrega de premios, el ya mencionado MPA2023 y el Asfaltero 4.0, que este año recayó sobre Javier Loma, Director de tecnología y Desarrollo en Padecasa, dimos paso a la entrega de los reconocimientos a la trayectoria profesional, momento que se ha convertido ya en un clásico de nuestras jornadas, por su carácter sorpresivo, humano y emotivo. Los 4 reconocimientos a la trayectoria de este año fueron otorgados a Vicente Meseguer, Director de Empresas en CHM, Manuel Montolio, Ángel Sampedro y Mayca Rubio, Catedrática de Ingeniería de la Construcción de la UGR. Merecidísimos galardones para estos grandes profesionales.

Para acabar esta encomienda, permítanme que me despida (¡qué horror!, me voy a auto-citar) echando mano del título que utilicé en el resumen de la primera mañana de las jornadas: "Ea, pues esto ya está aquí…", refiriéndome a que ya es una realidad la primera herramienta verificable de medida de impactos de la actividad del sector. Y todo parece indicar que ha venido para quedarse. Habrá que arreglarle una habitación en la casa.



kao
Kirei Making Life Beautiful

DANOX WM

SUSTAINABLE CONCEPT

MEJORA LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA PERMITIENDO REDUCIR TEMPERATURAS DE FABRICACIÓN, COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN.



Sin modificar la reología del betún

No requiere un equipo o maquinaria especial



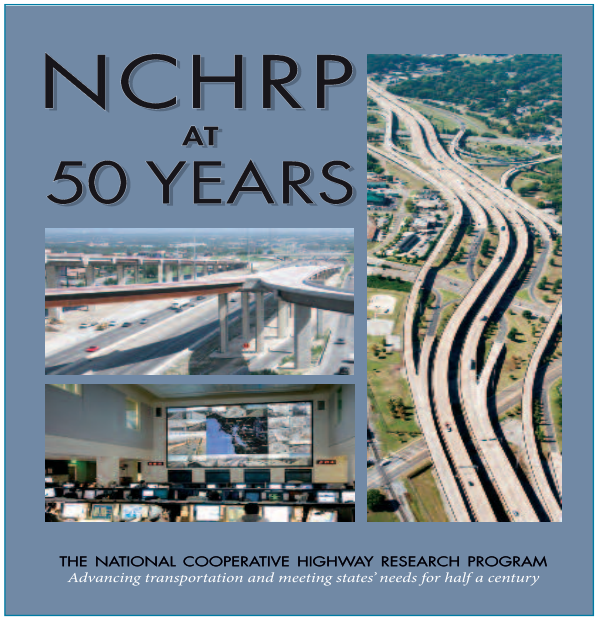
Sin impacto negativo a bajas temperaturas

kaochemicals-eu.com

Visítanos en el congreso XXII CILA
22-26 Abril, Granada
STAND 22-23

ASPHALT

I+D+i.
The national cooperative highway research program (NCHRP)



Hace medio siglo, los representantes de las organizaciones predecesoras de la AASHTO, el TRB y la FHWA, reconocieron la importancia de un programa de investigación dirigido por los Departamentos de Transporte estatales (DOT) que abordara las necesidades comunes del transporte, y el 19 de junio de 1962 se hizo oficial el acuerdo tripartito que creó el Programa Nacional de Investigación Cooperativa en Carreteras.

Los términos básicos y la filosofía de ese acuerdo original han permanecido esencialmente inalterados durante los últimos 50 años, dando lugar a hallazgos y recomendaciones que han marcado la diferencia, ya sea a través de la orientación directa a los DOT estatales o por otros medios, como las numerosas especificaciones y guías de la AASHTO y sus actualizaciones basadas en la investigación del NCHRP.

Hoy en día, el programa NCHRP sigue marcando tendencias en la I+D+i del sector del transporte, siendo un referente internacional sobre las tendencias en innovación del sector de la infraestructuras de carreteras.

A continuación, se detallan los más recientes proyectos abordados por este programa correspondientes al campo de investigación 1 (pavimentos) y al campo de investigación 2 (materiales bituminosos) que han sido publicados en el informe anual 2023 **https://www.trb.org/NCHRP/NCHRP.aspx**

Pavimentos

- NCHRP 01-63 Desarrollo de métricas/índices estructurales de pavimentos a partir de mediciones continuas para aplicaciones de gestión y diseño de pavimentos.
- NCHRP 01-62 Impacto de las inundaciones en la resistencia de los sistemas de firmes.
- NCHRP 01-61 Evaluación de recubrimientos de hormigón adherido sobre pavimentos asfálticos.
- NCHRP 01-60 Medición de las características de las imágenes de la superficie del pavimento y desarrollo de prácticas estándar para la calibración, certificación y verificación de los sistemas de imágenes.
- NCHRP 01-59 Mejoras propuestas para el diseño de pavimentos ME: Mejora de la consideración de la influencia de los suelos de la subrasante susceptibles a la contracción / hinchamiento y / o escarcha en las prestaciones del pavimento.
- NCHRP 01-58 Cuantificación de los efectos de los aperos de labranza sobre los firmes.
- NCHRP 01-57B Validación de las definiciones propuestas para los datos de agrietamiento de pavimentos comparables.
- NCHRP 01-57A Desarrollo de definiciones estándar para datos de agrietamiento de pavimentos comparables.

Materiales bituminosos

• NCHRP 09-72 Evaluación de la sensibilidad de los ensayos prestacionales del diseño de mezcla equilibrada a las propiedades del ligante y las variables de diseño de mezcla.
• NCHRP 09-71 Guía para desarrollar un marco optimizado de ensayos prestacionales de mezclas asfálticas para el diseño y aceptación de mezclas equilibradas (BMD&A).
• NCHRP 09-70 Evaluación de viabilidad y desarrollo de directrices para implementar protocolos prácticos de envejecimiento para la verificación y aceptación del diseño equilibrado de mezclas (BMD).
• NCHRP 09-69 Verificación de las cantidades de materiales utilizados en las mezclas asfálticas en las instalaciones de producción.
• NCHRP 09-68 Materiales asfálticos reciclados: Disponibilidad de ligante y su impacto en el rendimiento de la mezcla.
• NCHRP 09-66 Propiedades prestacionales de ligantes y mezclas asfálticas modificadas con plástico reciclado (RPM) producidas en laboratorio.
• NCHRP 09-65 Captura de la durabilidad de mezclas asfálticas con alta proporción de ligante reciclado (RBR).
• NCHRP 09-64 Desarrollo de métodos de laboratorio y especificaciones para probar materiales de capas de adherencia.
• NCHRP 09-63 Una especificación nacional calibrada y validada relacionada con las prestaciones para ligantes emulsionados.
• NCHRP 09-62 Ensayos rápidos y especificaciones para la construcción de pavimentos asfálticos reciclados en frío.
• NCHRP 09-60 Abordaje de los impactos de los cambios en la formulación y fabricación del ligante asfáltico en las prestaciones del pavimento a través de cambios en las especificaciones del ligante asfáltico.
• NCHRP 09-57B Validación en campo de los ensayos de laboratorio de agrietamiento de mezclas asfálticas.
• NCHRP 09-57A Robustez de los ensayos de laboratorio para evaluar la resistencia al agrietamiento de las mezclas asfálticas.

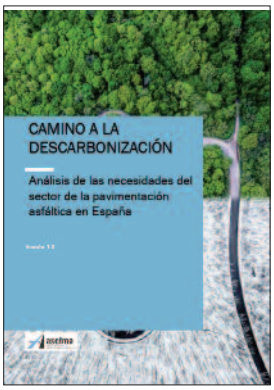
#100 AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

"Los firmes asfálticos, además de constituir un material totalmente reutilizable, son la solución que proporciona una rodadura sin juntas, suave, confortable y silenciosa y de rápido y fácil mantenimiento"

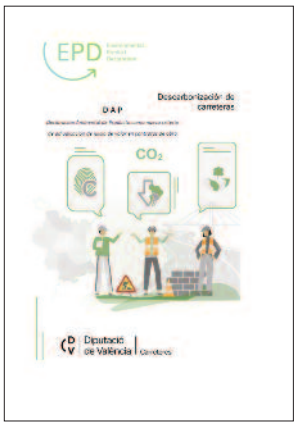
#CONFORT_Y_SEGURIDAD/SOSTENIBILIDAD

Lecturas recomendadas

Camino a la descarbonización. 2003. Asefma. 11 páginas



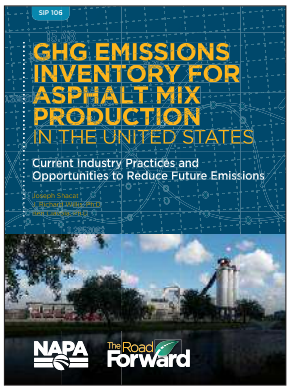
A raíz de la publicación de las declaraciones ambientales de producto sectoriales de mezclas bituminosas, las empresas asociadas a Asefma han diseñado una estrategia de descarbonización que sirva de referencia en la toma de decisiones en las próximas décadas.
Este documento resume las principales líneas de actuación previstas y cuantifica los potenciales impactos que pueden tener en los objetivos de descarbonización, teniendo muy presente los retos marcados por el Pacto Verde Europeo y el compromiso "Objetivo 55" de la Unión Europea.



Justificación de la Necesidad de la implementación de la Declaración Ambiental de Producto. (D.A.P.) como criterio de adjudicación basado en juicio de valor. 2023. Diputación de Valencia. 8 páginas.

La Contratación Pública Ecológica empieza a despuntar en el sector de la pavimentación asfáltica. Uno de los retos a los que se enfrenta es cómo valorar en los pliegos de licitación las diversas propuestas.
Dado que es muy complejo pasar de no existir ningún criterio de evaluación a llegar a disponer de criterios cuantitativos para cada obra, parece que el camino más adecuado es ir concienciando poco a poco a todo el sector de manera que se familiarice con las nuevas exigencias medioambientales.
Las declaraciones ambientales de producto (DAP) son un elemento informativo de primer nivel para conocer el estado actual del sector de la pavimentación asfáltica y facilitan valores de referencia para marcar objetivos futuros.
Con este fin, el área de carreteras de la Diputación de Valencia ha publicado este documento que detalla la valoración que se va a proporcionar a las DAP en futuras licitaciones.

https://www.dival.es/es/carreteras/content/implementacion-de-nuevos-criterios-de-adjudicacion-evaluables-mediante-dap



GHG emissions inventory for asphalt mix production in the United States. Noviembre 2022. NAPA. 67 páginas.

La industria de producción de pavimentos asfálticos en EE.UU se ha fijado el ambicioso objetivo de conseguir emisiones cero de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la producción de pavimentos asfálticos.

Para alcanzar el carbono cero neto, la industria debe comprender, identificar y seguir reduciendo tanto la intensidad de carbono de los materiales utilizados y el consumo de energía asociados a la producción de mezclas de pavimentos asfálticos.

El objetivo de este informe es evaluar y documentar un inventario de emisiones de la "cuna a la puerta" de las mezclas asfálticas de los años 2009-2019. El inventario de emisiones incluye tres fases principales del ciclo de vida:

- A1 - Emisiones de GEI asociadas a materias primas, como la extracción y procesado de ligante bituminoso, áridos y modificadores del asfalto;
- A2 - emisiones de GEI asociadas al transporte de materias primas a las instalaciones de fabricación de mezclas y
- A3 - Emisiones de GEI asociadas a la producción de mezclas asfálticas en la planta asfáltica, incluidos los procesos energéticos previos, como la producción y transmisión de electricidad.

Este informe es la primera evaluación nacional "de la cuna a la puerta" de las emisiones de GEI asociadas a la producción de mezclas de pavimento asfáltico centrada en las etapas A1-A3 del ciclo de vida.

Aunque este informe proporciona una estimación de la media nacional en EE.UU de emisiones de GEI asociadas a la producción de mezclas asfálticas, no es una Declaración Medioambiental de Producto (EPD) media de la industria y no debe utilizarse como punto de referencia para la toma de decisiones a nivel de proyecto durante la adquisición o entrega del proyecto.

https://www.asphaltpavement.org/uploads/documents/Sustainability/SIP-106_GHG_Emissions_Inventory_for_Asphalt_Mix_Production_in_the_US_%E2%80%93_NAPA_June_2022.pdf

Observatorio del sector

Producción en Europa de Mezclas Bituminosas en 2022 y su efecto en las emisiones de gases de efecto invernadero

La European Asphalt Paving Association (EAPA) publica anualmente el informe "Asphalt in Figures" con la recopilación de datos de producción de mezclas asfálticas facilitados por las diversas asociaciones nacionales que componen EAPA. En este caso, los datos publicados corresponden a la anualidad 2022 que se pueden decargar a través del siguiente enlace https://eapa.org/asphalt-in-figures/

A nivel europeo, se aprecia una ligera disminución de la producción (aproximadamente un 4%), tanto en el conjunto de Europa como en el grupo de países de la Unión Europea (EU-27).

En el caso de España, también hubo una disminución en la producción, pero de mayor intensidad que en el resto de Europa, siendo dicha caída de casi el 10% (Figura 2).

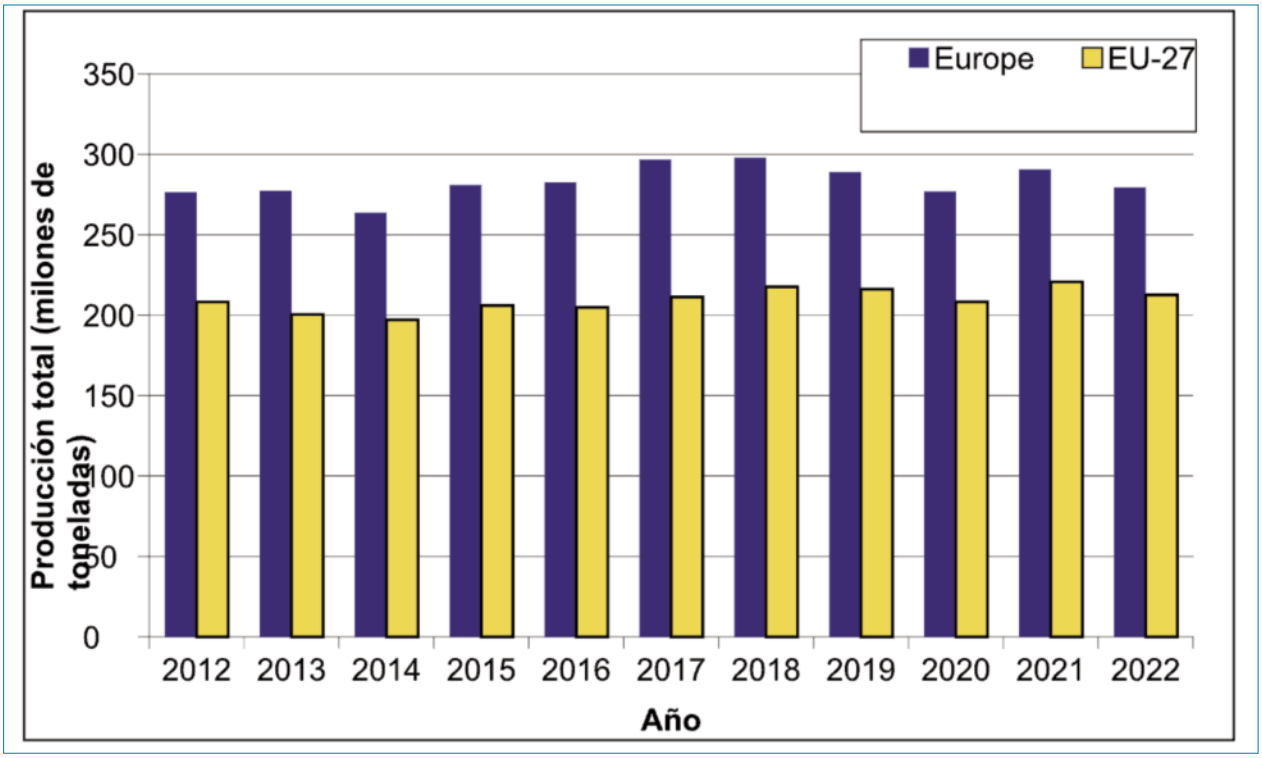


Figura 1. Producción total de mezclas bituminosas en la Unión Europea y en Europa

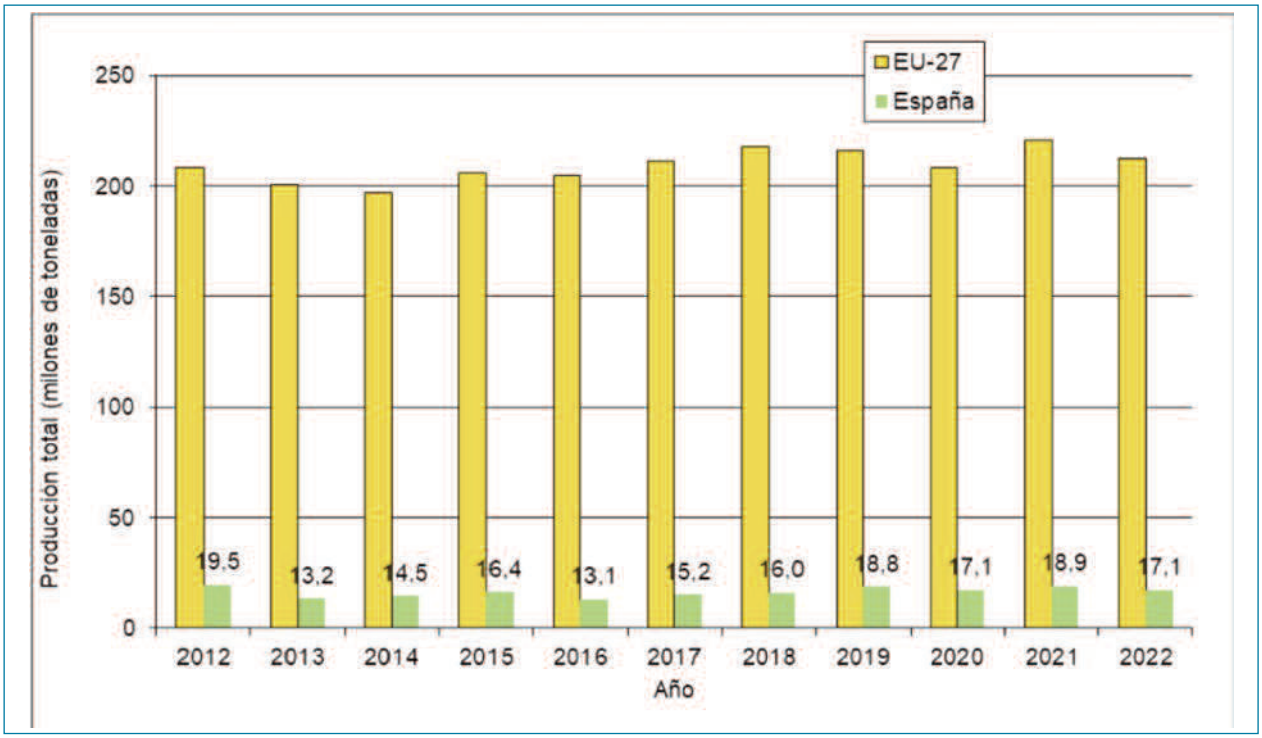


Figura 2. Comparación de la producción de mezclas bituminosas en la Unión Europea y en España

Para tener una idea comparativa de si los niveles de producción de mezclas bituminosas en España se corresponden a las necesidades de su red de carreteras, baste recordar que dentro de Europa disponemos de la segunda red de carreteras más extensa (Figura 3).

La extensa longitud de dicha red se debe a las grandes dimensiones de España. Muchas veces se olvida que, tras Francia, España es el segundo país más extenso de Europa. Cuando comparamos la densidad de la red de carreteras con la de otros países europeos, es-

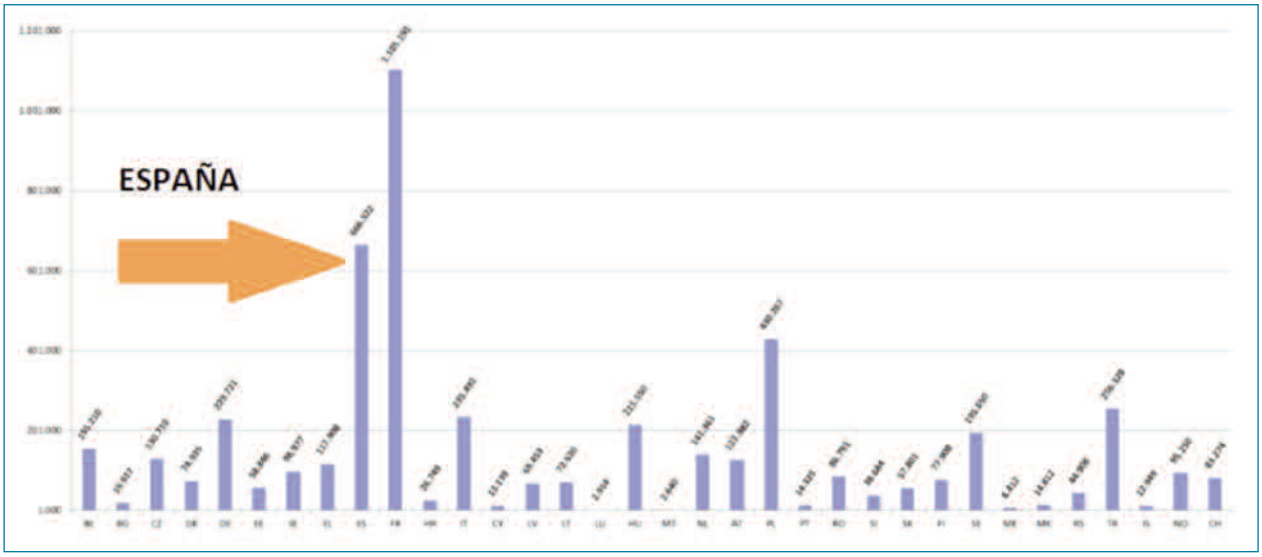


Figura 3. Longitud de las redes de carretera en Europa en 2020 (fuente ERF)

tando situados en un valor intermedio (Figura 4).

Por lo tanto, si bien disponemos de una red extensa, gran parte del país tiene una densidad viaria muy reducida, lo que coincide con la distribución geográfica de la población, concentrada en las zonas costeras y en algunas grandes ciudades del interior.

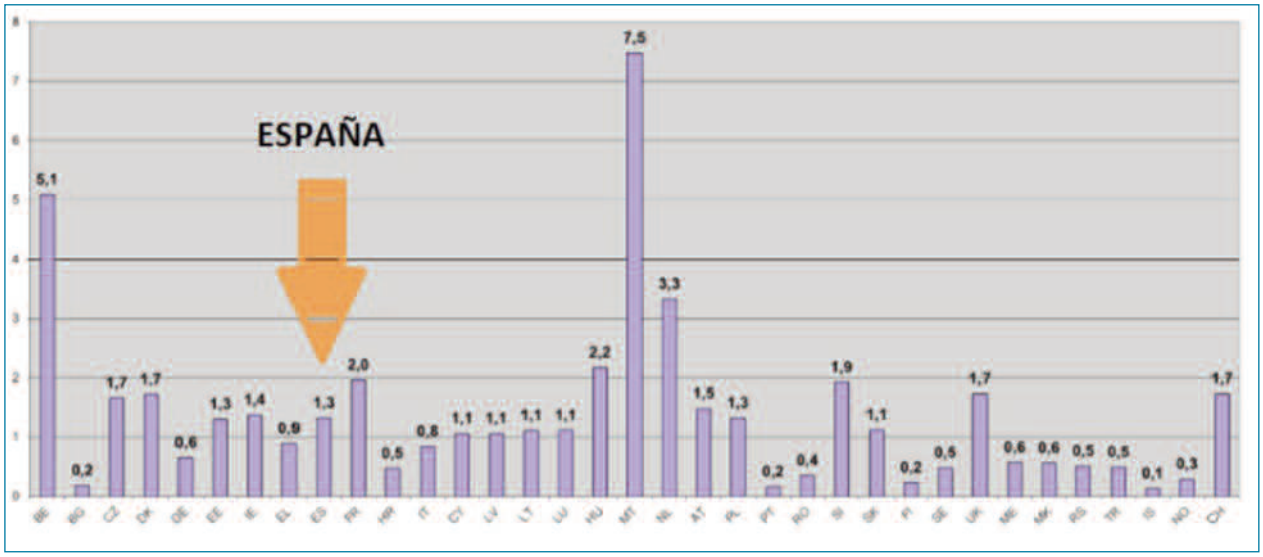


Figura 4. Densidad de las redes de carreteras de los países europeos km de carretera/km2 de superficie (Fuente ERF, 2020)

La baja densidad viaria de muchas zonas del país refuerza el valor de las carreteras como medio de acceso a los servicios básicos. Esta baja densidad hace inviable, a menos que se realicen inversiones ingentes y se sufraguen con impuestos los costes de explotación, el uso de medios de transporte como el ferrocarril que puede tener sentido en corredores con altos niveles de ocupación y en zonas urbanas.

El transporte por carretera se encuentra en el ojo del huracán por los impactos negativos sobre el calentamiento global, ya que hasta que el uso de la electricidad o los combustibles renovables sean mayoritarios como fuente de energía, en estos momentos depende sustancialmente del uso de combustibles fósiles.

Al hablar de emisiones del transporte por carretera hay que distinguir claramente entre las emisiones generadas por los vehículos y aquellas generadas durante la construcción y mantenimiento de las infraestructuras viarias. En vías de alta intensidad de tráfico, las primeras suelen ser entre 100 y 1000 veces superiores a las de las infraestructuras viarias.

A raíz de la publicación de las declaraciones ambientales de producto sectoriales (DAP) promovidas por Asefma, se está en disposición de poder cuantificar la mayor parte del impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generado por el sector de la pavimentación asfáltica.

Según los datos obtenidos en las DAP, las emisiones promedio de GEI en las etapas A1-A3 (materias primas, transporte de materias primas y fabricación de mezclas asfálticas) son de aproximadamente 63 kg CO_2 eq. Aplicando esta cifra al total de la producción de las mezclas bituminosas fabricadas en España en 2022 (17,1 millones de toneladas) el resultado obtenido es de aproximadamente 1.075.000 t de CO_2 eq.

Para poner en contexto dicha cifra, las emisiones GEI generadas por el tráfico de vehículos destinados al transporte de personas y mercancías en España son las mostradas en la Figura 5.

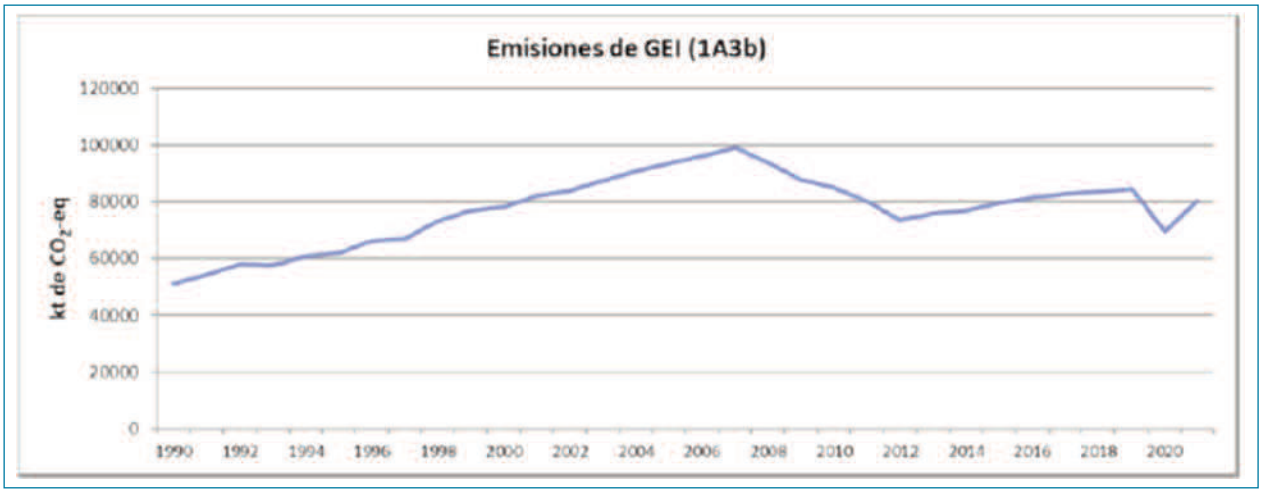


Figura 5. Emisiones de CO_2-eq de la categoría transporte por carretera (1A3b). Fuente[1]

Según muestran los datos recopilados en 2021, las emisiones se encuentran en valores cercanos a las 80.000 kt, lo que significa que las emisiones del sector de la pavimentación suponen poco más de un 1% de las emisiones generadas por el transporte por carretera.

De acuerdo a la información que publica el Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible, en 2021 la Red de carreteras del Estado (RCE) recoge el 52.5% del tráfico total y el 64,6% del tráfico pesado producido en la totalidad de las carreteras de España.

Diversos estudios muestran la correlación entre la regularidad superficial, macrotextura de los pavimentos y el consumo de combustible de los vehículos. Dichos estudios estiman comparando una red de carreteras con pavimentos en buen estado de conservación y una en un estado deficiente, los ahorros de combustible obtenidos se encuentran en el rango del 3-5%. Dado que más de la mitad del tráfico de España transita por la RCE, el mantenimiento preventivo de la misma permitiría conseguir una huella de carbono negativa en las operaciones de pavimentación.

Como conclusión, el uso de planes de pavimentación orientados a la reducción global de la huella de carbono tiene todo el sentido a la luz de los datos obtenidos en las evaluaciones ambientales realizadas. Además, el disponer de capas de rodadura de alta calidad permite reducir el ruido (que también es un agente contaminante), aumentar la seguridad vial y el confort durante los viajes, reduciendo los daños mecánicos a los vehículos lo que repercute en menores costes de mantenimiento.

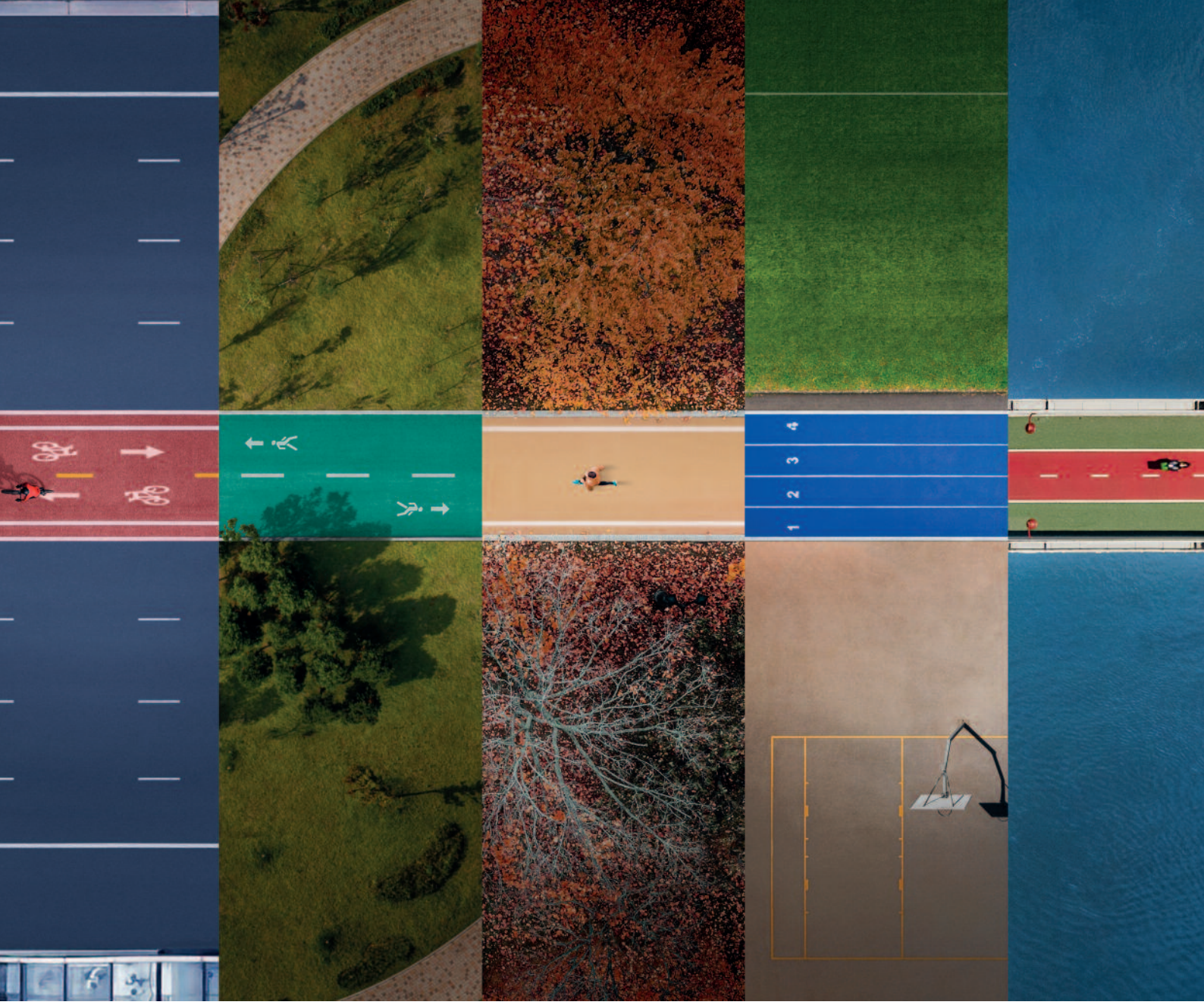
ESPECIALISTAS EN LA CARRETERA

Infraestructuras, equipamientos y materiales



Editorial Prensa Técnica

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



Asfaltos Repsol,
juntos creamos nuevos caminos en el diseño de nuestro entorno

REPSOL

Inventemos el futuro

En Repsol **trabajamos a tu lado** para ofrecerte las soluciones de pavimentación que necesitas en cada proyecto. Y para ello, hemos desarrollado **Repsol Color,** una gama de **ligantes sintéticos pigmentables** de **alto rendimiento** para zonas especiales.

- **Fácil pigmentación,** gracias a su formulación especial desarrollada en el Repsol Tech Lab.
- **Alta resistencia** al envejecimiento y oxidación.
- **Personalización,** permitiendo realizar mezclas para obtener el color que deseas.
- **Versatilidad** para una perfecta integración paisajística en todo tipo de entornos, como parques y zonas protegidas.

Repsol Compromiso Cero Emisiones Netas 2050

Descubre más **aquí**