

ASFALTO

y pavimentación

Número 28 • Volumen VIII • Primer trimestre • 2018

número 28



#IRMD2018

• I N T E R N A T I O N A L •

Road Maintenance Day



CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en **cepsa.com/asfaltos**



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.



Número 28 • Volumen VIII
Primer trimestre • 2018

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

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

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

José Carlos Cámara

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

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

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189

Depósito Legal: M21967-2011

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

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

Sumario

Número 28 • Volumen VIII • Primer trimestre • 2018

Editorial

PPRS 2018: un evento global en apoyo de la carretera

05

Tribuna

Egbert Beuving

07

Tribuna

Juan José Potti

09

Tribuna

José Antonio Soto

11

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático. Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

José Simón Grau, Julio López Ayerra

13

Módulo de los componentes del asfalto: asfaltenos y maltenos

José Pablo Aguiar Moya, Paulina Leiva Padilla,
Rafael Ernesto Villegas Villegas, Luis Guillermo Loria Salazar,
Cindy Zúñiga Araya

35

VIII Jornada de Ensayos

Lucía Miranda, María del Mar Colas

43

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

Andrés Costa

27

Secciones fijas

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

49



1/4 de obra es obra nuestra

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp Energía significa tranquilidad al respecto de una parte de su obra. Desde los combustibles y el fuelóleo pasando por los betunes, Galp Energía garantiza un servicio y un acompañamiento técnico orientado al cliente y sin errores en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que está cerca del cliente puede ofrecer. Use nuestra energía y manos a la obra.

Tel.: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 71 - E-mail: buzon.espana@galpenenergia.com



PPRS 2018: un evento global en apoyo de la carretera

 Las infraestructuras de carreteras del mundo occidental se encuentran frente a un dilema complejo. Por un lado, en un entorno de restricciones presupuestarias las administraciones públicas han colocado a las carreteras en el pelotón de cola de las prioridades de inversión. Paralelamente se están produciendo cambios disruptivos en el sector del transporte por carretera, como son la conducción autónoma y la electrificación de los vehículos, que van hacer necesario una actualización y remodelación de las infraestructuras en no mucho tiempo debido a la presión social que genera la demanda de nuevos servicios en el sector de transporte.

Para abordar todos estos retos hace falta una visión global de la situación y el II Congreso de Conservación Preventiva y Reciclado de Pavimentos (PPRS, Niza 26-28 de marzo de 2018) ofrece una oportunidad para tratar todas estas cuestiones en profundidad.

Como bien se indica en la web del evento www.pprs2018.com/es/, el PPRS es un evento de alcance mundial cuyos objetivos son la conservación, modernización y adaptación de nuestra red viaria a la movilidad del futuro. Básicamente es un Congreso pensado desde el sector viario para el sector viario.

En su primera edición (2015) más de 1000 asistentes acudieron a la cita y es de esperar que sean superados en esta ocasión. Tres son los idiomas oficiales del evento: inglés, francés y español, con traducción simultánea de todas las intervenciones.

Los títulos de las sesiones plenarias dejan bien claro que el origen y las soluciones a los problemas deben venir tanto de los responsables políticos como desde el propio sector y de la demanda social. De esta manera, bajos los lemas “conservar las carreteras: un reto político”, “cómo podemos comunicar mejor sobre la gestión del patrimonio de carreteras?” y “¿La carretera: una respuesta a la movilidad del mañana?” se podrá debatir y analizar de forma exhaustiva qué hoja de ruta puede ser la más adecuada para conseguir los objetivos anteriormente citados.

Pero no solo los grandes titulares serán objeto del Congreso, la tecnología y la gestión tendrán cabida a través de

sesiones paralelas en las que se tratarán temáticas como: sistemas de gestión, avances en los procesos de construcción y mantenimiento, reciclaje, conectividad vehículo infraestructura, movilidad inteligente, sostenibilidad y economía circular, financiación etc.

En la tribuna que escribió hace unos meses Jean-Claude Roffé (número 27, http://www.asefma.es/wp-content/uploads/2017/11/07_tribuna_roffe.pdf), se manifestaba que no se trata de repetir mensajes manidos sobre la conservación de las carreteras, sino de convencer a la sociedad y los gestores de las administraciones públicas del calado del reto al que tenemos que dar respuesta. La no respuesta tiene consecuencias desastrosas, con un deterioro severo, difícilmente recuperable a menos que se realicen cuantiosas inversiones.

La participación española en la organización del evento se ha plasmado en la Presidencia y participación en el Consejo Consultivo del congreso www.pprs2018.com/fr/pprs-2018/les-comites/comite-consultatif-et-de-promotion

En resumen, nos encontramos en un momento de transición entre un modelo de transporte por carretera que ha funcionado bien durante décadas pero que, por diversas circunstancias, debe acometer profundos cambios que permitan prestar de forma adecuada a los ciudadanos un bien social muy valorado: la movilidad. Es tiempo de analizar y tomar decisiones basándose en información fiable y de calidad contrastada y el PPRS 2018 puede ser un buen punto de encuentro para seguir avanzando en la evolución del sector de la carretera.

Your road
to solution



Nosbur cambia a Ravasol

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



The Ideal Project



Egbert Beuving, M.Sc.
Secretary General of the
European Asphalt Pavement
Association – EAPA

 @Egbert_Beuving

In the asphalt sector the knowledge and technology is available to deliver more durable products, but until now there is in most cases no incentive for the construction companies to use the latest technology and to innovate.

This is mainly due to tendering procedures used. In the present tendering systems mostly the costs are the only criteria used and the lowest bid is awarded. Awarding the lowest bid is only likely to result in the lowest permissible quality nor does it stimulate the use of the latest sustainable technologies and innovations.

To show the possibilities that are available for using a different tendering system and to show the technologies that are available to pave high quality pavements the European Asphalt Pavement Association – EAPA – recently published the Position Paper “The Ideal Project”.

This Position Paper provides tools for increasing the durability of asphalt pavements by providing good examples in all stages of the project from the design preparation stage until maintenance.

The durability of asphalt pavements is very important because the availability of the road network is getting more and more essential and that means that roads should be built to last for a very long period and the amount of maintenance needed has to be reduced.

Durability of is not only essential for the availability of the network, it is also related to the effective use of material. Effective and efficient use of materials and a better durability of products also leads to a lower Carbon footprint, less need of resources and that is better for the environment. Durability also leads to cost savings in the end because of the more efficient use of material.

The right choice of the “Tendering procedure” gives the road authority the opportunity to obtain the quality it would like to have.

To be able to achieve a higher quality it must be specified by the road owner. This can be done in various ways. The road authority can use e.g.:

- A best “quality/price” ratio or a bonus/malus-system
- Functional requirements
- Green Public Procurement criteria

If a construction company is rewarded for improved performance, robustness and efficiency of road infrastructure, he has the incentive needed. This will stimulate using the state of the art technologies, processes and materials across all types of networks.

To achieve a long lasting pavement a good pavement design is essential and for the execution of the work the devil is in the detail and uniformity plays a key role.

A uniform asphalt mixture, uniform in temperature and gradation is important to obtain a uniform pavement structure. Uniform temperatures of the asphalt mixture are essential to get a good evenness of the layer and to obtain a uniform compaction.

So this starts with the asphalt production with a constant temperature. Good procedures for loading and unloading asphalt trucks should be followed to avoid mixture segregation (during loading) and to avoid temperature differentials in mixture (cooling) during transport. The trucks have to unload in a correct way and Material Transfer Vehicles (MTV) can be used when needed to avoid stops and to remix the asphalt to get a homogeneous and uniform mixture (again).

A constantly moving paving operation is possible without stops and starts with a balanced plant production, sufficient transport, a paver with the right capacity and adequate roller capacity. A constant paver speed should be maintained for getting a uniform pavement layer and stops should be avoided because they can lead to unevenness and cooling down of mixture. An MTV can be used to create buffer to avoid stops/starts.

The Ideal Project

For the asphalt transport track and trace systems can be used to inform the paving crew about the expected arrival time of the next trucks with asphalt, the amount (and type) of asphalt delivered and the amount to be delivered.

Hand raking should not be done unless absolutely necessary.

Information technology is available to assist the paving crew in obtaining a homogeneous and uniform pavement layer; uniform in grading and also uniform in temperature.

To check the asphalt temperature and the uniformity of the asphalt temperature behind the screed the asphalt temperature behind the screed can be measured with an infrared line scanner. This asphalt temperature can be displayed on the paver or on a 4G mobile phone / iPad.

A uniform asphalt temperature behind the screed is important to be able to compact the asphalt uniformly. In Norway and Sweden the contractor gets a bonus when the temperature is uniform and he gets a penalty when the temperature is not uniform.

A uniform good compaction is important for obtaining a durable pavement structure. In fact good compaction is essential for all pavement layers because it increases stiffness of the layers, without hardly any additional material cost. For asphalt it also increases the resistance to permanent deformation, it improves the fatigue behaviour, it reduces water permeability of the asphalt layer and it minimises or prevents moisture damage.

There are systems available where the asphalt temperature measured behind the screed is sent to the roller and displayed. When the roller driver knows the temperature window within which he has to compact the asphalt, he can adjust his roller scheme to the asphalt temperature measured and displayed. This all leads to a more uniform compaction.

Next to that a Continuous Compaction Control systems can be used to assist the roller driver in obtaining a uniform compacted pavement structure, which is important for obtaining a durable pavement.

Such a Continuous Compaction Control system combined with GPS can show the roller driver:



- Stiffness values as a map
- Temperature of asphalt, speed of roller, amplitude & frequency as a map
- Trend of stiffness values
- Exact geographical position
- Number of passes
- Date and time of passes

All these data can be stored to.

For durable and long lasting asphalt pavements good performing longitudinal joints are essential, otherwise they will lead to earlier than normal rehabilitation.

A proper bonding (bond coat / tack coat) between the layers is essential for the bearing capacity of the pavement.

"The Ideal Project" paper also addresses Quality Control, Quality Assurance, Process Control and Local maintenance and Major maintenance techniques and it provides an example of Treatment Selection Guidelines.

The aim of the Position paper is to encourage all working in the asphalt industry and at the road authority side to contribute to making more durable asphalt pavements. It provides techniques and procedures as well as the latest technologies.

The paper presents information everybody should know for creating durable asphalt pavements. It is not providing all the knowledge that is needed in the different steps of road design, road building and road maintenance, because it is totally impossible to have all that information in one paper. This document can be seen as a starting point of a whole library and as appetiser. For more information and details good references are provided. The paper goes further than the standard books; it is meant to bring new ideas that go on top of that.

The paper can be downloaded from the EAPA website:

<http://eapa.org/userfiles/2/Publications/Position%20Papers/The%20Ideal%20Project.pdf>

La transformación digital de la pavimentación ya ha comenzado



Juan José Potti

Presidente Ejecutivo de Asefma



@jjpotti

Uno de los fenómenos sociales que más profundamente está cambiando todo el entorno económico, profesional, y personal es consecuencia directa del denominado proceso de transformación digital. La era de la hiperconectividad ha cambiado la forma de relación, la rapidez y el acceso a la información en cualquier lugar y en cualquier momento y se ha instalado en la vida laboral y en la actividad personal de una forma natural. La transformación digital afecta ya a todos los sectores económicos y a todas las actividades profesionales, en mayor o menor medida.

Desde hace algún tiempo esta es una cuestión que me preocupa y trato de analizar bajo la óptica de la aplicación para el sector de la pavimentación. Dicho esto, “lo digital” no va sólo de nuevas tecnologías sino de relaciones humanas, existe una gran oportunidad de acercarnos a clientes, proveedores y empleados de una forma distinta.

Empleando una frase, más o menos literal de Enrique Benayas, Director General de ICEMD: “El potencial de la transformación digital dependerá en cómo los líderes y las organizaciones desarrollarán su actividad utilizando los avances digitales (analítica, movilidad, redes sociales, dispositivos inteligentes, etc....) para mejorar la experiencia y el conocimiento de la actividad propia, del cliente, de la interconexión y comunicación con los empleados, etc... y la creación de nuevos modelos de negocio”.

Estoy plenamente convencido que todo lo que se pueda digitalizar acabará digitalizándose y todo lo que se pueda interconectar acabará interconectado.

Según el informe “The new Digital Economy” de Oxford Economics el grado de transformación digital en una serie de actividades económicas analizadas: tecnología, te-

lecomunicaciones, entretenimiento, servicios financieros, educación, seguros, servicios sanitarios, producción industrial, administraciones y sector público, etc... varía entre un 10-12% para algunas actividades hasta más de un 70% en otros sectores.

En la actividad de la construcción se suele hablar más del concepto 4.0 para referirse a la transformación digital. En general, se aplica 4.0 a todo lo relativo a la llamada cuarta revolución industrial, industria inteligente o industria SMART. Hay una serie de bases tecnológicas que sustentan este concepto pero, sin duda, es la idea de una creciente y adecuada digitalización y coordinación cooperativa en todas las unidades productivas de la economía, la base más sólida de este nuevo concepto.

El concepto Construcción 4.0 ya se emplea desde hace unos años. A pesar de ello, la construcción es uno de los sectores más atrasados en la transformación digital, comparado con otros sectores como el turismo, el transporte, la agricultura, la producción industrial, la banca, la educación, el sistema sanitario, los medios de comunicación, etc...

A pesar de ello, en la XIII Jornada Nacional de Asefma vamos a tratar de mostrar y analizar algunas de las iniciativas de transformación digital que ya se están desarrollando en el mundo de la pavimentación. Desde la fase de proyecto y licitación, a la fase de fabricación, extendido y compactación, control de calidad y a la fase de explotación posterior. A todo ello, lo denominamos Asfalto 4.0

Además, este nuevo concepto Asfalto 4.0, lo enfrentaremos a los desafíos que provienen de los nuevos vehículos de transporte de pasajeros y mercancías, a las nuevas orientaciones sobre la movilidad de nuestra sociedad y a las exigencias derivadas de los aspectos relativos al medio ambiente y a la sostenibilidad. Todo esta información mostrará que la transformación digital del sector de la pavimentación ya ha comenzado y no hay retorno. El mundo analógico va cediendo el paso al mundo digital, también en nuestro sector.



LA CARRETERA DEL FUTURO



¿Nos preocupan realmente las emisiones?



José Antonio Soto

Vocal de la revista

Asfalto y Pavimentación

 @soto228pepe

Repasando el contenido de las comunicaciones presentadas dentro de las XII Jornadas de ASEFMA sobre “Impacto de la conservación de carreteras en las emisiones de CO₂”, en donde el tema central no fue otro que la otra gran batalla, sostenibilidad, en la que se ha embarcado ASEFMA, llama la atención que se hayan presentado únicamente seis comunicaciones al premio de “Mejores prácticas ambientales”.

Matizo en el párrafo anterior la palabra “prácticas” porque de los seis trabajos presentados, dos son tesis doctorales, magníficas, dos corresponden a empresas asfalteras, una a una consultora líder en desarrollo de productos para las carreteras y solo una constructora de carreteras.

No ocurre lo mismo con las más de treinta comunicaciones libres presentadas, casi todas relacionadas, en mayor o menor grado, con el tema central de las jornadas en lo relativo a técnicas menos contaminantes que utilizan materiales y procesos de fabricación que nos permiten tener la esperanza de una mejora importante en cuanto a las emisiones de CO₂.

Si esto fuese una novedad estaríamos de enhorabuena pero desgraciadamente son muchos lustros hablando de estas técnicas en donde la utilización de NFUs, mezclas a menor temperatura, reciclados con tasa de RAP importante, pavimentos descontaminante etc. y todo sigue igual.

Efectivamente se han hecho algunas obras, en algún caso solo tramos de ensayo pero si estuviéramos realmente interesados, en estos momentos, serían muchas las obras que se proyectasen con estas soluciones.

Visto lo visto desde que se empezaron a desarrollar estas tecnologías nos deberíamos plantear tres preguntas:

- ¿Le interesa al sector del asfalto estas tecnologías?
- ¿Les interesa a las diferentes administraciones de carreteras?
- Y si les interesa, ¿están nuestras “fatigadas” carreteras preparadas para recibir estas tecnologías?

A la primera pregunta la respuesta es afirmativa y ahí están las comunicaciones libres presentadas, no solo en las Jornadas de ASEFMA, sino en cualquiera de los múltiples congresos de carreteras que se hacen a nivel nacional e internacional. Podemos constatar, además, que casi todas las obras en donde se han utilizado productos o técnicas en las que las emisiones de CO₂ se reducen, con respecto a las convencionales, han sido propuestas por las empresas constructoras. Naturalmente siempre hay excepciones y hay ciertas administraciones que siempre han estado del lado de las innovaciones en materia de medio ambiente.

En cuanto a la segunda pregunta, solo hay que mirar el presupuesto utilizado en conservación de pavimentos de carreteras durante los últimos años. Si, como ya se ha demostrado, con una buena conservación de carreteras disminuyen las emisiones de CO₂, ¿por qué se dedica un presupuesto tan bajo en la conservación de nuestras carreteras? Si conservar adecuadamente nuestras carreteras supone una reducción en la emisión de CO₂ y no se invierte en Conservación, por esta regla de tres a las Administraciones de carreteras no les importa que aumenten las emisiones como tampoco les importa tener que pagar en concepto de los derechos de emisión. Hace unos meses, el periódico El País publicó un editorial sobre el nuevo record de CO₂ en donde “España no destaca por aplicar políticas decididas de lucha contra el cambio climático y es urgente rectificar estas nefastas políticas”

Como respuesta a la tercera pregunta, tendríamos que ser cautos al colocar estas tecnologías sobre pavimentos muy deteriorados y sobre todo proyectarlas adecuadamente ya que técnicas muy válidas se han puesto en entredicho por no saber exactamente su utilidad o por no proyectarlas ni aplicarlas correctamente.

¿Nos preocupan realmente las emisiones?

La conclusión es que no es mucha la preocupación de nuestras administraciones de carretas por el medio ambiente y en particular por la disminución de emisiones de CO₂. Se conserva poco, no se utilizan, tanto como se debiera, técnicas como mezclas a menor temperatura, el uso en mezclas asfálticas de NFUs, mezclas Sonoreductoras en ciudades, modelos de conservación de pavimentos, reciclados de todo tipo, no solo en frío, disminución de espesores con materiales de mayor calidad etc.

No vamos a dar números sobre la disminución de toneladas de mezcla asfáltica fabricada en los últimos años ni tampoco lo que ha supuesto en despidos de personal por la poca actividad en el sector del asfalto, si a esto añadimos que el impacto ambiental no importa demasiado, llegamos a la conclusión que mientras las diferentes administraciones no cambien de forma de actuar y desvíen más presupuesto para la conservación de nuestras carreteras, éstas van a pasar de ser uno de los pilares del bienestar social a ser una carga que afectará directamente a la calidad de vida de los ciudadanos de una forma muy negativa.

#65

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Los pavimentos asfálticos son adaptables a nuevos sistemas de carriles para recarga en marcha de vehículos eléctricos”

(Tribuna Peter Grass, número 26)

#INGENIERÍA

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

José Simón Grau, jsimon@chm.es
CHM Obras e Infraestructuras, S.A.

Julio López Ayerra, jlayerra@ctcon-rm.com
Centro Tecnológico de la Construcción R. Murcia

El cambio de vida de la población de pasar de habitar en zonas rurales a zonas urbanas ha provocado una proliferación de grandes urbes, en las cuales se presenta un fenómeno conocido como "Isla de Calor Urbana-ICU". Dicho fenómeno se produce cuando el área urbana es significativamente más caliente que las áreas circundantes. Las islas de calor urbanas aparecen porque se han sustituido superficies rurales generalmente verdes por otras superficies que están hechas de materiales de alta capacidad térmica y baja reflectancia solar o albedo, como son el asfalto, hormigón, tejas, ladrillo, etc., capaces de absorber y almacenar energía en forma de calor. Una alternativa para mitigar el efecto isla de calor urbano sería pavimentar las calles con firmes que reflejen la energía solar, llamados "pavimentos de alta reflectancia", lo cual mantendrá la temperatura más baja que con los firmes convencionales, repercutiendo en una reducción de la temperatura ambiente.

Palabras clave: pavimento asfáltico urbano, pavimento frío, reflectancia solar, cambio climático, isla de calor urbana, albedo

The change in population's life from moving from rural to urban areas has provoked a proliferation of large cities. This fact has created a phenomenon known as the "Urban Heat Islands-UHI". This phenomenon occurs when the urban area is significantly warmer than the surrounding areas. The Urban Heat Islands appear because rural green areas have been replaced by other surfaces that are made of other materials. These materials, such as asphalt, concrete, tiles, or bricks, present high thermal capacity and low solar or albedo reflectance and they are able to absorb and store energy in the form of heat. An alternative to mitigate the Urban Heat Island Effect would be to pave the streets with firms which reflect the solar energy, called "High-reflectance Pavements". Its function will be to keep the a lower temperature than the conventional one, resulting in a reduction of the ambient temperature.

Keywords: urban asphalt pavement, cool pavement, solar reflectance, climate change, urban heat islands, albedo

1. Introducción

Este artículo tiene como finalidad presentar los resultados preliminares del proyecto de I+D denominado REPARA 2.0 apoyado por CDTI y Fondos Europeos FEDER, donde participa CHM Obras e Infraestructuras, S.A., siendo uno de sus objetivos el desarrollo de pavimentos de alta reflectancia solar-

SR, capaces de reducir el calentamiento de las superficies de las ciudades y en consecuencia la temperatura ambiente principalmente en verano. Su fundamento se basa en el uso de superficies que presenten una alta reflectancia de la radiación solar.

En la actualidad, el mundo está inmerso en un proceso de calentamiento global debido al cambio climático y con el trans-

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

curso del tiempo hay un mayor número de personas que viven en las ciudades. Aunque pueda parecer que entre estos dos factores no existe ninguna relación, tienen una importante conexión debido a un fenómeno conocido como la “Isla de Calor Urbana-ICU”. Dicho fenómeno se produce cuando un área, creada por el hombre, es significativamente más caliente que las áreas circundantes, y esta diferencia de temperatura se acentúa especialmente por la tarde-noche. Esta diferencia de temperatura puede rondar los 4 °C (ver Figura 1).

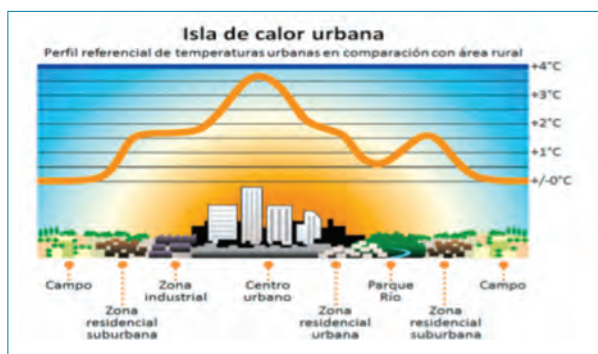


Figura 1.- Representación gráfica del efecto de isla de calor.

Las islas de calor urbanas aparecen porque se han sustituido superficies rurales, generalmente verdes y húmedas, por otras superficies que están hechas de materiales de alta capacidad térmica y baja reflectancia solar como son el asfalto, hormigón, tejas, membranas impermeabilizantes oscuras, ladrillo, etc., capaces de absorber y almacenar energía en forma de calor (ver figura 2), haciendo que se caliente el aire colindante aumentando la temperatura ambiente. Este hecho, unido a otros factores crean un efecto de sobrecalentamiento del área urbana.

Las islas de calor urbanas pueden afectar negativamente a la comunidad, siendo estos efectos perniciosos para la calidad del aire, la salud de las personas y para el consumo ener-



Figura 1.- Representación gráfica del efecto de isla de calor.

gético. Por lo tanto, las ventajas que vamos a tener mitigando el efecto de isla de calor urbana con la implantación de pavimentos de alta reflectancia solar - SR serán las siguientes:

- **Ahorro de energía en aire acondicionado.** Al disminuir la temperatura ambiente, se reducirá el consumo de aire acondicionado en los edificios colindantes a las zonas con pavimentos de alta reflectancia.
- **Ahorro de energía en el consumo de alumbrado público.** Los firmes de alta reflectancia son de tonalidades claras y son superficies de alta luminancia por lo tanto provocan una buena reflexión de la luz incidente, esta propiedad hace que sea necesaria menos intensidad de luz artificial nocturna para obtener buena percepción visual, por lo tanto pueden contribuir a un ahorro en el consumo de energía eléctrica en el alumbrado público.
- **Mejora de la calidad del aire.** El aire más cálido acelera la formación de smog- ozono troposférico a partir de los contaminantes atmosféricos como son los óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV,s). Al disminuirse la temperatura ambiental por acción de los pavimentos reflectantes, estas reacciones fotoquímicas tienden a ralentizarse.
- **Mejora de la comodidad y de la salud de los peatones.** Menores temperaturas ambientes rebaja el estrés térmico, unido a la mejora de la calidad del aire puede ayudar a mejorar enfermedades directamente relacionadas con el calor (deshidratación, calambres, golpe de calor, síncope por calor...) y con las vías respiratorias (como asma o EPOC), arritmias, etc.

Los pavimentos tradicionales en las ciudades, que representan alrededor de un tercio de las superficies urbanas, se calientan con el sol (ver Figura 3) y absorben entre el 80 y el 95% de la energía solar incidente. En pleno verano un firme con mezcla bituminosa puede alcanzar los 70 °C en la superficie. Estos pavimentos agravan el efecto de isla de calor urbana calentando el aire a nivel local. El calor absorbido, por convección pasaría a la atmósfera, calentado el aire y por lo tanto aumentaría la temperatura ambiente, siendo mas notorio este incremento en las horas de la tarde-noche.

Una alternativa para mitigar el efecto isla de calor urbano será pavimentar las calles y aceras con firmes que reflejen la energía solar que incide durante el día, manteniendo la temperatura superficial más baja que con los firmes convencionales, pudiendo repercutir en una reducción de la temperatura ambiente.

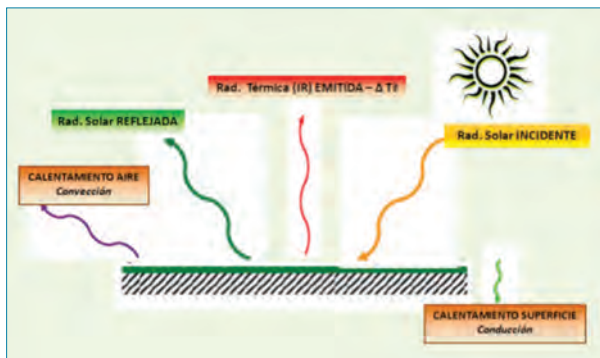


Figura 3.- Flujo de las radiaciones terrestres absorbidas y reflejadas.

En este artículo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación donde se señalan las características de diseño para la fabricación de mezclas asfálticas que van a ser utilizadas en la obtención de un pavimento con un valor de reflectancia solar –SR suficiente para que mitigue el efecto isla de calor.

Según el sistema de Certificación LEED v4- ND auspiciada por US Green Building Council para el Desarrollo de Zonas Residenciales, en el capítulo GIB CREDIT: HEAT ISLAND REDUCTION, marca las medidas a adoptar en las superficies horizontales de los pavimentos a fin de minimizar los efectos de dicho desarrollo sobre microclimas, hábitats humanos y la vida silvestre, reduciendo el efecto de islas de calor.

Se considera que un material es reflectante si el valor de reflexión solar (SR) a los tres años de su puesta en obra es de al menos el 28 % (0,28) . Para materiales nuevos se utilizaran aquellos con un SR de al menos el 33 % (0,33).

1.1 Radiación solar

La radiación solar es una radiación térmica que la podemos definir como un conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol que se propaga en forma de ondas con longitudes que abarcan desde 150 a 4000 nanómetros (nm). La radiación que alcanza la Tierra oscila entre 300 y 2500 nm, el resto es rechazada por la atmósfera. Este rango de longitudes de onda se divide en tres espectros electromagnéticos.

- Espectro Ultravioleta-UV.- Longitudes de onda entre 300-400 nm
- Espectro Visible-VIS.- Longitudes de onda entre 400-700 nm
- Espectro infrarrojo-IR.- Longitudes de onda entre 700-2500 nm

La magnitud que mide la radiación solar se denomina irradiancia y se expresa por W/m^2 , cada longitud de onda tendrá una irradiancia determinada. La distribución estándar de la irradiancias de todas las longitudes del espectro solar viene definido por la norma ASTM G173-03.- AM 1,5 G, donde nos cuantifica la potencia de la energía que incide en la capa terrestre en cada uno los tres espectros (UV,VIS e IR). Estos valores son medidos al nivel de mar, temperatura de 20°C y con una inclinación determinanda del sol (37°) hacia la superficie terrestre. Si sumamos todos los valores de irradiancias a todas las longitudes de onda el valor de la radiación total máxima que llega a la Tierra es de 963,8 W/m^2 . Con los valores estándar de radiacion solar incidente y midiendo la energía reflejada, podemos saber los porcentajes de reflectancia de una superficie.

La distribución de la irradiancias del espectro solar estandar es la siguiente (ver figura 4).

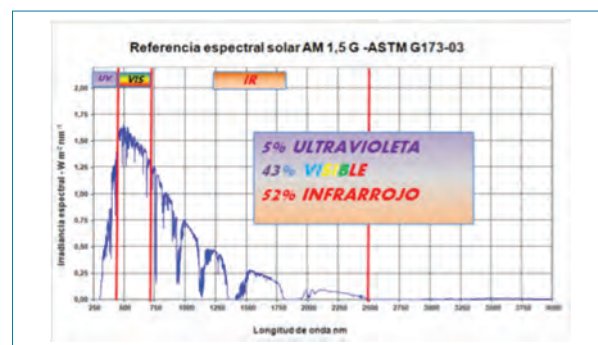


Figura 4.- Representación gráfica del espectro solar AM 1,5 G- ASTM G173-03.

Se aprecia que aproximadamente el 5% de la energía que incide en la superficie terrestre corresponde al espectro ultravioleta (UV), el 43% al espectro visible (VIS) y un 52% al infrarrojo (IR).

1.2 Reflectancia solar

La reflectancia solar de una superficie - SR, se define como la fracción o porción de la radiación solar incidente que se refleja en dicha superficie.

$$SR = \text{Energía solar reflejada} / \text{Energía solar incidente}$$

El valor oscila entre 0 para las superficies sin reflectancia, hasta 1 para las superficies de reflectancia total (ver figura 5).

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

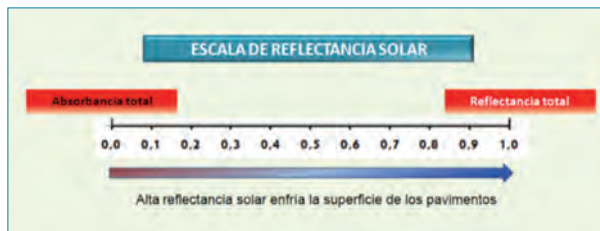


Figura 5.- Representación escala de reflectancia solar.

También se puede dar los valores en tanto por ciento. La absorbancia es un concepto inverso a la reflectancia.

Al estar compuesto el espectro solar por los espectros UV, VIS e IR, se puede determinar dentro de la reflectancia solar total, la parte reflejada en el espectro ultravioleta- UVR, el espectro visible - VISR y el infrarrojo – IRR.

1.3 Métodos de medición de reflectancia solar - SR en superficies opacas

En el proceso de diseño de los pavimentos reflectantes se han utilizado dos métodos de ensayo para medir las reflectancias en los materiales y en las mezclas desarrolladas. En uno se utiliza un espectrofotómetro que mide reflectancias en muestras de laboratorio y en el otro se usa un piranómetro para medir las reflectancias solares en superficies de pavimentos ya construidos.

Espectrofotómetro

Para medir la reflectancia solar en superficies planas se utiliza un espectrofotómetro UV-VIS-IR (ver Foto 1), con esfera de integración siguiendo la norma ASTM E 903-12. Es el método idóneo para muestras pequeñas de laboratorio, de 5 x 5 cm de tamaño (ver Foto 2). No sirve para medir reflectancias en superficies de campo. El rango de medida está entre 300 y 2500 nm de longitud de onda.

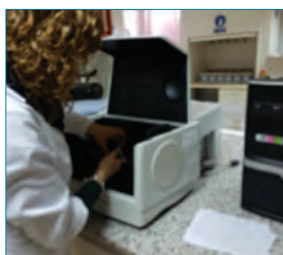


Foto 1.- Espectrofotómetro.

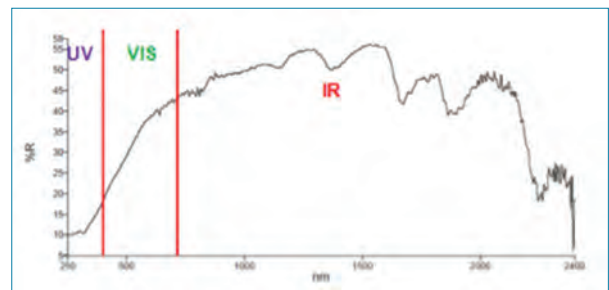


Foto 2.- Muestras utilizadas en el espectrofotómetro

Los dispositivos de medición de reflectancia espectral proporcionan valores para cada longitud de onda en una potencia constante en todo el espectro evaluado. Sin embargo, la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra no es constante a lo largo del espectro. Por lo tanto, para obtener la reflectancia solar de las superficies, los valores de reflectancia espectral deben ser corregidos de acuerdo con la intensidad de la radiación solar para cada longitud de onda de un espectro solar estándar adoptado, y luego integrado en el rango medido.

Se ha establecido un espectro solar estándar contemplado en la norma ASTM G173 AM 1,5 G donde se muestra los valores espectrales de la irradiancia solar en $W / m^2.nm$ de cada longitud de onda. Se obtiene el valor de reflectancia solar en %, también se puede expresar en tanto por uno.

Con los valores de reflectancias en cada valor de longitud de onda se puede representar gráficamente y observar las reflectancia en cada uno de los tres espectros, UV – VIS e IR (ver Gráfica 1).



Gráfica 1.- Representación de las reflectancias del espectro de 250-2400 nm

Piranómetro

La reflectancia solar se define como el cociente de la radiación solar reflejada por una superficie por la radiación solar que incidente sobre la misma. Por lo tanto, se puede calcular la reflectancia solar a partir de la medición de la intensidad de la radiación solar, incidente y reflejada por una superficie en un momento dado. La norma ASTM E1918 (ASTM 2006) describe un método de ensayo para la medición de la reflectancia solar para superficies en campo usando un piranómetro (ver fotos 3 y 4). Es necesario áreas como círculos con al menos cuatro metros de diámetro o cuadrados con al menos cuatro metros de lado, y de poca pendiente. Mide tanto la energía incidente como la reflejada en W/m^2 .



Foto 3.- Piranómetro.

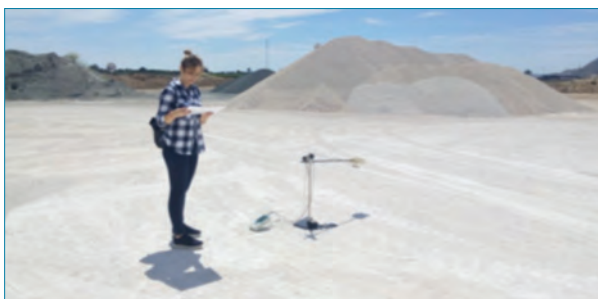


Foto 4.- Medidas con el piranómetro.

2. Criterios de diseño

Nuestro objetivo es conseguir pavimentos asfálticos que reflejen la máxima energía posible de todo el espectro solar UV-VIS-IR. La reflexión del espectro visible, que representa el 43 %, va a depender de la tonalidad o color, y el resto, UV e IR dependerá de las características físico-químicas de los componentes que forman los pavimentos.

Los criterios de diseño que se han estudiado son parámetros característicos de las mezclas asfálticas que pueden influir en la Reflectancia Solar-SR y a su vez en la temperatura superficial al incidir la radiación solar.

Las características estudiadas son las siguientes:

- Naturaleza mineralógica del árido: Calizo y pórfido.
- Granulometría de la mezcla: Continua y discontinua.
- Porosidad.
- Textura superficial: Tamaño máximo del árido.
- Tipo de ligante: Betún asfáltico negro convencional, y ligante sintético claro.
- Adiciones de pigmentos de óxidos metálicos de Fe, Cr y Ti.

2.1 Áridos

En las mezclas asfálticas los áridos (ver Foto 5) representan un 95% del total de la mezcla, por lo tanto, sus características fotocolorimétricas van a ser determinantes para la obtención de una mezcla de alta reflectancia. A priori los áridos de color claro van a ser más idóneos que los áridos de tonalidad oscura (ver Foto 5). Pero con la medida del color sólo vamos a tener información de la reflectancia del espectro visible que es el 43 % del espectro solar total. Por lo tanto, es importante obtener información de reflectancia de todo el espectro solar. Para ello, se han realizado ensayos mediante el espectrofotómetro a muestras de áridos en el laboratorio (ver Gráfica 2). Los resultados son los que recoge la Tabla 1).

Tabla 1.- Reflectancia de los áridos.

Método de ensayo	Reflectancia solar -SR		
	Árido calizo	Árido porfídico	Objetivo proyecto
Espectrofotómetro - ASTM E903-12	62	20	33
Piranómetro - ASTM E1918	58	18	



Foto 5.- Detalle de áridos calizo y porfídico.

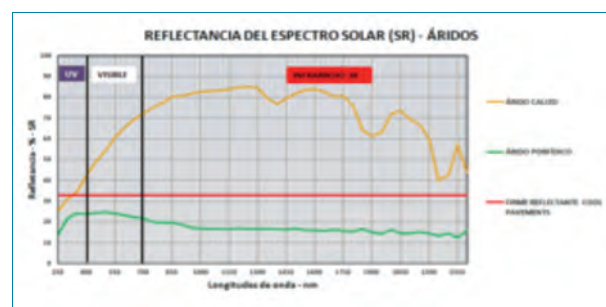


Foto 5.- Detalle de áridos calizo y porfídico.

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

Tabla 2.- Reflectancia de los betunes.

Método de ensayo	Reflectancia solar -SR		
	Betún 35/50	Ligante sintético	Objetivo proyecto
Espectrofotómetro - ASTM E903-12	8	17	33

Se aprecia que los áridos calizos son más reflectantes que los porfídicos, siendo más idóneos en la consecución de un pavimento reflectante. Los resultados obtenidos por los dos métodos son equivalentes.

2.2 Ligantes

Los ligantes estudiados son betún 35/50 y un ligante sintético de color claro (ver Foto 6). Se han obtenido las reflectancias por espectrofotometrias dando como resultados los siguientes (ver Gráfica 3 y Tabla 2).

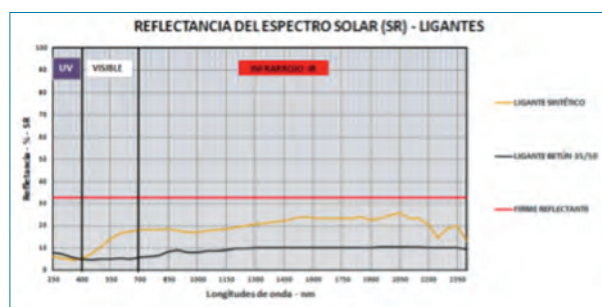
Con estos resultados, será necesario el uso de un ligante sintético de tonalidad clara para obtener la reflectancia solar objetivo.

2.3 Textura y porosidad

La reflexión de las ondas electromagnéticas procedentes del sol que inciden en una superficie puede ser de dos tipos dife-



Foto 6.- Detalle de betún 35/50 y ligante sintético.



Gráfica 3.- Reflectancias de betunes.

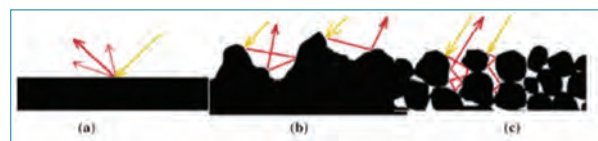


Figura 6.- Mecanismos de la reflexión de radiación solar: (a) su superficie lisa-AC, (b) rugosa – BBTM-11A y (c) porosa- BBTM-11B.

rentes (ver Figura 6).- Reflexión especular, donde la luz se refleja sobre una superficie como un espejo. Estas superficies están normalmente pulimentadas; 2.- Reflexión difusa, donde la luz se refleja sobre una superficie rugosa y los rayos salen rebotados en todas direcciones. La forma y el camino de propagación de la energía solar va a influir en el calentamiento de la superficie; cuanto más reboten las ondas más se va a calentar la superficie, por lo tanto según el tipo de reflexión el calentamiento de las superficies puede ser distinto. Dentro del catálogo de firmes para capa de rodadura existen tipos de mezclas más o menos rugosas, con más o menos huecos, y estos huecos con más o menos tortuosidad. Para comprobar cómo influyen estas características en la temperatura superficial se han expuesto a la acción de la radiación solar muestras de varias mezclas con betunes asfálticos y con reflectancias solares similares (valores de SR entre 7-8 % (0,07-0,08) y distintas granulometrías, huecos y macrotextura (ver Tabla 3).

La exposición (ver Foto 7) se realizó un día despejado con una radiación solar máxima de 890 w/m². Se obtuvieron valores de temperatura cada hora desde las 9 h. hasta 18h. Las medidas de temperatura se realizaron tomando imágenes de toda superficie de cada muestra con cámara termográfica (ver foto 8) que mediante un programa informático calcula la temperatura máxima, mínima, y media de dicha superficie. Es el método que se ha utilizado para medir temperaturas superficiales durante todo el estudio.

Según los valores de temperatura media de cada superficie obtenidos en las muestras expuestas, podemos tener una diferencia de temperatura de 5 °C entre la mezcla más caliente (BBTM-11B) y la más fría (AC16 D), observándose que una superficie de una mezcla bituminosa con los mínimos huecos, granulometría densa, baja macrotextura y tamaño máximo reducido de áridos, ayuda a que se mantenga la temperatura superficial más baja (ver Gráfica 4).

Hemos visto que la porosidad y la macrotextura influye en el calentamiento de una superficie, pero también es importante saber cómo influyen estos parámetros en el proceso

Tabla 3.- Características de las mezclas bituminosas. Reflectancia, porosidad y macrotextura.

Ref.	Tipo de mezcla	Reflectancia solar SR	% huecos	Macrotextura MPT
1	BBTM-11B	8	16	2,4
2	BBTM-11A	8	5,2	1,6
3	AC16-S	7	5,1	0,8
4	AC22-D	8	7,3	0,8
5	AC16-D	7	4,8	0,7



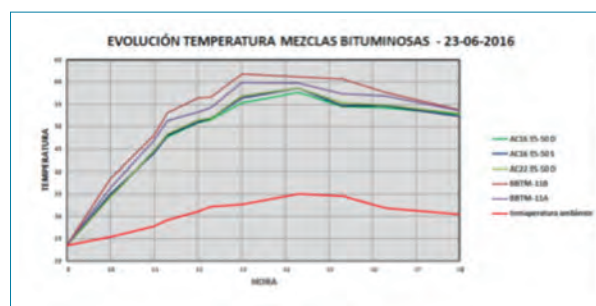
Foto 7.- Exposición de muestras de mezclas bituminosas.



Foto 8.-Detalle de las termografías obtenidas.

de enfriamiento. Nos interesa saber si las diferencias de temperatura entre dos superficies al calentarse, se mantienen cuando se enfrían. Se sometieron muestras de 30x40 cm de mezcla BBTM-11B y AC16 D a la intemperie durante 48 horas (ver Foto 9), así como sondas termográficas de contacto para tomar datos de temperatura cada 15 min y se almacenaron los datos en un registrador Datalogger. A continuación se muestran los datos obtenidos (ver Gráfica 5):

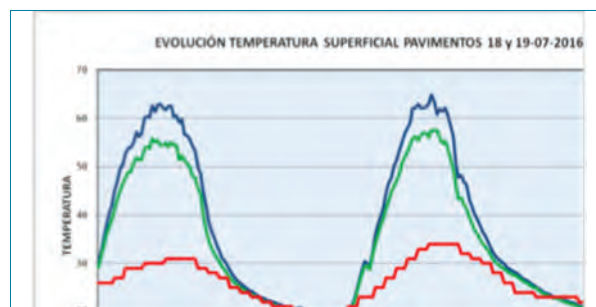
Se aprecia que la velocidad de enfriamiento es similar en las dos mezclas, lo que implica que la macrotextura y porosi-



Gráfica 4.- Evolución de la temperatura superficial a la exposición de la radiación solar.

dad no influye en la velocidad de enfriamiento. También se observa que la mezclas tipo AC16-D se mantiene más fría durante todo el proceso de calentamiento y enfriamiento. Esto quiere decir que las superficies reflectantes están actuando durante todo el ciclo solar rebajando la temperatura superficial.

Teniendo en cuenta los criterios de diseño estudiados, en la Tabla 4, se exponen los conceptos mas favorables y desfavorables para diseñar una mezcla (los pros y los contra a la hora de diseñar una mezcla) que vaya a tener, a priori, propiedades de alta reflectancia solar, y con ello conseguir una temperatura superficial los más baja posible. Estos criterios son el tipo de ligante, de áridos, tipo de mezcla, granulometría y tamaño máximo de árido.



Gráfica 5.- evolución de la temperatura superficial.

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

Tabla 4.- Criterio de diseño de firmes reflectantes.

Tendencia	Ligante	Áridos	Tipo mezcla	Granulometría	T. Máximo
Favorable	Ligante sintético	Claros	AC BBTM	D A	< 16 mm < 8 mm
Desfavorable	Betún negro	Pórfido	BBTM; PA	S (AC); B (BBTM)	22 (AC); 11 (BBTM)

2.4 Adiciones de pigmentos de óxidos metálicos

Mayoritariamente, la reflectancia solar de una superficie es directamente proporcional a la tonalidad más clara, o sea las superficies claras reflejan más la radiación solar que las superficies oscuras. Pero como se ha expuesto anteriormente, la radiación solar aparte de la radiación del visible (que se observa a partir de las características colorimétricas) está compuesta también por radiaciones de longitud de onda que están en el espectro del infrarrojo, siendo las dos radiaciones parecidas cuantitativamente. Hay materiales que siendo oscuros tienen reflectancia solar alta, ya que, aunque tengan la reflectancia del visible baja, tienen la reflectancia del espectro infrarrojo muy alta y por lo tanto el cómputo final es que tienen alta reflectancia solar.

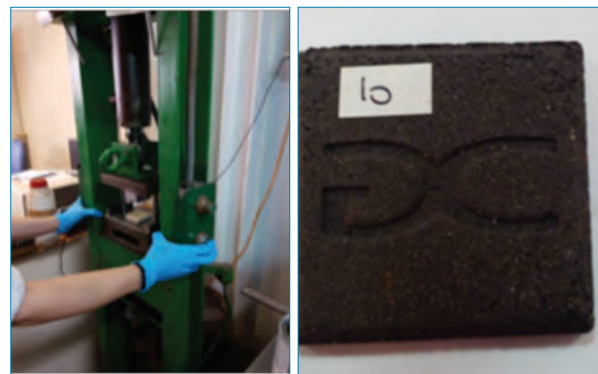
La adición en las mezclas asfálticas de pigmentos de óxidos metálicos nos van a ayudar a conseguir tonalidades claras para obtener buena reflectancia del visible, pero también nos pueden ayudar a aumentar la reflectancia del IR por sus características físico-químicas.

Los pigmentos estudiados son los que se usan comúnmente en la construcción:

- Óxidos de hierro amarillos y rojos.
- Óxido de cromo verde.
- Óxido de titanio blanco.
- Azul de Ultramar. Polisulfuro de silicatos complejos.

Para comprobar cómo actúan los pigmentos sobre la reflectancia solar en una mezcla asfáltica, se han realizado muestras en laboratorio (ver fotos 10 y 11) con árido fino calizo, ligante, y los distintos tipos de pigmentos. A continuación se han obtenido mediante el espectrofotómetro (ASTM E903-12) los valores de reflectancia de los tres espectros UV-VIS-IR.

Primeramente se ha utilizado como ligante betún asfáltico negro 35/50, realizándose muestras con todos los pigmentos seleccionados. Al obtener previsiblemente la misma reflectancia en el espectro visible (muy oscuros) en todas las



Fotos 10 y 11.- Realización de muestras para medición espectrofotométrica

muestras, la diferencia que se obtenga de la reflectancia de todo el espectro solar será debida a lo que se refleje en el espectro infrarrojo, siendo el tipo y cantidad de pigmento responsable de dicha reflectancia.

Se aprecia que algunos pigmentos de óxidos metálicos pueden aumentar la reflectancia del IR más de un 80%, siendo los óxidos de hierro rojo y óxidos de titanio los que mejor se comportan, en éste último también es representativo el aumento de la reflectancia del visible.

Con la utilización en mezclas asfálticas de ligante bituminoso negro y los pigmentos estudiados no es posible obtener una reflectancia solar- SR mayor o igual al objetivo 33 % (0,3). Ver Tabla 5 y Gráfico 6.

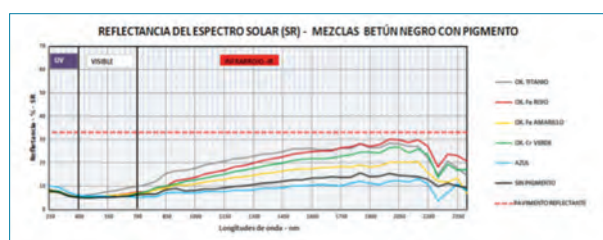
A continuación se han realizado distintas muestras usando ligante sintético claro con el mismo árido calizo (ver Foto 12). Los pigmentos utilizados han sido óxido de hierro rojo y óxido de titanio, ya que a priori son los que mejor comportamiento van a tener para el objetivo marcado. Los porcentajes de pigmento han sido muy inferiores a los utilizados con betún negro.

Se han obtenido mediante el espectrofotómetro (ASTM E903-12) los valores de reflectancia de los tres espectros UV-VIS-IR. Ver Tabla 6 y Gráfica 7.

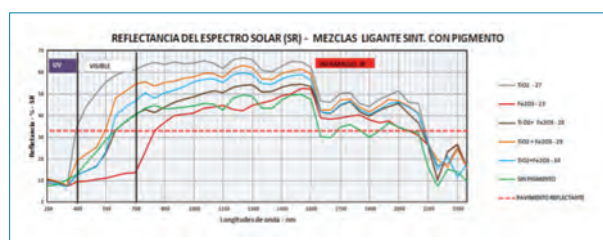
En los resultados se aprecia que las reflectancias del espectro de IR en las muestras con pigmentos son mayores que

Tabla 5.- Resultados de reflectancia con betún 35/50 y pigmentos.

Material	Betún-ligante	Pigmento %	Reflect. UV	Reflect. VIS	Reflect. IR	Reflect. SR
Placa árido calizo 0,063 / 1 mm	Betún 35/50	Sin pigmento	7	5	11	8
		Ox. Fe amarillo -3%	7	6	15	11
		Ox. Fe rojo -3%	8	6	21	14
		Azul de ultramar -3%	9	6	9	8
		Ox. Cromo -3%	7	6	19	13
		Ox. de titanio -3%	7	8	22	15



Gráfica 6.- Reflectancias con betún 35/50 y pigmentos.



Gráfica 7.- Reflectancia muestras con ligante sintético y pigmentos.

la muestra sin pigmento, aunque esta muestra tenga valores de reflectancia del espectro visible iguales o mayores. Por ejemplo, la muestra sin pigmento (3) y la muestra con pigmentos (34) tienen la misma reflectancia visible, son iguales a la visión humana, por lo tanto si nos basamos solo en la tonalidad tendrían la misma reflectancia solar; sin embargo la

muestra (34) tiene más reflectancia en el IR (que es invisible), dando en el computo final una mayor reflectancia solar con respecto a la muestra sin pigmentar.

A priori, para obtener una mezcla asfáltica de reflectancia solar superior al 33 % se debe utilizar un ligante sintético pigmentado con óxido de titanio. Se puede matizar la tonalidad clara obtenida con el pigmento de TiO_2 con un pequeño porcentaje de óxido de hierro rebajando la reflectancia del visible sin menoscabar en gran medida la reflectancia solar.

3. Mezclas asfálticas reflectantes. comportamiento térmico frente a radiación solar

Se han fabricado mezclas asfálticas normalizadas en el laboratorio teniendo en cuenta las consideraciones de diseño obtenidas y señaladas en los apartados anteriores. Con el material obtenido se han elaborado probetas/especímenes para comprobar la reflectancias solares que se obtienen, así como su comportamiento térmico frente a la radiación solar.

Tabla 6.- Resultados de reflectancias con ligante sintético y pigmentos.

Referencia	3	27	23	28	29	34
Material	Placa árido calizo 0,063 / 1 mm					
Betún-ligante	Ligante sintético					
Pigmento %	Sin pigmento	Ox. de titanio - x%	Ox. Fe rojo - x%	(Ox. titanio + Ox. de hierro) - x%		
Reflect. UV	9	8	8	9	8	9
Reflect. VIS	28	52	12	25	36	28
Reflect. IR	37	53	38	43	48	46
Reflect. SR	32	51	25	34	41	37

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio



Foto 12.- Muestras con betún sintético y pigmentos.

Tabla 7.- Valores de reflectancias de las mezclas asfálticas.

Tipo de mezcla	Tipo betún-pigmento	Reflectancia VIS	Reflectancia IR	Reflectancia solar -SR
BBTM-11B	45/80-65	5	9	7
AC16 35/50 D	35/50	6	9	8
AC16 35/50 D	Ligante sintético-sin pigmento	18	38	28
AC16 35/50 D	Ligante sintético +TiO ₂	52	52	50
AC16 35/50 D	Ligante sintético + Fe ₂ O ₃	11	42	27
AC16 35/50 D	Ligante sintético +TiO ₂ +10% RAP	17	33	25

Para la elaboración de las distintas muestras se han utilizado aridos gruesos y finos calizos, los dos tipos de ligante (betún 35/50 y ligante sintético) y se han realizado mezclas con pigmento y sin pigmento. Todas las mezclas han sido del tipo AC16 SURF –D.

Para poder comprobar el comportamiento de las muestras a la exposición de las radiaciones solares y medir las reflectancias solares, se han fabricado probetas rectangulares con la compactadora de rodillos y circulares con la compactadora de impactos.

A continuación se exponen los valores obtenidos de reflectancias de los espectros solares mediante el espectrofotómetro (ver Tabla 7):

Se aprecia que la única mezcla que cumpliría el objetivo de SR a conseguir $-SR \geq 33$ (0,3) es la fabricada con ligante sintético de óxido de titanio.

Estas mismas muestras se dejaron a la intemperie (ver foto 13), expuestas a la acción de la radiación solar, midiendo la temperatura superficial cada hora mediante cámara termográfica (ver Foto 14). Los valores expuestos a continuación se obtuvieron a temperatura ambiente máxima de 37 °C y una radiación solar máxima de 885 W/m².



Foto 13.- Mezclas expuestas a los efectos de la radiación solar.

De los resultados obtenidos se observa que entre dos muestras de mezcla AC16-D, una con betún negro 35/50 y la otra con ligante sintético y TiO₂, hay una diferencia máxima de temperatura superficial de 10 °C, y en el caso que la muestra con betún negro sea del tipo BBTM-11B la diferencia aumenta a 13 °C (ver gráfico 8).

Se han realizado exposiciones con estas muestras rectangulares y en otras circulares en diferentes días con temperaturas ambientes máximas que oscilan desde 18 a 44°C, y se ha observado que la diferencia se mantiene en 10 °C sin depen-

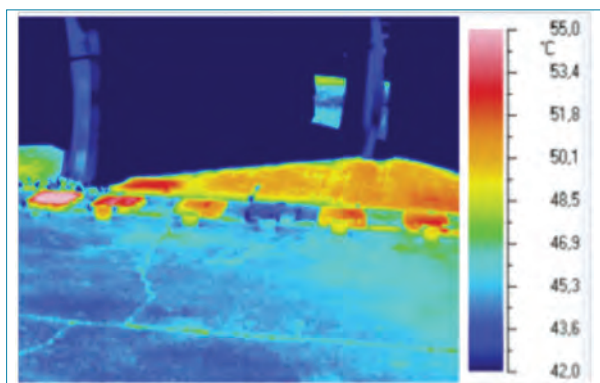
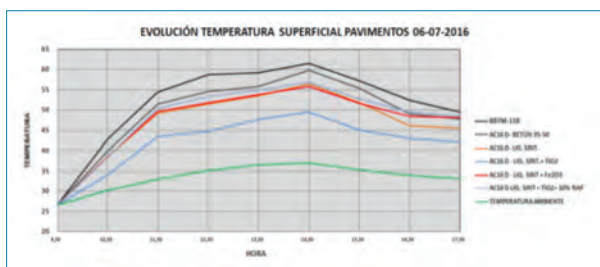


Foto 14.- Termografías infrarrojas.



Gráfica 8.-Evolución temperaturas superficial.

der de la temperatura ambiente, variando solamente la temperatura máxima alcanzada en la superficie. Comprobando otros parametros meteorológicos de esos días, se observó que

los valores de radiación solar en los días que la diferencia máxima oscilaba alrededor de 10 °C eran similares, y solamente cuando bajaba el valor de radiación, disminuía también la diferencia de temperatura. Esto nos lleva a la conclusión favorable de que en periodo invernal la diferencia de temperatura entre el asfalto convencional y el reflectante será mucho menor.

A continuación se exponen los valores más representativos obtenidos en distintas exposiciones a la radiación solar realizadas a muestras de firmes convencionales y reflectantes en Murcia (ver Tabla 8). También se detalla la realización de una exposición a probetas circulares observándose la diferencia de 10 °C entre la mezcla convencional con betún negro y la mezcla reflectante con ligante sintético y óxido de titanio.

Haciendo una proyección del comportamiento de la utilización en el entorno urbano a gran escala de estos pavimentos asfálticos reflectantes, podemos tener en cuenta el siguiente estudio realizado y avalado por el Laboratorio Nacional de Energia Lawrence Berkeley (LBNL), Heat Island Group, perteneciente al Departamento de Energia de Los Estados Unidos y gestionado por la Universidad de California sobre pavimentos frios- "Cool Pavements":

Una superficie con una reflectancia solar SR superior a 40, directamente va a tener unos beneficios cuantificados en los siguientes términos. Directamente los beneficios serían, por un lado una rebaja de la temperatura de la superficie del

Tabla 8.- Datos de temperaturas y radiacion solar en exposiciones al sol.

Exposición de muestras a la radiación solar. Murcia				
Fecha	Temperatura ambiental máxima	Temperatura máxima AC16 35/50	Máxima diferencia firme convencional - firme reflectante	Radiación máxima w/m²
12/01/2017	18,0	39,7	8,4	520
11/11/2016	21,5	45,6	9,4	645
14/10/2016	24,0	44,5	9,4	910
27/10/2016	25,0	48,5	9,5	680
15/09/2016	28,5	54,2	9,7	865
11/10/2016	30,9	49,4	9,3	730
16/09/2016	30,4	55,8	9,5	890
06/07/2016	37,0	61,5	10,3	885
05/09/2016	44,0	69,1	10,3	895
19/10/2016 Alta nubosidad	22,0	30,5	3,0	320

Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

Parte I: Estudio teórico y de laboratorio

pavimento de 10-12 °C, y por otro se obtendría un ahorro de 30% de la potencia lumínica del alumbrado público para obtener una óptima luminosidad. Indirectamente los beneficios serían los siguientes (ver Figura 7).

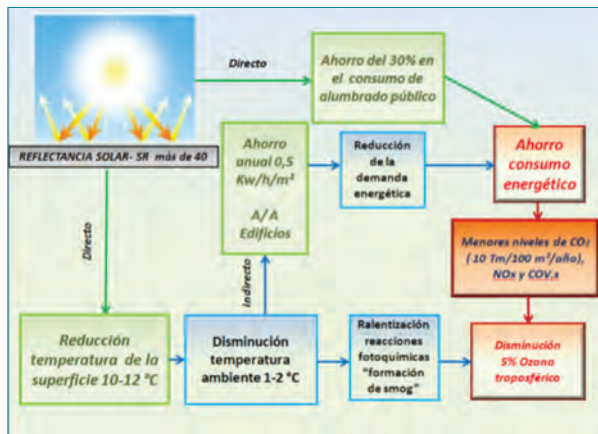


Figura 7.- Cuantificación de los beneficios de firmes de alta reflectancia.

- Rebaja de la temperatura ambiente entre 1-2 °C.
- Ahorro del consumo de A/A en los edificios colindantes de 0,5 kW/h por m² y año, al disminuir la temperatura ambiente.
- Disminución de emisiones de CO₂ de 10 Tm por cada 100 m² de pavimento con SR superior a 40, debido a la disminución del consumo energético.
- Reducción del smog fotocatalítico "ozono troposférico" del 5%.

Otro estudio publicado recientemente por el mismo equipo de investigación, expone como ha influido la incorporación de los invernaderos en el microclima de la zona del Poniente de la provincia de Almería (es la zona geográfica a nivel mundial donde la densidad de invernaderos es más alta). Al ser el plástico un material reflectante, esta circunstancia puede servir como experimento a gran escala. La conclusiones mas importantes son las siguientes:

- La reflectancia solar o albedo ha aumentado un 9% en la zona geográfica con la incorporación de los invernaderos.
- La temperatura media en todo el verano ha disminuido 0,49 °C, habiendo días donde la disminución ha sido 1,3 °C.

4. Conclusiones

La conclusiones obtenidas después de los procesos de investigación realizados hasta la fecha son las siguientes:

- Las mezclas con áridos calizos son más reflectantes que las mezclas con árido porfídico.
- Las mezclas con granulometría continua (AC tipo D y S) son más reflectantes que las mezclas de granulometría discontinua (BBTM tipo A y B). También se ha comprobado que la velocidad de enfriamiento es similar.
- El menor tamaño máximo de los áridos es más favorable para la reflectancia que un tamaño mayor.
- Cuantos menos huecos tenga la mezcla, más reflectante será.
- El uso de ligante sintético claro es necesario para la obtención de pavimentos reflectantes.
- Se aprecia que adicionando algunos pigmentos de óxidos metálicos, la reflectancia del IR aumenta un 80% con respecto a la muestra control, sin cambiar prácticamente la reflectancia del visible.
- Los pigmentos que mejor funcionan son los óxidos de titanio (blanco) y los óxidos de hierro rojo y amarillo. El mayor porcentaje del pigmento utilizado puede influir positivamente.
- Con la utilización de ligante sintético y TiO₂ se consiguen mezclas asfálticas tipo AC ó BBTM con valores de SR alrededor de 50%. Hay que tener en cuenta que la SR para un firme asfáltico con betún negro recién extendido, ronda el valor de 5% (0,05) y según envejece puede llegar a aumentar la SR hasta valores de 10-15% (0,10-0,15).
- La diferencia de temperatura alcanzada entre dos muestras de la misma mezcla expuestas a la radiación solar, una con betún negro y la otra con ligante sintético + TiO₂, se acerca a los 10°C.
- También se ha comprobado que ésta diferencia de 10°C se mantiene a distintas temperaturas ambientes entre 18 a 44°C si el valor de la energía solar incidente es superior a 600 W/m². Conforme disminuye el valor de la energía incidente de este valor umbral, va disminuyendo la diferencia de temperatura entre las superficies convencionales y reflectantes.

Como conclusión final, podemos decir que los pavimentos asfálticos reflectantes pueden contribuir de una manera preventiva frente al cambio climático mediante su aportación a la reducción de emisiones de CO₂, por su impacto en la reducción de consumos energéticos para climatización e iluminación urbana, y también pueden contribuir desde un punto de vista correctivo a mitigar los efectos del exceso de calor en verano en zonas urbanas.

5. Agradecimientos

Para la realización de los trabajos expuestos en este artículo, hemos contado con la inestimable ayuda de la empresa G&C Colors, S.A., especializada en la fabricación de pigmentos inorgánicos, de REPSOL que ha aportado el desarrollo del ligante sintético utilizado, y del Centro Tecnológico del Plástico y del Calzado de la Región de Murcia-CETEC.

6. Bibliografía

- Alchapar, N. L., & Correa, E. N. (2016). The use of reflective materials as a strategy for urban cooling in an arid "OASIS" city. *Sustainable Cities and Society*, 27, 1-14.
- Helen Rose Wilson, Johannes Honek y Tilman E. Kuhn (2015), Instituto Fraunhofer Freiburg i. Br. "Índice de reflectancia solar (SRI) del hormigón". *CPI*, Oct. 80-86
- Yang, J., Wang, Z. H., & Kaloush, K. E. (2015). Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 830-843.
- Tam, B. Y., Gough, W. A., & Mohsin, T. (2015). The impact of urbanization and the urban heat island effect on day to day temperature variation. *Urban Climate*, 12, 1-10.
- Qin, Y. (2015). Urban canyon albedo and its implication on the use of reflective cool pavements. *Energy and Buildings*, 96, 86-94.
- Zheng, M., Han, L., Wang, F., Mi, H., Li, Y., & He, L. (2015). Comparison and analysis on heat reflective coating for asphalt pavement based on cooling effect and anti-skid performance. *Construction and Building Materials*, 93, 1197-1205.
- Stone Jr, B., Vargo, J., Liu, P., Habeeb, D., DeLucia, A., Trail, M., ... & Russell, A. (2014). Avoided heat-related mortality through climate adaptation strategies in three US cities. *PLoS One*, 9(6), e100852.
- Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224-240.
- Santamouris, M., Gaitani, N., Spanou, A., Saliari, M., Giannopoulou, K., Vasilakopoulou, K., & Kardomateas, T. (2012). Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas—design realization and results of the flisvos project. *Building and Environment*, 53, 128-136.
- Guia practica sobre pavimentos frios. <https://www.cool-rooftoolkit.org/>. (último acceso: marzo 2017)
- Catálogo LEED v4. <http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-design-and-construction-current-version> (último acceso: julio 2017)
- Mapa de albedo de tejados Los Angeles, Berkeley LAB. <http://albedomap.lbl.gov/#0> (último acceso: julio 2017)
- Estrategias para mitigar el efecto ICU, Agencia Protección del Medio Ambiente de EEUU. <https://www.epa.gov/heat-islands>. (último acceso: junio 2017)
- Página del grupo de Isala de Calor de la Universidad de California. Laboratorio de Energia Berkeley <https://heat-island.lbl.gov/projects/projects-cool-communities>- (último acceso: julio 2017).
- Resumen artículo del revista de la Comision Europea Sciece for Enviroment Policy "Cool pavements to reduce urban heat islands: the state of the technology". http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/cool_pavements_reduce_urban_heat_islands_state_of_technology_450na3_en.pdf. (último acceso: marzo 2016).



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

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas:

8. Defectos de la capa terminada atribuibles a la puesta en obra. Procedimientos de corrección

Andrés Costa

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

1. Introducción

Este Código de Buena Práctica para la Puesta en Obra de las Mezclas Bituminosas, ha recogido hasta ahora una serie de normas y recomendaciones para la puesta en obra de las mezclas bituminosas en las distintas capas del firme de una superficie pavimentada en general (todo tipo de carreteras, pistas de aeropuertos, zonas de estacionamiento, etc.) fruto de la experiencia de las personas y empresas que han participado en su redacción, para conseguir el mejor acabado de las capas del firme construidas con mezclas bituminosas.

Ya se ha dicho en la Introducción inicial (capítulo 1 de este entregable), que el éxito final se basa en una correcta consecución de todas las fases del proceso, desde la definición del tipo de mezcla a utilizar, hasta la compactación de la mezcla como última actuación de acabado de la capa construida.

Como a lo largo del proceso y en cualquiera de las fases que lo forman, es posible que se produzca algún error o fallo, no siempre se consigue esa capa de mezcla bituminosa perfectamente acabada, es decir, que presente un aspecto homogéneo, que tenga las características técnicas y resistencias definidas inicialmente, que tenga una buena regularidad superficial y que las características superficiales, en el caso de las capas de rodadura, relativas a la textura y a la resistencia al deslizamiento, sean las mejores posibles y en cualquier caso sensiblemente superiores a los valores mínimos exigidos. Todo ello con el objetivo último de que la vida útil del firme sea igual o superior a la prevista y que la circulación de los usuarios sea cómoda y segura.

Algunos de los defectos más importantes que aparecen en las capas de mezcla bituminosa pueden ser debidos a la puesta en obra, pero también pueden ser debidos a las fases de diseño de la mezcla y especialmente a la fabricación de la misma. En efecto, cuando nos aparecen pequeñas grietas superficiales pueden deberse a una compactación inadecuada pero, es posible que se deban a una falta de ligante, o bien a un exceso de finos en la mezcla e incluso a la utilización en exceso de arena natural.

Cuando, una vez terminada la compactación, se aprecian marcas de los neumáticos de los compactadores o del rodillo metálico, se puede deber a una temperatura inadecuada de compactación o a una mala elección y trabajo del equipo de compactación pero, también puede deberse a un exceso de ligante o a un exceso de finos por una mala fabricación.

Incluso cuando, una vez terminada la compactación, se aprecien ondulaciones en la superficie de la capa construida, se puede deber a una mala elección del equipo de compactación o bien por la heterogeneidad térmica de la mezcla al inicio de la compactación pero, también puede deberse a un exceso de ligante o a un exceso de finos producidos durante la fase de fabricación de la mezcla.

En esta última entrega se considera que la mezcla bituminosa está correctamente diseñada y fabricada y se analizan los defectos debidos exclusivamente a la fase de puesta en obra de la misma.

Los defectos de una capa de mezcla bituminosa, originados en el proceso de su puesta en obra, pueden clasificarse según afecten a las características superficiales de la capa o según como se hayan producido, dando lugar a tres grandes grupos que son los siguientes:

- **Afectan a las características mecánicas de la capa construida.**
- **Afectan a las características superficiales.**
- **Producidos por las juntas de construcción.**

2. Defectos que afectan a las características mecánicas de la capa

Respecto a las características mecánicas, los problemas pueden aparecer por la presencia de segregaciones superficiales, que influyen en la resistencia a los esfuerzos tangenciales y de torsión producidos por la acción del tráfico, o bien por un módulo resiliente (elástico) de la mezcla terminada inferior al valor que se obtendría con una correcta puesta en obra, lo que supone una menor vida útil del firme.

Como de las segregaciones superficiales se hablará más adelante, cuando se analicen los defectos superficiales, en este apartado se considera únicamente el problema, producido en la fase de puesta en obra de la mezcla, de una menor resistencia mecánica de la capa construida al no alcanzar la compacidad mínima exigida en las Prescripciones Técnicas del Proyecto o en la normativa vigente al respecto. Al no haber alcanzado la compacidad mínima exigida, la capa construida presenta un menor módulo elástico o resiliente de la mezcla y su capacidad de soportar los esfuerzos verticales producidos por el tráfico es menor, acortándose la vida útil del firme del que forma parte. Se suelen manifestar por la aparición de grietas en el firme, que pueden venir incluso desde las capas inferiores al llegarles esfuerzos del tráfico que no pueden soportar. Este problema se produce por mala compactación, bien porque el equipo disponible no es el adecuado o bien porque se realiza a una temperatura inferior a la prescrita en la Formula de Trabajo de la mezcla bituminosa fabricada y puesta en obra.

La resolución de este problema es complicada y cara. En principio la normativa define distintas actuaciones según el grado de compacidad alcanzado. Si la disminución es pequeña, se establecen penalizaciones económicas o bien, si la capa construida no es de rodadura, se puede incrementar el espesor de la capa o de las capas superiores para suplir la falta de capacidad portante por la disminución de la compacidad exigida.

Si la disminución de la compacidad es alta, la normativa exige la eliminación, por fresado, de la capa construida y su reposición por una nueva capa con la compacidad mínima establecida.

Se debe prestar especial atención en la puesta en obra de no cometer este error pues resulta muy costosa su reparación y además, en el caso de eliminar por fresado la capa mal construida, supone la eliminación de una mezcla bituminosa recién fabricada con árido de calidad y con una cierta canti-

dad de un ligante bituminoso muy costoso. En este caso al menos deberá reciclarse este material fresado para su aprovechamiento y así el coste será la suma de la eliminación por fresado, la fabricación y la puesta en obra de la nueva mezcla.

3. Defectos superficiales

En cuanto a las características superficiales, una mala ejecución de la puesta en obra origina problemas bien en la regularidad de la capa construida o bien en la textura superficial obtenida, o en ambas características simultáneamente.

Los defectos superficiales que pueden aparecer en una capa de mezcla bituminosa debidos a una mala ejecución de la puesta en obra se pueden clasificar en los tipos siguientes:

- **Irregularidad superficial**
- **Exudaciones**
- **Falta de cohesión superficial**
- **Irregular textura superficial**

Muchos de estos problemas, como se ha dicho anteriormente, pueden ser debidos a un mal diseño de la mezcla o una mala fabricación de la misma.

Un mal diseño se puede producir por una utilización de materiales, en la fase de diseño de la Formula de Trabajo, no representativos de los que realmente se van a utilizar en la obra. Es importante cuidar este tema desde el principio para evitar unos costes elevados de paralización de equipos y redefinición de la Formula de Trabajo. La implantación del MARCADO CE de las mezclas bituminosas en caliente, en vigor desde el 1 de marzo de 2008 en Europa, permite detectar inmediatamente después de que se inicie el proceso de fabricación de la mezcla esta discrepancia entre lo diseñado en teoría y la mezcla realmente fabricada y obliga a reestudiar dicha Fórmula de Trabajo.

Por este mismo motivo, si se producen errores en la fabricación, el sistema de Control de Producción en Planta, que exige el MARCADO CE de las mezclas, detectara inmediatamente estas desviaciones y obligará a su rápida corrección por parte del fabricante.

3.1 Irregularidad superficial

ASEFMA ha publicado en enero de 2008 la Monografía nº 1 de título: "El IRI definición e importancia. Recomendaciones

para conseguir un buen IRI". En este documento se recoge una amplia información sobre la regularidad superficial, su medida mediante el IRI, su importancia e influencia en la seguridad y la comodidad de los usuarios, y en la economía de la conservación del firme, los factores que influyen en el IRI y un conjunto de recomendaciones relativas a la puesta en obra de las mezclas bituminosas para conseguir un valor del IRI que cumpla como mínimo las prescripciones técnicas de la normativa vigente y de los Pliegos de Prescripciones Técnicas particulares de los proyectos.

La regularidad superficial se mide mediante el denominado IRI (International Roughness Index) o también Índice de Regularidad Internacional. En los Artículos 542 y 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) actualizados en la Orden FOM/2523/2014 de 12 de diciembre de ese año, se establecen los valores máximos del IRI admisibles para las diferentes capas del firme, los distintos tipos de carretera y en función del espesor de la capa (en el caso de los refuerzos).

El incumplimiento de estos valores máximos, es decir cuando no se alcanza la regularidad superficial mínima exigida, tiene una corrección complicada. En el caso de una capa que no sea la de rodadura y según el grado de superación de los valores exigidos, hay dos posibles actuaciones. Si el espesor de la capa de mezcla bituminosa superior es importante, se puede intentar corregir la irregularidad con esta nueva capa. En este caso es recomendable, y en general para el extendido de cualquier capa de mezcla, la utilización de las denominadas vigas de nivelación extensibles equipadas con sensores ultrasónicos.

La otra posibilidad es la utilización de técnicas de microfresado que permiten corregir las zonas que presentan un valor malo del IRI. El resultado es bastante bueno.

Hay una tercera opción, pero es la más cara, que consiste en ejecutar una capa de regularización, no incluida en el



Microfresado.

espesor total del firme a construir, que permita mejorar el IRI de la capa del firme que se ha construido, antes de colocar la o las capas superiores.

Si el problema de irregularidad superficial se ha producido en la capa de rodadura del firme, la solución es complicada y, en general, muy cara pues exige la colocación de una nueva capa de rodadura. En muchos casos deberá venir acompañada de una actuación previa de microfresado para dotar a la capa existente de la regularidad mínima exigida y construir la nueva capa a espesor constante y con todos los cuidados para que no se pierda la regularidad por cualquiera de los factores que influyen en este parámetro durante la puesta en obra.

La regularidad superficial de un pavimento bituminoso viene definida inicialmente por el acabado que se consigue en la puesta en obra de las capas de mezcla bituminosa, que depende de manera directa del funcionamiento de la regla de la extendidora.

Este dispositivo funciona de manera flotante sobre el material que extiende, mediante un equilibrio de fuerzas, en el que influye, de manera fundamental, la velocidad de avan-



Vigas de nivelación



ce de la máquina. Mantener una velocidad de avance de la extendidora constante facilita conseguir una buena regularidad superficial de la capa construida.

Otro factor que influye en la sustentación de la regla es la temperatura de la mezcla y su capacidad portante, siendo, en este sentido, aconsejable mantener una temperatura homogénea en toda la mezcla y evitar segregaciones de la misma.

Los factores que influyen en el equilibrio de fuerzas que determinan la sustentación de la regla de la extendidora son los siguientes:

- Irregularidades de la base.
- Cambios en la velocidad del extendido.
- Paradas de la extendidora.
- Heterogeneidad de la mezcla.
- Volumen de la mezcla frente a la regla.
- Movimiento de los sinfines.

Además del equilibrio de fuerzas en la regla de la extendidora, para conseguir un buen IRI inicial, influye el equipo de compactación y la forma de realizarla.

Sobre estos temas ya se ha hablado anteriormente en las dos entregas del capítulo 5 de este entregable, solo se quiere resaltar aquí de nuevo su importancia para evitar estos defectos cuya reparación es, en general, complicada y muy costosa.

3.2 Exudaciones

La aparición de exudaciones de ligante en la superficie de una capa de mezcla bituminosa, atribuibles al proceso de puesta en obra, se debe siempre a una mala preparación de la superficie existente. La exudación se produce como consecuencia de un exceso de ligante en la superficie de apoyo de la



capa construida. Este exceso puede deberse a la presencia de una cantidad elevada de betún, bien por defecto de la capa antigua o bien como consecuencia de pequeñas reparaciones de bacheo, que debe ser eliminado previamente a la extensión de la nueva capa de mezcla.

La otra posibilidad, también relacionada con la preparación de la superficie existente, es haber ejecutado el riego de adherencia o de imprimación, según los casos, con una dotación muy superior a la prescrita. En algunas ocasiones el defecto se produce en zonas localizadas y se debe a un mal funcionamiento de la rampa de riego que, al detenerse, no cierra bien los difusores y produce una sobredosificación de ligante localizado.

Esta última situación, exceso de riego, no es habitual pero, si se produce, deberá eliminarse extendiendo, sobre el riego mal ejecutado, arena que absorba el exceso de ligante, barriendo la superficie y ejecutando nuevamente el riego con la dosificación adecuada, teniendo en cuenta que siempre quedará una parte del riego anteriormente ejecutado adherido a la superficie existente.

Una mala preparación de la superficie existente o una mala ejecución del riego de adherencia o de imprimación, según los casos, puede tener unas consecuencias muy graves en la capa construida, con unos costes de reparación muy elevados.

3.3 Falta de cohesión superficial

Este defecto se manifiesta por una pérdida del árido que forma parte de la mezcla en la superficie de la capa construida. Esta pérdida puede ser generalizada con desgranamiento de la mezcla y que suele estar asociada, si la mezcla tiene la dotación de ligante adecuada, a una puesta en obra a baja temperatura, de manera que al compactar no se ha logrado la compacidad mínima de la mezcla exigida en la normativa y que depende del tipo de mezcla y de la capa que se haya construido. La solución en este caso es muy complicada y costosa pues la capa construida no tiene unas características mecánicas adecuadas para formar parte del firme. En principio lo recomendable es eliminar por fresado esta capa y reponerla con una mezcla del mismo tipo y espesor pero puesta en obra a la temperatura recomendada en la Formula de Trabajo correspondiente.

En algunos casos, cuando la disminución de compacidad es pequeña y la capa no es de rodadura, puede estudiarse mantenerla en el firme, no deja de ser una mezcla bitumino-



Desgranamiento localizado.



Desgranamiento generalizado

sa nueva fabricada con buenos materiales y un cierto contenido de ligante, y suplir la falta de capacidad portante con un mayor espesor de la o de las capas superiores. Esta solución siempre es complicada y muy costosa.

Otra posibilidad es que este desgranamiento superficial se produzca en zonas localizadas, siendo en este caso debido a una mezcla que presenta heterogeneidad térmica, es decir, zonas con diferentes temperaturas, no lográndose una compacidad homogénea en toda la capa construida. Este problema, una vez producido, tiene difícil arreglo y en general supone que la capa construida tenga un comportamiento mecánico, como parte resistente del firme, inferior al previsto, acortando la vida útil del mismo. Esta pérdida de capacidad portante será proporcional a la superficie que presente este problema. Si la superficie afectada es pequeña, la afección a la resistencia mecánica es muy pequeña y en general no es necesario realizar reparación alguna. Se deberá poner especial cuidado al ejecutar la capa superior para que no se repita el problema. Si la capa construida debe ser impermeable, se deberá sellar, con un riego con arena, las zonas localizadas que presenten esta falta de cohesión superficial.

Si el problema afecta a una superficie mayor, la gravedad será proporcional al porcentaje de superficie afectada y la actuación se aproximará a la anteriormente descrita cuando la capa presenta este problema en toda su superficie.

Por otro lado supone, en el caso de ser una capa de rodadura, zonas con diferentes texturas, que puede afectar a la seguridad del usuario con valores diferentes de la textura (puede haber problemas puntuales de hidropneumático) y disminución de la resistencia al deslizamiento del pavimento construido.

En este caso, para pequeñas superficies afectadas puede ser suficiente fresar y reponer las zonas que presentan esta falta de cohesión superficial. Esta reparación no debe hacerse en zonas muy localizadas sino eligiendo la zona a fresar y reponer con criterios que garanticen el buen funcionamiento de la capa de rodadura (especialmente con pavimentos porosos) y mantengan una buena regularidad superficial.

3.4 Irregularidad textura superficial

Este defecto, cuando es causado por la puesta en obra, se puede deber a tres causas distintas: Heterogeneidad térmica de la mezcla, incorrecta ejecución de la compactación o bien



por un aprovechamiento del material sobrante de la construcción de las juntas, especialmente de la longitudinal, extendiéndolo de manera irregular sobre la superficie recién extendida antes de la compactación.

En los tres casos el problema se produce por una mala ejecución de la puesta en obra. En anteriores entregas ya se ha explicado la importancia de evitar este tipo de errores.

Una vez producido el problema, la reparación es, como en la mayoría de los casos, complicada y costosa. Evidentemente este problema, como tal, solo tiene importancia en la capa de rodadura. Pero esta importancia es grande pues afecta a la seguridad de los usuarios. La textura superficial es determinante en la evacuación del agua superficial procedente de la lluvia. Cualquier superficie mojada, aunque no se haya formado lámina de agua, tiene una resistencia al deslizamiento sensiblemente menor que cuando la misma superficie está seca. Pero si además se llega a formar lámina de agua, existe riesgo de hidropneumático con la consiguiente pérdida de control del vehículo y un elevado riesgo de accidente, tanto más grave cuanto mayor sea la velocidad del vehículo implicado.

4. Defectos en las juntas de construcción

Las juntas de construcción de las capas de mezcla bituminosa en caliente es fuente de muchos problemas en la capa construida si no se cuida, de manera especial, la ejecución de esta unidad dentro de la puesta en obra. Ya se ha hablado anteriormente, en el capítulo 6 de este entregable, sobre esta unidad de obra, su importancia y los cuidados a tener en la puesta en obra de la mezcla bituminosa.

Aquí se van a detallar los problemas que se suelen producir en las juntas de construcción, sus consecuencias y como se pueden resolver estos problemas.

En la puesta en obra de las mezclas bituminosas se producen dos tipos de juntas: **transversales y longitudinales**.

Las **juntas transversales** son aquellas que son perpendiculares al sentido de marcha del equipo de extendido y se producen normalmente solo al inicio del trabajo de cada día o cuando se inicia el extendido de un carril. Por este motivo estas juntas son pequeñas en longitud y se producen, normalmente, una o dos al día, salvo que por algún problema en el equipo o en la fabricación se produzca una paralización larga que suponga el enfriamiento de la mezcla extendida y compactada y sea necesario realizar una nueva junta transversal.

Las **juntas longitudinales** son muy pocas en número, normalmente una al día, pero son muy largas y es donde se pueden producir problemas. Los más habituales son los siguientes:

4.1 Juntas con distinta altura

Cuando se realiza el extendido de mezcla bituminosa en un carril contiguo a otro anterior ya terminado, se está cons-



truyendo una junta longitudinal entre los dos carriles. De su importancia y cuidado ya se ha hablado anteriormente. En la mayoría de las veces la junta se realiza correctamente y la superficie final obtenida presenta continuidad y homogeneidad.

Pero en ocasiones las cosas no se hacen bien y la junta entre los dos carriles extendidos es defectuosa y puede quedar un carril más alto o más bajo que el contiguo. Este problema es tanto más importante cuanto mayor sea el escalonamiento producido. Si un lado queda más bajo suele ser por falta de mezcla bituminosa o por encontrarse esta excesivamente caliente y al compactarla se deforma o sufre una sobrecompactación. Cuando el carril extendido queda más alto que el contiguo, las causas pueden ser por un exceso de mezcla, o bien por una mala e insuficiente compactación o bien porque la mezcla está fría (temperatura inferior a la fijada para la compactación en la Formula de Trabajo).

Este defecto se aprecia inmediatamente y un buen Jefe de equipo debe detectarlo inmediatamente y corregir la causa del problema. Si es por falta o exceso de mezcla bituminosa y se detecta antes de iniciar la compactación, se puede corregir el defecto y dejar la junta bien hecha.

Si la temperatura de la mezcla es muy alta, deberá retrasarse el inicio de la compactación hasta que se enfríe algo la mezcla y la temperatura sea la adecuada.

Por último, si la mezcla está fría, ya se ha visto anteriormente que esta circunstancia es causa de muchos problemas, no solo la mala calidad de la junta y, en este caso, es mejor no extender ese camión de mezcla bituminosa y llevarlo a reciclar en la Planta, pues los costes de reparación posteriores suelen ser mayores que el valor de la mezcla que se ha quedado fría.

4.2 Juntas descarnadas

Este es un problema muy común, que recién ejecutado el extendido y compactación de dos carriles contiguos no se aprecia pero, generalmente en poco tiempo, se produce un desprendimiento de la mezcla situada en los bordes de la junta y aparece el descarnamiento. Este problema es grave pues se construye una zona débil en el pavimento por la que penetra el agua dentro del firme, agravando el problema y disminuyendo sensiblemente la vida útil del firme. Evidentemente este problema es menor si la capa construida no es de



rodadura pero, en cualquier caso debe tratar de evitarse en todos los casos porque supone una zona débil del firme y, como suele ser en una junta longitudinal, afecta a una gran superficie del mismo.

Este problema se suele producir por una mala adhesividad en la junta entre carriles contiguos bien porque se ejecute mal el riego de adherencia o bien por una construcción inadecuada de la junta. Otra de las posibles causas de estas juntas descarnadas es la falta de compactación o una mala ejecución de la compactación de la junta.

En todos los casos que se produzca este tipo de problema, es recomendable su tratamiento inicial sin esperar a que se produzca la descarnadura. Una buena solución es la ejecución de un riego de sellado a lo largo de toda la junta. Esta solución es perfectamente válida en las capas inferiores del firme. En el caso de capas de rodadura el problema es de tipo estético pero, si se ejecuta con cuidado el riego de sellado y se barre adecuadamente el exceso de arena utilizada en el sellado, la solución es válida y no afecta en nada a la comodidad y seguridad de los usuarios.



Madrid, 30 y 31 de Mayo de 2018

XIII Jornada Nacional asefma 2018



El concepto Asfalto 4.0 una respuesta a los nuevos desafíos sobre movilidad y sostenibilidad

INSCRIPCIONES

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

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

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

Síguenos en Twitter  **#XIIIJornadaAsefma**



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

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

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

Módulo de los componentes del asfalto: asfaltenos y maltenos

José Pablo Aguiar Moya, jose.aguiar@ucr.ac.cr
Paulina Leiva Padilla, paulina.leivapadilla@ucr.ac.cr
Rafael Ernesto Villegas Villegas, rafael.villega@ucr.ac.cr

Luis Guillermo Loria Salazar, luis.loriasalazar@ucr.ac.cr
Cindy Zúñiga Araya, cindy.zuniga@ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

El desempeño de los asfaltos depende de las propiedades de sus materiales constituyentes. El concepto del modelo del Fluido Polar Disperso (DPF, por sus siglas en inglés), propuesto por Anderson y otros en los 90, define al asfalto como un fluido homogéneo simple, como alternativa ante el modelo coloidal o miscelar anteriormente propuesto. La presente investigación busca relacionar la composición del asfalto, en condición original, RTFO, PAV y sus fracciones (asfaltenos y maltenos), con el comportamiento mecánico del mismo medido mediante reología. Para esto se buscó la construcción de las curvas maestras correspondientes, a los asfaltenos y maltenos con el objetivo de contemplar los efectos temperatura y velocidad de aplicación de la carga sobre los valores dinámicos de módulo que caracterizan sus componentes, mostrándose en las colas de las curvas, el efecto del envejecimiento y la oxidación del material.

Palabras clave: curva maestra, viscoelasticidad, asfaltenos, maltenos, oxidación

The performance of asphalt depends on the properties of its constituents. The Disperse Polar Fluid Model (DPF) that was proposed by Anderson in the 90's defines asphalt as a simple homogeneous fluid, as an alternative to the previously proposed colloidal and micellar models. The following research looks to relate the composition of asphalt, in its neat-, RTFO-, PAV-aged, and corresponding fractions (asphaltenes and maltenes) with the mechanical behavior of the material by means of rheology. Consequently, master curves were developed for asphalt and its components (asphaltenes and maltenes) to study the effect of temperature and loading frequency on the dynamic response of the material and its components. The effect of aging and oxidation was captured mainly in the tails of the master curves.

Keywords: master curve, viscoelasticity, asphaltenes, maltenes, oxidation

1 Introducción

El asfalto es un producto obtenido como residuo de la destilación del petróleo; lo que hace que su composición química pueda ser clasificada como compleja, y variante entre una fuente y otra. Debido a que este factor afecta directamente sus características físicas de desempeño, se hace importante considerar el estudio que la constitución química pueda generar, sobre el comportamiento mecánico general de este material.

A nivel molecular, los elementos más abundantes en el asfalto son: carbono, hidrógeno, heteroátomos -como el sul-

furo, nitrógeno y oxígeno- y algunos metales -tales como el níquel, vanadio y el hierro-. Las moléculas de asfalto se caracterizan por tener tres tipos de enlaces carbono-carbono: alifáticos, fuertes y ramificadas cadenas de hidrocarburos; nafténicos, anillos de hidrocarburos saturados; y aromáticos, anillos estables no saturados de hidrógeno-carbono [2].

Por otro lado, a nivel intermolecular, la SHRP ha propuesto el modelo del DPF, para clasificar al asfalto como un coloide que contiene dispersas moléculas polares y no polares [2]. Tomando en cuenta este concepto, en la ingeniería de pavimentos, con la finalidad de mejorar el diseño de los materia-

les utilizados y por tanto la estructura en general, se hace necesario el estudio del desempeño mecánico que estos componentes puedan tener, para la propuesta de soluciones que mejoren la calidad general de la infraestructura vial que se construye con ellos, considerando la practicidad y economía involucrada.

En este sentido, en la Unidad de Materiales y Pavimentos, del Programa de Infraestructura del Transporte, del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, de la Universidad de Costa Rica (UMP-PITRA-LanammeUCR); ha iniciado el desarrollo de investigaciones que pretenden comprender el desempeño mecánico del asfalto, a través del estudio de las curvas maestras de módulo dinámico de sus dos principales compuestos: maltenos y asfaltenos, a fin de comprender las bases que podrían ayudar a establecer mejoras en ellos, que puedan ser soluciones a los problemas en campo como es el caso del daño por humedad, frecuentemente desarrollado en países tropicales como Costa Rica.

2. Modelo del Fluido Polar Disperso

El modelo del Fluido Polar Disperso, propuesto por Anderson y otros en 1992 [1], y que es utilizado actualmente por la SHRP para la descripción química del asfalto, considera que este es un sistema de una sola fase, mientras que el modelo micelar lo propone como sistema de dos fases, donde moléculas polares y no-polares, que se muestran como sólidos de alto peso molecular, insolubles, del alta polaridad, no volátiles; se encuentran dispersas en un coloide de bajo peso molecular, soluble y de baja polaridad [1,2,3].

De acuerdo con Christensen y Anderson [3] en el modelo del DFP, las propiedades mecánicas del asfalto dependen de la magnitud de los pesos moleculares constituyentes y la dispersión de las fuerzas intermoleculares, por lo que es posible que ciertos asfaltos con altas concentraciones de moléculas polares puedan ser más propensos a una fase de separación, caso en que se establece como apropiado el uso del modelo micelar; sin embargo, la mayoría de los asfaltos actualmente es mejor tratarlos como un sistema de una sola fase.

2.1 Asfaltenos y maltenos

El asfalto es un compuesto orgánico, que ha sido clasificado como un material complejo compuesto por hidrocarburos,

con pequeñas cantidades de sulfuro, nitrógeno y oxígeno. Su constitución molecular, es muy variada; sin embargo, tradicionalmente se caracteriza por dos de sus componentes principales: los asfaltenos y los maltenos (saturados, resinas y aromáticos).

La reología de los asfaltos puede ser influenciada por la fracción de sus componentes, por ejemplo, manteniendo constante la cantidad de maltenos, es posible obtener un asfalto más duro al incrementar la cantidad de asfaltenos del asfalto.

Por otro lado, al ser el asfalto un compuesto orgánico es capaz de reaccionar con el oxígeno del medio ambiente durante los procesos naturales de envejecimiento, haciendo su estructura más frágil. Otros factores que contribuye al efecto de endurecimiento del asfalto son la polimerización -caso en que las resinas se combinan con los asfaltenos y se comportan como fluidos no-Newtonianos-, volatilización -evaporación de los compuestos más livianos del asfalto- y tixotropía -disminución de la viscosidad en el tiempo- [4].

De acuerdo con las investigaciones realizadas por Leiva y otros en 2014 [4], los asfaltenos constituyen cerca del 14.1% del un asfalto típico costarricense AC-30, por tanto los maltenos los predominan altamente en la constitución del asfalto. Adicionalmente, los mismo autores mencionan que ante el envejecimiento mediante RTFO y PAV, no hay indicadores que afirmen que las resinas, aromáticos o saturados se transformen en asfaltenos ante procesos de envejecimiento, ya que estos mismos reducen su aporte en la composición del asfalto entre un 3.0% y un 18.0% respectivamente.

3. El comportamiento viscoelástico de los asfaltos y las mezclas asfálticas

Los asfaltos y las mezclas asfálticas son materiales viscoelásticos complejos, cuyo desempeño mecánico depende de la carga cíclica aplicada y la temperatura.

Este comportamiento viscoelástico, es posible representarlo a través de los números matemáticos complejos, que para una carga sinusoidal de una dimensión como la de la Ecuación 1, cuya respuesta de deformación resultante es la de la Ecuación 2, define un módulo axial complejo como el de la Ecuación 3.

$$\sigma^* = \sigma_0 e^{i\omega t} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\varepsilon^* = \varepsilon_0 e^{i(\omega t - \phi)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\frac{\sigma^*}{\varepsilon^*} = E^*(i\omega) \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde σ^* : amplitud del esfuerzo, ε^* : amplitud de la deformación, ω : frecuencia angular, t : tiempo, ϕ : ángulo de fase (0 para materiales elástico y 90° para materiales viscosos) y $E^*(i\omega)$: módulo complejo, del cual, la parte real representa al módulo de almacenamiento o módulo elástico E_1 , y la parte imaginaria el módulo de pérdida o módulo viscoso, E_2 .

Para lograr el desarrollo de la modelación avanzada del desempeño del asfalto y la mezcla asfáltica, la ingeniería de materiales inició a incursionar en el estudio de sus propiedades reológicas, clasificadas en dos tipos de parámetros: susceptibilidad a la temperatura y susceptibilidad a la resistencia al corte [5].

En este sentido, y bajo el concepto del principio de superposición tiempo - temperatura, mediante ensayos de módulo realizados a diferentes temperaturas, para un barrido de frecuencias, se determina un factor de ajuste $a(T)$, que permite alinear las curvas obtenidas en una sola curva maestra (variación del módulo por cambios en la temperatura y velocidad de carga), a una temperatura de referencia seleccionada. Mediante el uso de esta curva, se hace posible la interpolación de valores de resistencia del material a una temperatura y frecuencia específica de carga. Entre las funciones de ajuste más comunes se pueden mencionar las ecuaciones de Arrhenius y William-Landel-Ferry (WLF), utilizadas comúnmente para asfaltos.

Para la construcción de las curvas maestras, el SHRP con base en las trabajos de Christensen y Anderson en 1992 propone el modelo CA para asfaltos (Ecuación 4 y Ecuación 5), a partir de la distribución de Weibel [5].

$$G^*(\omega) = G_g \left[1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^{\frac{\log 2}{R}} \right]^{-\frac{R}{\log 2}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\delta(\omega) = \frac{90}{\left[1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^{\frac{\log 2}{R}} \right]} \quad (\text{Ecuación 5})$$

donde, $G^*(\omega)$: módulo dinámico complejo de corte, G_g : módulo de transición vítrea, R : índice reológico (factor de forma), ω : frecuencia de ensayo, ω_c : frecuencia crossover (parámetro de localidad) y $\delta(\omega)$: ángulo de fase medido.

Siete años más tarde en 1999, como resultado de los trabajos de Marasteanu y Anderson, el modelo CA fue mejorado bajo el modelo CAM (Ecuación 6), que es considerado fenomenológicamente efectivo para asfaltos sin modificar, que conservan sus propiedades en el rango viscoelástico lineal [5].

$$G^*(\omega) = G_g \left[1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^{\beta} \right]^{-\kappa/\beta} \quad (\text{Ecuación 6})$$

donde, G_g : -definido anteriormente- se asume como 3×10^9 Pa, ω y ω_c : definidos previamente, y β y κ : parámetros de forma que se obtienen por ajuste.

En el caso de mezclas asfálticas, existen tres formas funcionales propuestas para la construcción de estas curvas: la ley potencial generalizada para temperaturas bajas e intermedias, el ajuste polinomial para mayores temperaturas y de manera más completa la función sigmoideal de la Ecuación 7 [5].

$$\log(|E^*|) = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta - \gamma \log f_r}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

donde, $|E^*|$: módulo dinámico, f_r : frecuencia reducida, δ , α , β y γ : factores de forma de la curva, obtenidos por ajuste.

4. Metodología

El estudio consistió en la selección de un asfalto típico costarricense AC-30, en su condición original, envejecido a corto plazo, mediante el horno de película delgada (RTFO); y a largo plazo, a través de la cámara a presión (PAV); que posteriormente fue separado por precipitación con n-heptano, en sus principales componentes: maltenos y asfaltenos (Figura 1), para evaluar el impacto de su desempeño mecánico al corte, en el comportamiento mecánico general del material, cuando se aplican 6 temperaturas distintas (70 °F, 50 °F, 34 °F, 25 °F, 16 °F, y 10 °F), lo cual corresponde a un intervalo aproximado entre los -12 a 21 °C, en un barrido de frecuencias entre los 0.01 rad/seg y 10 rad/seg; ya que se ha comprobado que pequeñas variaciones en la composición química y estructural del material pueden generar efectos sobre el comportamiento reológico, viscoelástico y termoplástico del material [4,6].

Módulo de los componentes del asfalto: asfaltenos y maltenos

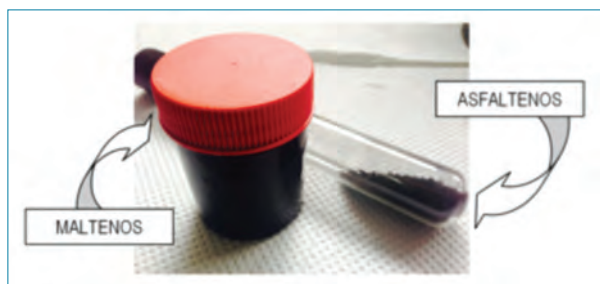


Figura 1. Maltenos y asfaltenos de ensayo.

Para este objetivo, se utilizaron los modelos CAM para asfaltos y Sigmoidal general para mezclas, en combinación con la ecuación de ajuste de Ahrrenius, para la construcción de las curvas maestras que, en conjunto con el análisis de los diagramas de Black y Cole-Cole, permitieron observar y cuantificar el aporte mecánico que cada componente del asfalto le confiere en su desempeño.

Es importante mencionar que en el caso de la curva maestra con la forma Sigmoidal, fue necesaria la realización de un ajuste vertical adicional de los datos (que es característico de materiales termoreológicamente complejos, que de acuerdo a los términos químicos se caracterizan por desarrollar transiciones de segundo orden en sus comportamientos (entre sus características no tienen un punto de fusión ni de cristalización definidos)-, mediante el uso de un polinomio de cuarto orden.

Para todos los casos, se realizó el análisis estadístico de bondad de ajuste, con la finalidad de garantizar modelos representativos, en términos de la significancia de los coeficientes de los modelos calibrados, considerando un 95% de confianza.

5. Resultados

Como primer paso en el análisis de los datos obtenidos de laboratorio, se construyeron los diagramas de Black y Cole-Cole para todas las condiciones realizadas, determinando como se muestra en la Figura 2b y la Figura 2a, que los maltenos son quienes aportan el comportamiento viscoso al asfalto, por su mayor aporte de la componente viscosa, contrario a los asfaltenos, donde domina la componente elástica; condición que se confirma en la Figura 3b y la Figura 3a en que los maltenos desarrollan mayores ángulos de fase. Consecuentemente, se concluye que la caracterización mediante modelos reológicos para los maltenos es adecuada, pues sus ajus-

tes, a través del valor de R2 en este caso, son buenas, contrariamente a los asfaltenos, donde el coeficiente que acompaña al R2 es pequeño, lo que muestra una curva prácticamente lineal, a causa de su comportamiento predominantemente elástico.

Adicionalmente, la Figura 2c y Figura 3c concuerdan en el desempeño mecánico desarrollado por el asfalto como mezcla de estos componentes, ya que las curvas del diagrama de Black y Cole-Cole se ubican en medio, siendo más cercanas a la curva de los maltenos.

Posteriormente, en la Figura 4, Figura 5, Tabla 1 y Tabla 2 se muestra la curva maestra construida mediante ajuste

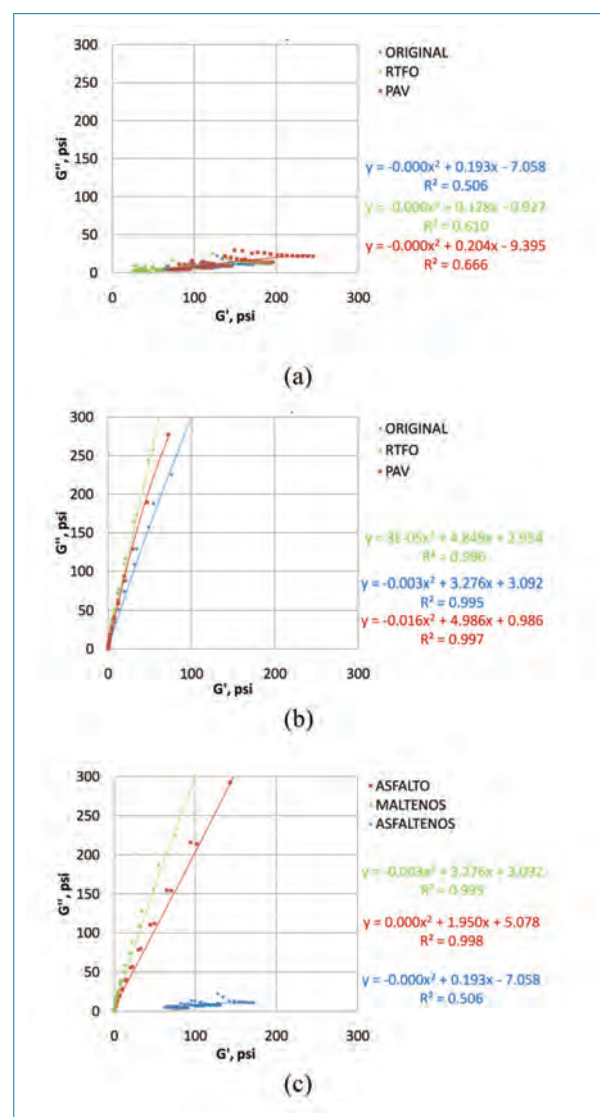


Figura 2. Análisis inicial de los datos. Diagrama de Cole-Cole (a) asfaltenos, (b) maltenos y (c) comparación con el asfalto

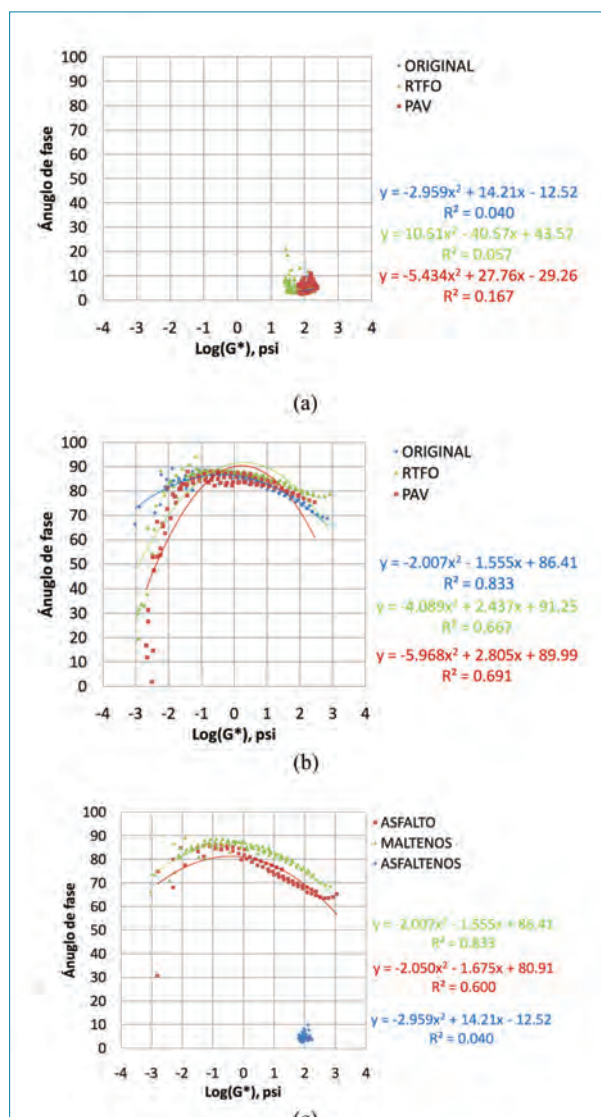


Figura 3. Análisis inicial de los datos. Diagrama de Black (a) asfaltos, (b) maltenos y (c) comparación con el asfalto.

del modelo CAM y la forma Sigmoidal, en conjunto con los parámetros estadísticos de bondad de ajuste. Los valores de R^2 ajustado obtenidos en la mayoría de los casos son cercanos a 1, con una significancia estadística de cada uno de sus coeficientes de 95%, a excepción del parámetro del modelo CAM de los asfaltos envejecidos con RTFO, cuya significancia fue de 75%, para un valor de R^2 ajustado de 0.76, que puede considerarse aceptable en la determinación del modelo en este caso, a razón de la tendencia de las curvas que la ubica en el intermedio de la condición original y envejecida con PAV.

Es importante mencionar que las tendencias de la Figura 4 y la Figura 5 son concordantes con el comporta-

miento dado en los diagramas de Black y Cole-Cole, posicionando la curva del asfalto original en el medio de las curvas de asfaltos y maltenos, siendo más cercano a estos últimos, que constituyen un mayor porcentaje en su composición. Igualmente se afirma el hecho de que los asfaltos desarrollan un comportamiento principalmente elástico lineal, mientras que los maltenos un comportamiento viscoso. Adicionalmente, ante el envejecimiento del material, se observa que las curvas cierran el espacio vertical entre las colas, siendo más visible en el caso de los maltenos para la curva sigmoidal, generando pérdida del comportamiento viscoso por el aumento en la rigidez que experimenta el material.

Es importante mencionar que para el caso del ajuste con la forma sigmoidal de los asfaltos, fue necesario realizar adicionalmente un ajuste vertical, característico de materiales calificados como termoreológicamente complejos -conocidos porque pueden desarrollar transiciones de segundo orden (entre sus características no tienen un punto de fusión ni de cristalización definidos)-, situación que se reitera en el pobre ajuste de las curvas de segundo orden, de los diagramas de Black y Cole-cole de la Figura 2 y Figura 3.

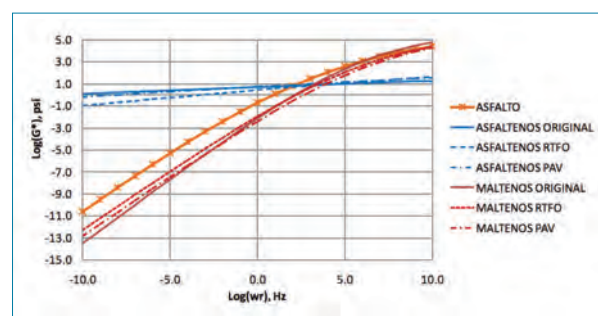


Figura 4. Curvas maestra ajuste modelo CAM.

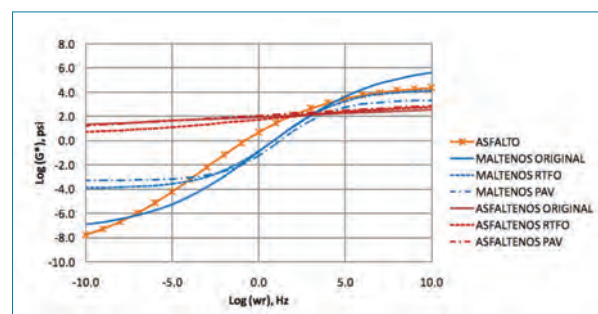


Figura 5. Curvas maestra ajuste con la forma Sigmoidal.

Tabla 1 Bondad de ajuste del modelo CAM.

		Original		RTFO		PAV	
		Coefficientes	Test	Coefficientes	Test	Coefficientes	Test
Asfaltenos	lambda	0.002	5.569	0.107	7.949	0.161	81.336
	beta	0.007	16.702	0.015	1.152	0.011	5.431
	ΔE_a	200000	473975847.914	200000	14919835.263	200000	101326508.070
	kappa	0.111	263.089	0.256	19.086	0.170	86.188
	SSE/(n-K)	0.00		0.01		0.00	
	SST/(n-1)	0.01		0.06		0.02	
	R2 ajust=	0.96		0.76		0.91	
		Original		RTFO		PAV	
		Coefficientes	Test	Coefficientes	Test	Coefficientes	Test
Maltenos	lambda	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	beta	0.145	5.490	0.119	1.938	0.120	3.174
	ΔE_a	200000	7583426.108	200000	3243475.158	200000	5268243.349
	kappa	1.176	44.603	1.094	17.743	1.094	28.810
	SSE/(n-K)	0.03		0.08		0.01	
	SST/(n-1)	2.13		2.54		1.07	
	R2 ajust=	0.99		0.97		0.99	
		Original		RTFO		PAV	
		Coefficientes	Test	Coefficientes	Test	Coefficientes	Test
Asfalto	lambda	0.001	0.024				
	beta	0.094	2.077				
	ΔE_a	199997	4439036.121				
	kappa	1.162	25.787				
	SSE/(n-K)	0.05					
	SST/(n-1)	2.31					
	R2 ajust=	0.98					

6. Conclusiones y recomendaciones

Los análisis realizados en la investigación permitieron realizar la caracterización del comportamiento mecánico de los principales componentes del asfalto: maltenos y asfaltenos.

Para el caso de los maltenos, se evidencia que predomina el comportamiento viscoso en la tendencia de las curvas de módulo dinámico de la Figura 4 y la Figura 5, con respecto a los asfaltenos, que muestran ser prácticamente constantes ante variaciones en los valores de frecuencia aplicados.

En este sentido, se hace evidente de la Figura 4 y la Figura 5, que al constituir los maltenos la mayor parte del asfalto, son quienes le confieren las características de su comportamiento principalmente viscoso, sobre el elástico conferido por los asfaltenos.

Adicionalmente se afirma que durante el proceso de envejecimiento del asfalto, ambos componentes tienden a rigidizarse, siendo el comportamiento más crítico ante la aplicación de altas frecuencias.

Con respecto a la bondad de ajuste de las curvas, se ob-

Tabla 2 Bondad de ajuste del con la forma sigmoidal.

		Original		RTFO		PAV	
		Coeficientes	Test	Coeficientes	Test	Coeficientes	Test
Maltenos	delta	-7.411	-537.362	-3.909	-295.381	-3.279	-207.885
	Max	6.230	451.726	4.223	319.059	3.356	212.764
	beta	0.094	6.815	0.518	39.119	0.801	50.773
	gama	-0.312	-22.596	-0.506	-38.270	-0.624	-39.573
	ΔE_a	200000	14501260.431	200000	15112142.681	196542	12459980.088
	SSE/(n-k)	0.01		0.01		0.02	
	SST/(n-1)	1.83		1.41		1.22	
	R2	0.99		0.99		0.99	
		Original		RTFO		PAV	
		Coeficientes	Test	Coeficientes	Test	Coeficientes	Test
Asfaltenos	delta	0.139	217.044	0.154	59.823	0.046	2.003
	Max	3.497	5453.313	3.026	1175.297	3.863	169.190
	beta	-0.001	-1.960	-0.005	-1.960	-0.046	-2.003
	gama	-0.075	-116.543	-0.187	-72.466	-0.091	-3.965
	ΔE_a	204095	318255837.636	200226	77763127.591	200000	8758900.149
	b4	180455.302	281392655.313	624.114	242391.572	11.901	521.193
	b3	-42447.181	-66189936.735	-973.107	-377932.665	-12.887	-564.358
	b2	356.086	555261.675	1695.851	658629.862	24.296	1064.046
	b1	9466.244	14761170.031	-3048.137	-1183826.964	-43.159	-1890.120
	b0	-19216.247	-29964820.730	5435.191	2110904.347	64.200	2811.630
	SSE/(n-k)	0.00		0.01		0.00	
	SST/(n-1)	0.01		0.06		0.02	
	R2	0.95		0.76		0.91	
		Original		RTFO		PAV	
		Coeficientes	Test	Coeficientes	Test	Coeficientes	Test
Asfalto	delta	-9.539	-215.931				
	Max	4.655	105.386				
	beta	-0.946	-21.423				
	gama	-0.291	-6.583				
	ΔE_a	200000	4527397.031				
	SSE/(n-k)	0.04					
	SST/(n-1)	1.79					
	R2	0.98					

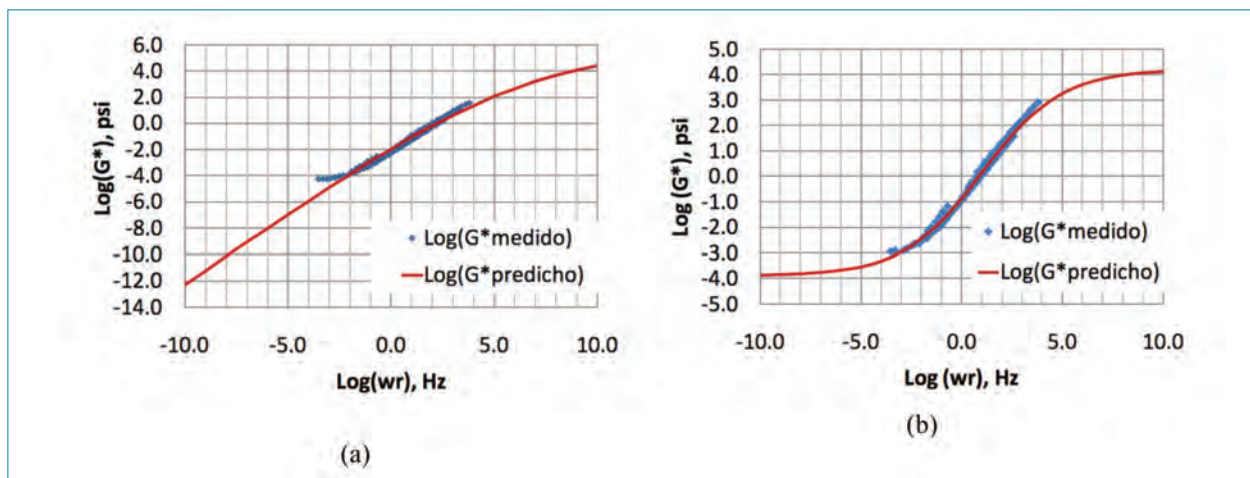


Figura 6 Curvas maestra maltenos envejecidos en RTFO con (a) ajuste CAM y (b) ajuste Sigmoidal.

serva que ambos modelos de ajuste: CAM y Sigmoidal, son estadísticamente significativos para representar el comportamiento dinámico del módulo, con una menor significancia en los datos de los asfaltenos envejecidos con RTFO, cuya significancia para el modelo CAM fue de 76% en uno de sus coeficientes; lo anterior, junto con la distribución de los datos, en las colas que se presentan en la Figura 6, muestran que a pesar de que este modelo sea específico para asfaltos, podría para este caso ser mejor el ajuste obtenido mediante el ajuste Sigmoidal.

Complementariamente, se recomienda realizar para estudios posteriores, el análisis de la topografía del asfalto y sus componentes.

7. Referencias

- [1] Petersen, J., et al. "Binder Characterization and Evaluation". Volume 1. SHRP-A-367, Washington, D.C.: Strategic Highway Research Program, National Research Council, 1994.
- [2] Amina, U. "Effect of Recycled Asphalt Shingles (RAS) on Physical and Chemical Properties of Asphalt Binders". Thesis Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree In Master of Science, University of Akron, 2012.
- [3] Christensen, D. "Chemical-Physical Property Relationships for Asphalt Cements and the Dispersed Polar Fluid Model". Washington, D.C.: Vol. 37, No. 3 & 4, Division of Fuel Chemistry, American Chemical Society, Preprints of Papers, 204th ACS National Meeting., pp. 1279-1291, 1992.
- [4] Leiva-Villacorta, F., R. Villegas-Villegas, J. Aguiar-Moya, J. Salazar-Delgado, y L. Loria-Salazar. "Effect of Aging on Rheological, Chemical and Thermodynamic Properties of Asphalt Components". Washintong. D.C.: 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2014.
- [5] Kim, R. "Modeling of Asphalt Concrete. American Society of Civil Engineers". McGraw-Hill, 2009.
- [6] Allen, R. "Structural characterization of micromechanical Properties in asphalt using atomic force microscopy". TX: M.Sc. Thesis. College Station, 2010.

VIII Jornada de Ensayos

Lucía Miranda, marialucia.miranda@repsol.com

Repsol

María del Mar Colas, marimar.colas@cepsa.com

Cepsa

El pasado 27 de febrero de 2018 tuvo lugar la VIII Jornada de Ensayos para mezclas bituminosas en el Salón de Actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Las Jornadas de Ensayos de Asefma se han convertido en un referente nacional sobre metodologías de control de calidad de pavimentos asfálticos. En esta ocasión, la VIII edición ha contado con la participación de grandes especialistas nacionales en caracterización de mezclas bituminosas que desarrollaron con profesionalidad una serie de temáticas de gran utilidad para los fabricantes de mezclas asfálticas, laboratorios de control de calidad y administraciones públicas.

Uno de los objetivos de esta VIII Jornada de Ensayos ha sido crear un foro de comunicación entre expertos y, como en anteriores ediciones, se propició la ocasión de intercambiar opiniones con los ponentes para debatir sobre nuevos retos y soluciones propuestas a cuestiones aún por resolver.

La jornada, organizada por Asefma y coordinada por Lucía Miranda y María del Mar Colás, se desarrolló, de acuerdo con el programa establecido, en cinco sesiones de trabajo en las que se presentaron interesantes trabajos.

- **Sesión 1:** Descripción de la nueva web de la ATC: “Normativa Técnica de Carreteras”, presentada por Alberto Bardesi.
- **Sesión 2:** Metodologías aplicadas a la evaluación de las características de las mezclas asfálticas.
 - Análisis de la resistencia a la fisuración por fatiga de mezclas bituminosas fabricadas con PNFU (Miguel del Sol).
 - Pavimentos asfálticos reflectantes para la mitigación del cambio climático (José Simón).
 - Comportamiento y evolución de las características superficiales de las mezclas bituminosas (José Ramón López).

- **Sesión 3:** Análisis y efectos de la aplicación de las metodologías de ensayos en la caracterización de materiales bituminosos.
 - Fenómenos reversibles en los ensayos cíclicos de los ligantes bituminosos (Ramón Botella).
 - Efecto de los periodos de reposo en los ensayos cíclicos de mezclas bituminosas (Teresa López-Montero).
 - Sobreestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de rodadura. El caso BBTM 11 B (Pablo Álvarez).



- Análisis del ensayo de resistencia a la deformación permanente [UNE EN 12697-22] (Carmen Calvo).
- **Sesión 4:** Medida de adherencia entre capas. Resultados del estudio realizado en ALEAS (Carmen Calvo, Ricardo Gomariz y J. Manuel Berenguer).
- **Sesión 5:** Metodologías para el estudio del envejecimiento acelerado de mezclas asfálticas en laboratorio (Emilio Moreno).

En la sesión inaugural, Julio Vaquero, en representación de la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, manifestó su satisfacción de que Asefma encabece y promueva un evento en el que tanto administraciones públicas, empresas, centros tecnológicos, universidades y laboratorios de control encuentren un foro de debate e intercambio de opiniones que ayuden a mejorar las prestaciones de las carreteras. Por su parte, el presidente de Asefma, Juan José Potti, agradeció que el Ministerio acoja como suyos los objetivos de la jornada y elogió el interés que sigue despertando esta Jornada entre los técnicos del sector.

La primera sesión de la VIII Jornada de Ensayos comenzó con la intervención de Alberto Bardesi, Director de la Asociación Técnica de la Carretera, quien presentó la plataforma www.normativadecarreteras.com como una continuación al trabajo desarrollado por www.carreteros.org. Dicha web ofrece un amplio catálogo de documentación sobre legislación, normativa y diferentes documentos técnicos relacionados con las carreteras así como con un potente motor de búsqueda.

Tras la introducción al mundo de la normativa e información técnica, abordó la necesidad de promover una evolución de las especificaciones de ligantes y mezclas asfálticas para asumir los nuevos retos técnicos del sector, que demanda la selección de las características de los materiales que se desea evaluar y de la metodología adecuada para hacerlo.

En la segunda sesión de trabajo se expusieron algunas de las comunicaciones presentadas en la XII Jornada Nacional de Asefma referentes a Metodologías aplicadas a la evaluación de las características de las mezclas asfálticas.

La primera presentación de esta sesión 2 fue realizada por Miguel del Sol del LabIC (Universidad de Granada), y trató sobre el análisis de la resistencia a la fisuración por fatiga de

mezclas bituminosas fabricadas con polvo de NFU indicando que tales mezclas presentan una vida de servicio similar a la de las mezclas de referencia, fabricadas con betunes modificados con polímeros. En sus conclusiones recoge que la temperatura de servicio y el nivel de carga tienen gran influencia en la resistencia a fisuración de las mezclas. Así, a baja temperatura y bajo nivel de carga, el comportamiento mecánico y vida de fatiga es similar, mientras que incrementos en el nivel de carga muestran que las mezclas con caucho por vía húmeda reducen su resistencia a fisuración por fatiga y la mezclas con caucho por vía seca muestran un mejor comportamiento, con menor tasa de daño.

La siguiente presentación la realizó José Simón, de la empresa CHM, sobre Pavimentos asfálticos reflectantes para la mitigación del cambio climático en la que se expuso que las mezclas con áridos claros, granulometría continua, pocos huecos y menor tamaño de árido son más reflectante. Si a esto se añade el empleo de ligantes sintéticos y pigmentos como el TiO₂, obtenemos pavimentos reflectantes que pueden contribuir de una manera preventiva y a frenar el cambio climático al reducir las emisiones de CO₂, así como, desde un punto de vista correctivo, a mitigar en zonas urbanas el efecto de isla de calor.

La última presentación de esta sesión fue realizada por José Ramón López, de la empresa Pavasal, sobre el Comportamiento y evolución de las características superficiales de las mezclas bituminosas ultradelgadas AUTL, indicando que son mezclas para capas de rodadura de pequeño espesor (1-2 cm) que contribuyen a una reducción de costes y un menor impacto ambiental con excelentes características superficiales, aportando un elevado CRT (>80), lo que las convierte en una solución muy idónea en determinadas obras de conservación de carreteras.

En la sesión 3, y con el título “Análisis y defectos de la aplicación de las metodologías de ensayos en la caracterización de materiales bituminosos”, se expusieron cuatro presentaciones, todas ellas relacionadas con métodos de ensayo aplicados a las mezclas bituminosas.

Las dos primeras presentaciones fueron realizadas por representantes de la Universidad Politécnica de Cataluña, Ramón Botella y Teresa López, ambas relacionadas entre sí y cuyo contenido se basa en el estudio del comportamiento de los productos bituminosos (betunes y mezclas bituminosas) frente a las deformaciones con aplicación de cargas, aplican-



do el método EBADE. Las conclusiones presentadas muestran que en estos materiales, la acción de los ciclos de carga repetidos produce un aumento de la temperatura interna así como de la energía disipada. Esto se refleja en una disminución del módulo y un comportamiento elástico del material al recuperar su estado inicial una vez cesada la carga. Como conclusión se destaca que es importante realizar un planteamiento de la hipótesis que establece que el número de ciclos de carga que puede soportar un firme flexible, es independiente de cómo se distribuyan en el tiempo.

La siguiente presentación, realizada por Pablo Álvarez, de la empresa BECSA, versó sobre el estudio realizado sobre la medida de la densidad aparente, relacionado con la estimación de los huecos, y sobre todo cuando estos son elevados como es el caso de las mezclas tipo BBTM 11B. En esta presentación se hace un análisis de los resultados obtenidos cuando se aplica el método de ensayo de densidad aparente según la norma UNE EN 12697-6, sobre

probetas compactadas en el laboratorio y testigos extraídos de obra.

El estudio se desarrolla tras observar que la muestra cumplía con todos los parámetros para una mezcla tipo BBTM 11B, salvo para en el caso de la densidad de los testigos al detectarse una sobrestimación de los valores, reflejados también en el contenido de huecos, lo que provoca un incumplimiento de las especificaciones. La acción presentada para equiparar la correlación entre las muestras de laboratorio y las de obra, se basa en la información incluida en la norma UNE EN 12697-6 en el anexo A, en donde se describen unas directrices a tener en cuenta cuando las probetas presentan irregularidades en la superficie, ya que éstas pueden influir en el valor de la medida. La propuesta presentada para minimizar este efecto se ha basado en la realización de una corrección en los cálculos de la medida de la densidad, teniendo en cuenta el valor de macrotextura de la superficie de las probetas. Aplicando esta corrección se observa una similitud en

VIII Jornada de Ensayos

los valores obtenidos sobre las probetas de laboratorio y los testigos de obra consiguiendo de esta forma el cumplimiento de las especificaciones.

La sesión concluyó con una presentación por parte de Dña Carmen Calvo, del Laboratorio de la Junta de Castilla y León, sobre un estudio realizado dentro de ALEAS para el análisis del método de resistencia a deformación permanente según la norma UNE EN 12697-22. En este trabajo se ha realizado una recopilación de datos de deformación en pista de diferentes tipos de mezclas fabricadas tanto con betunes convencionales como modificados. Con estos resultados se ha realizado un estudio estadístico para estimar la precisión del método y relacionarla con las especificaciones solicitadas para este parámetro. Las conclusiones indican que los puntos críticos a tener en cuenta son la preparación y compactación de la muestra así como el aseguramiento del estado de los equipos en cuanto a calibración y/o verificación.

Según lo descrito, y como resumen de esta sesión, es importante destacar la importancia de las normas y sobre todo su interpretación, con el objetivo de llegar a resultados coherentes y que muestren el comportamiento real del espécimen una vez puesto en obra.

La cuarta sesión, también presentada por Carmen Calvo trató sobre la medida de adherencia entre capas, y en ella se expusieron los resultados del estudio realizado en ALEAS sobre el ejercicio de intercomparación con el dispositivo A y con el dispositivo B de la norma NLT-382, analizando las diferencias obtenidas en resistencia al esfuerzo cortante y los coeficientes de variación obtenidos con cada dispositivo. El objetivo de ALEAS es realizar un trabajo de puesta a punto de los métodos de ensayo destinados a medir la adherencia entre capas, combinando numerosas variables y cuantificando la calidad de los resultados. Para incidir en la importancia de la tarea, se informó que, en 2018, hay un trabajo en marcha donde se van a evaluar las adherencias entre capas en más de 500 testigos tomados de pavimentos en los que se analizarán diferentes macrotexturas, tipos y dotaciones de emulsiones de adherencia.

La quinta y última sesión, presentada por Emilio Moreno, de la empresa Repsol, se basó en la exposición de los métodos de ensayo que en la actualidad existen para el estudio del envejecimiento de mezclas bituminosas según las normas UNE EN 12697-45 y 12697-52. Ambos métodos de ensayo todavía se encuentran en fase de estudio y adap-



VIII Jornada de ensayos para las mezclas bituminosas	Inscripciones por correo en: Asefma Avda del General Perón 28 28020 MADRID por mail en: asefma@asefma.com.es Inscripciones streaming: www.itafec.com	VIII Jornada de ensayos para las mezclas bituminosas
Las Jornadas de Ensayos para caracterización de las Mezclas Bituminosas son el principal escaparate de los trabajos realizados en España en el campo de la experimentación relacionadas con metodologías de evaluación de mezclas bituminosas. En la edición de 2018 el programa incluye cinco sesiones de trabajo: • Descripción de la nueva web de la ATC: "Normativa Técnica de Carreteras" • Metodologías aplicadas a la evaluación de las características de las mezclas asfálticas • Análisis y efectos de la aplicación de las metodologías de ensayos en la caracterización • Medida de la adherencia entre capas • Estudio de Envejecimiento acelerado de mezclas bituminosas en laboratorio	Organiza:  Puedes seguir en Twitter la Jornada y mandar tus preguntas online con hashtag: #VIIIJornadaEnsayos Modalidades de inscripción: • Coste de inscripción presencial, socios de Asefma, 90 euros (más IVA) • Coste de inscripción presencial, no socios Asefma, 200 euros (más IVA) • Coste inscripción streaming, gratuita gracias al patrocinio de Rettenmaier Ibérica S.L.	27 de febrero de 2018 Coordinadoras: D^a. Lucía Miranda y D^a María del Mar Colás @lmiranda01 y @MarColVic Lugar de celebración: Salón de actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos calle Almagro, 42 28010 MADRID

tación por parte de los laboratorios, pero son importantes a tener en cuenta para poder evaluar, a nivel de laboratorio, la durabilidad de las mezclas bituminosas y estimar su periodo de vida.

Ambos métodos de ensayo lo que describen son metodologías de acondicionamiento de las muestras sobre las que se realizan posteriormente una serie de ensayos, antes y después de ser sometidas a unas condiciones extremas, comparando el cambio que han sufrido después del proceso.

En la actualidad no se dispone de especificaciones que se puedan extraer de los resultados de la aplicación de estos métodos pero son una alternativa de estudio y trabajo para el futuro.

La jornada finalizó con una presentación de las actividades que desde ALEAS (Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a Asefma) se están realizando dentro de los diferentes grupos de trabajo creados, y para los que se anima la participación de empresas y laboratorios.

El patrocinio del grupo empresarial Rettenmaier Ibérica ofreció la oportunidad de seguir online desde la plataforma ITAFEC, y de manera gratuita, esta VIII Jornada de Ensayos de caracterización de mezclas bituminosas, lo que permitió la

divulgación de la jornada a decenas de personas que no pudieron asistir de forma presencial.

El streaming potenció el movimiento de las redes sociales, especialmente Twitter, que permitió lanzar preguntas a los ponentes a través del hashtag #VIIIJornadaEnsayos. En total 62 usuarios participaron en el debate generado en Twitter con casi 500 tweets que llegaron a más de 87.000 usuarios, generando un total de tres millones de impresiones, según la herramienta de medición Tweet Binder.

En definitiva, las temáticas de actualidad y la gran calidad y solvencia de los ponentes han proporcionado a la Jornada de Ensayos de Asefma, una vez más, la vitrola de evento técnico de referencia en el mundo de la pavimentación asfáltica.

1988 - 2013
25 AÑOS

VIATOP®

El "Pellet".

Liderando las SMA desde 1988



RETENMAIER IBÉRICA
S.L. Y CIA. S. COM.



Fibras diseñadas
por la naturaleza
Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia, 56, 2º2ª
08006 Barcelona
Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897
www.jrsiberica.com • info@jrsiberica.com

UNE-EN 12697-45:2013: Rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)

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

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. Objeto y principio del ensayo

Evaluación de la durabilidad de la adhesión en mezclas asfálticas utilizadas en capas de base e intermedia, realizando un envejecimiento por saturación en presencia del agua (SATS), comparando su comportamiento antes y después del acondicionamiento.

Este ensayo se utiliza con mezclas tipo hormigón bituminoso (AC), fabricadas con contenidos de ligante entre 3,5% y 5,5% y un contenido de huecos entre el 6 % y el 10 %, fabricadas con un ligante de baja penetración (10/20).

Se calcula el promedio de pérdida de rigidez por tracción indirecta (EN 12697-26 IT-CY) en probetas sometidas a un proceso de acondicionamiento con saturación de humedad, temperatura y presión, determinando la sensibilidad del material al envejecimiento y la humedad.

2. Método operativo

Se utilizan probetas cilíndricas de 100 ± 5 mm de diámetro y 60 ± 5 mm de espesor, con un contenido de huecos del 8 ± 2 %. Pueden ser testigos extraídos de placas fabricadas con el equipo de rodillo (EN 12697-33) o probetas fabricadas con el compactador giratorio (EN 12697-31) o con el compactador de impacto (EN 12697-30).

El ensayo se realiza sobre una serie de 5 probetas sobre las cuales se determina su masa, densidad y contenido de huecos y a continuación se efectúa el ensayo de rigidez según la EN 12697-26 IT-CY. Posteriormente se someten las probetas a la saturación en agua aplicando un vacío con una presión residual entre 40 kPa y 70 kPa durante 30 ± 2 minutos, determinando su masa y la relación de saturación, a partir de la siguiente expresión:

$$S = 100 \times \frac{M_w - M_d}{M_d \times \left(\frac{1}{G_{mb}} - \frac{1}{G_{mm}} \right)}$$

S = relación de saturación antes del acondicionamiento (%)

M_d = masa de la probeta seca (g)

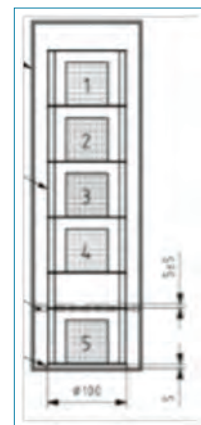
M_w = masa de la probeta húmeda (g)

G_{mb} = densidad aparente seca (Mg/m^3).

G_{mm} = densidad máxima (Mg/m^3).

Se inicia el proceso de acondicionamiento de las probetas colocando las mismas en el portamuestras e introduciendo el conjunto en el equipo de presión. Las condiciones del ensayo son las siguientes:

- Tiempo de acondicionamiento: 65 ± 1 horas.
- Temperatura: 85 ± 1 °C
- Presión: $2,1 \pm 0,1$ MPa
- Tiempo de enfriamiento: 24 horas a la presión de ensayo y una temperatura de 30 °C.



Se vuelve a medir la masa calculando la relación de saturación de cada probeta y se determina la rigidez de todas las probetas, calculando la relación de rigidez antes y después del acondicionamiento (CTR) y el promedio de las 4 probetas (relación SATS).

$$S_a = 100 \times \frac{M_{w2} - M_d}{M_d \times \left(\frac{1}{G_{mb}} - \frac{1}{G_{mm}} \right)}$$

S_a = relación de saturación después del acondicionamiento (%)

M_d = masa de la probeta seca (g)

M_{w2} = masa de la probeta húmeda después del acondicionamiento (g)

UNE-EN 12697-45:2013: Rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)

G_{mb} = densidad aparente seca (Mg/m^3).

G_{mm} = densidad máxima (Mg/m^3).

Cálculo de la relación de rigidez para cada probeta:

$$CTR_R = 100 \times \frac{CTR_C}{CTR_U}$$

CTRR, relación de rigidez

CTRC, rigidez con acondicionamiento

CTRU, rigidez sin acondicionamiento

3. Equipamiento

Se requiere el siguiente equipamiento:

- Equipos para la preparación de las muestras de mezcla bituminosa y de las probetas de ensayo, como son un mezclador, equipo sacatestigos, sierras, etc.
- Equipo de vacío para saturación en agua según la Norma EN 12697-5.
- Equipo de acondicionamiento para las probetas: recipiente de presión y temperatura, dispositivos de control de la presión, termómetro, dispositivo de registro de la temperatura y la bandeja portamuestras para 5 probetas.
- Equipo de ensayo de rigidez (IT-CY) descrito en la Norma EN 12697-26, anexo C. En el caso de realizar otro tipo de ensayo comparativo será necesario utilizar el equipo correspondiente.

4. Puntos críticos

El equipo empleado para realizar el acondicionamiento de las probetas y el ensayo de rigidez tiene un coste elevado.

Actualmente no existe en España especificaciones ni suficiente experiencia sobre la posible relación existente entre este método de ensayo y procedimientos similares de medida de la adhesividad aridos-ligante.

En la norma no se han definido valores de precisión del ensayo. La norma de ensayo actual limita su aplicación a las mezclas bituminosas con contenidos de ligante y huecos prefijados y fabricadas con un betón de baja penetración, aunque en la actualidad se están estudiando desarrollando metodologías aplicables a otros tipos de mezclas.

5. Comentarios

Es un ensayo con todavía escasa experiencia pero que ofrece interesantes posibilidades de conocimiento sobre las propiedades de las mezclas bituminosas ya que realiza un proceso de envejecimiento acelerado con la presencia de agua, elevada temperatura y sometidas a presión, pudiendo realizar los ensayos con las mismas probetas antes y después de este proceso de envejecimiento.

La Norma indica que se puede realizar el ensayo con otro procedimiento alternativo, como puede ser tracción indirecta o el ensayo de compresión simple, pero en caso de emplear métodos de ensayos destructivos no podrían ser valorados sobre las mismas probetas.

6. Bibliografía

- UNE EN 12697-5. Densidad máxima.
- UNE EN 12697-6. Densidad aparente
- UNE EN 12697-8. Determinación de huecos
- UNE-EN 12697-26. Rigidez.
- UNE-EN 12697-30. Compactador de impacto.
- UNE-EN 12697-31. Compactador giratorio.
- UNE EN 12697-33. Compactador de rodillo.

Ensayo de medida de la adhesividad arido -ligante tras el envejecimiento de probetas de de mezclas bituminosas. Todavía no se dispone de suficiente experiencia con este método de ensayo, que permite someter a probetas de mezcla bituminosa a un envejecimiento acelerado con alta temperatura, presión y saturación de agua y estudiar sus propiedades.

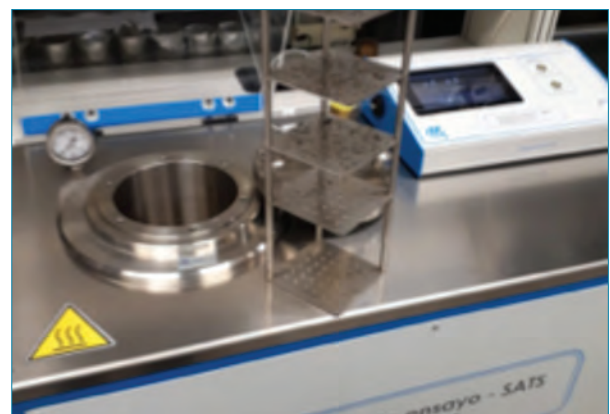


Foto del equipo de acondicionamiento de las probetas

Legislación, normativa y otras disposiciones

En este número se realiza la presentación de una página web recientemente publicada, que recoge tanto legislación, normativa técnica y otros documentos de interés y que se puede acceder en el enlace www.normativacarreteras.com



Esta iniciativa de la ATC surge como relevo a la página web de “carreteros” ampliamente conocido y utilizada por el sector. Toda la base de datos se ha transferido a la nueva página web de Normativa de Carreteras. Esta web inicialmente incluye toda la normativa Española, pero con el objetivo de en un futuro incorporar la normativa latinoamericana.

El objetivo de esta página web es disponer de toda la documentación técnica y normativa lo más actualizada posible para lo cual, se pretende que sea una página viva, en permanente actualización y para la que está abierta la participación de cualquiera que aporte información que pueda ser susceptible de incorporar a este listado.

El manejo de la página web es sencillo, se dispone de buscadores que permiten encontrar información bien a través de palabras clave, por temática e incluso por lugar de aplicación del documento. Además será posible descargar de manera gratuita en pdf algunos documentos, y aquellos que sean de pago, como las normas UNE EN, se podrá buscar la referencia.

OTRAS NOTICIAS

ORDEN CIRCULAR 40/2017 SOBRE RECICLADO DE FIRMES Y PAVIMENTOS BITUMINOSOS

En octubre de 2017 se ha publicado una actualización de la Orden Circular 8/2001 sobre “Reciclado de firmes”, teniendo en cuenta la experiencia adquirida en las obras, la evolución tecnológica de los equipos, los sistemas constructivos y sobre todo las consideraciones ambientales, de seguridad viaria y económicas, lo que hace viable la utilización de técnicas de reciclado de firmes y pavimentos en proyectos de rehabilitación estructural de carreteras.

A continuación se describen aquellos aspectos que han sido modificados para los artículos 20 de “Reciclado “in situ” con emulsión de capas bituminosas” y el artículo 22 de “Reciclado en caliente y semicaliente en central de capas bituminosas”.

Artículo 20 “Reciclado “in situ” con emulsión de capas bituminosas”

- Se incluye una aclaración en la definición indicando que aunque no es objeto de aplicación de este artículo, cuando el fresado se lleva a una instalación para su tratamiento, clasificación y mezclado con emulsión, el material resultante podrá considerarse a efecto de capacidad estructural, semejante a una grava emulsión de las indicadas en la Norma 6.3 IC de Rehabilitación de firmes. Así mismo, aunque tampoco es de aplicación de este artículo, todas las técnicas recogidas en la OC 40/2017, podrían ser válidas para el reciclado in situ de capas bituminosas con un betún asfáltico espumado en sustitución de la emulsión.
- Se especifica como emulsión a emplear para el reciclado in situ el tipo C60B5 REC, salvo justificación en contrario
- Se realiza una diferenciación en la cantidad de ligante residual para categoría de tráfico pesado T1 donde para capa base no será inferior al 2 % mientras que para el resto de casos será superior al 1,5 %
- Se sustituye la evaluación de las características del reciclado en frío de inmersión-compresión (NLT/162) por tracción indirecta (UNE EN 12697-12), incluyendo especificaciones. Además la compactación de las probetas se realizará empleando el compactador giratorio. Además se especifican un número de giros de 160 para la mezcla tipo RE1 empleando el molde de 150 mm, y de 100 giros para la mezcla tipo RE2 con molde de 100 mm
- Se incluye una matización en la compactación para espesores > 10 cm
- Para evaluar la adhesividad de la emulsión con RAP se sustituye la norma NLT/196 correspondiente a la norma de envuelta, por el estudio de la tracción indirecta con inmersión según la norma UNE EN 12697-12
- Se actualiza la norma NLT/168 por la normativa UNE EN 12697-6 para la determinación de la densidad de las muestras representativas para el estudio del material a reciclar

ORDEN CIRCULAR 40/2017 SOBRE RECICLADO DE FIRMES Y PAVIMENTOS BITUMINOSOS

- Igualmente se actualizan las normas para los siguientes métodos de ensayo:
 - Contenido de ligante residual de la NLT/164 por UNE EN 12697-1 ó UNE EN 12697-39
 - Penetración de la NLT/124 por UNE EN 1426 y punto de reblandecimiento NLT/125 por UNE EN 1427 y ligante recuperado NLT/353 por UNE EN 12697-1 ó UNE EN 12697-3
- Se modifica el grado de humedad exigido para la mezcla reciclada para la extensión de una nueva capa pasando de <1% a una humedad exigida <1,5%. Igualmente los testigos serán extraídos empleando la norma UNE EN 12697-27 en lugar de la NLT/314
- Se fija como extensión del tramo de prueba la misma longitud de 100 m para todos los tipos de categoría de tráfico
- Las especificaciones de la unidad terminada para la densidad de la capa después del proceso de compactación, expresada como porcentaje de la densidad de referencia alcanzada en el tramo de prueba definitivo con la fórmula de trabajo, se fija en <98% en lugar de considerar el 100% de la densidad del proctor modificado. Además para la diferencia de densidades entre las zonas más superficiales y la más profunda se mantiene los 3 puntos porcentuales, eliminando el criterio de no superar el punto porcentual cada 5 cm de profundidad
- Se modifican los criterios para el Índice de Regularidad Internacional reduciendo en 0,5 dm/hm para los valores entre 50 y 80 hm y de un punto para 100 hm
- La humedad se determina por un método empleado para suelos correspondiente a la norma UNE EN ISO 17892-1 en lugar de la norma UNE 103300
- Se incluye un apartado sobre curado y protección superficial mientras la capa se encuentra sometida a la acción del tráfico para acelerar la eliminación de la humedad de la mezcla compactada. En este caso la protección de cobertura se realizará teniendo en cuenta lo indicado en el artículo 532 del PG3
- Para los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se referencian frente a una densidad >95% en lugar del 97% que se especificaba en la anterior Orden Circular
- El abono del reciclado "in situ" de capas bituminosas se realizará por m3 de material reciclado en lugar de m2. Igualmente la aplicación del ligante bituminoso para la protección superficial de la mezcla bituminosa reciclada se abonará por t realmente empleadas en obra medidas antes de su empleo en lugar de m2
- Se elimina el punto de especificaciones técnicas y distintivos de calidad

Artículo 20 "Reciclado "in situ" con emulsión de capas bituminosas"

- Se incluye una clasificación de las mezclas recicladas en central en caliente y semicaliente. Además en el caso de estas últimas la temperatura máxima a la salida del mezclador no será superior a los 140 °C
- Se describe una clasificación de las mezclas bituminosas recicladas en central en función del contenido de RAP en tres tipos, Tipo 1 como tasa baja entre 15 y 30, tipo 2 con tasa entre 30 y 60 y tipo 3 con tasas entre 60 y 80%
- Se permite el empleo mezclas bituminosas recicladas del tipo 1 para mezclas de alto módulo
- Se han modificado las tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo siendo más restrictivas respecto de la anterior Orden Circular tanto para granulometría como para contenido de ligante
- Sobre las sustancias sólidas contaminantes que pudieran estar presentes en el RAP, se definen unos límites que para el tipo 1 deberá ser inferior al 1% en masa y del 1 por mil para el tipo 2, en ambos casos aplicando la norma UNE EN 12697-42
- La dotación del ligante (el de aportación más el procedente del RAP) expresado como la proporción en masa sobre el total de la mezcla, se ha modificado indicando que no será inferior al 4% en capas intermedias y de base, (en lugar del 3,5% que indicaba la anterior Orden Circular solo para capas base) incluyendo un requisito del 5% en capas de rodadura. Además la dotación de ligante de aportación pasa a ser como mínimo del 50% en lugar del 60% especificado anteriormente
- Se elimina el criterio de razón entre la estabilidad Marshall y la deformación Marshall de 8 kN/mm
- Se especifica la necesidad de disponer de al menos 2 fracciones siendo la más fina de un tamaño nominal inferior a 8 mm
- Para la fabricación de la mezcla se han definido limitaciones en el calentamiento del RAP que no deberá ser superior a la temperatura del nuevo ligante incorporado. Igualmente el calentamiento de los áridos de aportación no superará los 220 °C y además se incluye una fórmula para determinar la temperatura de calentamiento de los áridos teniendo en cuenta la temperatura final de la mezcla reciclada, los porcentajes de RAP, su humedad y la temperatura
- Se describe el proceso de fabricación de la mezcla en una central con mezclador discontinuo distinguiendo entre reciclado tipo 1 y 2 indicando la metodología para la incorporación del RAP
- Para el control de calidad de material reciclado se modifica las toneladas designadas para tomar muestras, así para el tipo 1 se tomarán muestras cada 1000 t mientras que para el tipo 2 y 3 se tomarán muestras cada 500 t
- Para la caracterización de los materiales se han actualizado toda la normativa NLT por normas UNE EN. Además se incorpora la necesidad de realizar ensayos extraordinarios como la determinación de la viscosidad dinámica usando un viscosímetro de rotación de agua, según la norma UNE EN 13302 y la determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase mediante reómetro de corte dinámico según la norma UNE EN 14770
- Se especifica el proceso seguido para la medición y abono de la mezcla reciclada teniendo en cuenta todos los materiales. Además se indica que el proyecto incluirá un precio auxiliar del RAP que tenga en cuenta las operaciones de tratamiento, clasificación, acopio e incorporación a la central de fabricación.

Calendario de eventos

AÑO 2018

26-28 de marzo PPRS	Second world congress on maintenance modernisation, adaptation of road's & streets for tomorrow's mobility	Niza (Francia) www.pprs2018.com
5 de abril	IRMD2018. Día Internacional de la Conservación de la Carretera	Madrid (España)
23-28 de abril INTERMAT	INTERMAT 2018	Paris (Francia) https://paris.intermatconstruction.com/
24-26 de abril AEC	VYODEAL. 24º Symposium Nacional de Vías y Obras de Administración Local	Valencia (España) http://www.aecarretera.com/
29 de abril - 9 de mayo PIARC	Simposio sobre Características superficiales de Firmes de Carreteras	Brisbane (Australia) www.piar.org
30 y 31 de mayo ASEFMA	XIII Jornada Nacional de Asefma	Madrid (España) www.asefma.com.es
14 y 15 de junio EUROBITUMEN-EAPA	E&E Event Euraspalt & Eurobitumen	Berlín (Alemania) www.eurobitume.eu
4 y 5 de octubre AMAAC	Seminario Internacional del Asfalto: Retos en la preservación de pavimentos asfálticos	Tijuana (México) www.amaac.org.mx
9-11 de octubre PIARC	Seminario Internacional de Firmes	Durban (Sudáfrica) www.piar.org
11 de octubre	Día internacional de la carretera	
15-18 de octubre ARRA	2018 ARRA Semi-Annual Meeting www.ara.org	Virginia (EEUU)
17-19 de octubre PIARC	Simposio Nacional de Firmes SNF 2018 www.piar.org	Madrid (España)
5-7 de noviembre NAPA	1st International Conference on Stone Matrix Asphalt	Georgia (EEUU) www.eapa.org
22 de noviembre ATEB	IV Jornada Nacional de ATEB	Madrid (España) www.ateb.es

AÑO 2019

13-17 de enero TRB	TRB 98 th Annual Meeting	Washington, DC (EEUU) www.trb.org
18-21 de febrero AEMA-ARRA-ISSA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Cancún (México) www.aema.org
3-5 de junio EATA	8 th Meeting EAPA	Granada (España) www.eata-group.eu
12-14 de junio ICONFBMP	The 17 th International Conference "Bituminous Mixtures and Pavements"	Tesalónica (Grecia) http://iconfbmp.civil.auth.gr
6 de octubre PIARC	26º Congreso Mundial de la Carretera	Abu Dhabi (Emiratos Árabes) www.piar.org

AÑO 2020

12-16 de enero PIARC	99 Reunión Anual TRB	Washington (EEUU) www.piar.org
12-14 de mayo EAPA	The 7 th Euraspalt & Eurobitume Congress	Madrid (España) www.eapa.org

MAYO 2018

Afirmaciones Asfálticas
#29
EL RECICLADO de
mezclas asfálticas
permite AHORRAR
RECURSOS NATURALES

ADVANTAGE 35: Noise reducing asphalt stops noise at its source and saves money #AsphaltAdvantages

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO ➔

MAYO 2018

Colaboran:    

EVENTOS
Mayo
#interCILA
#XIIIJornadaAsefma

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			

[/asefma](#) [@asefma_es](#) [/company/asefma](#) [@asefma](#)

ABRIL 2018

Afirmaciones Asfálticas
#39
Los pavimentos asfálticos
de ALTA DRENABILIDAD
proporcionan SEGURIDAD
Y CONFORT cuando hay lluvia

ADVANTAGE 09: The best visibility during rainy conditions #AsphaltAdvantages

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO ➔

ABRIL 2018

Colaboran:    

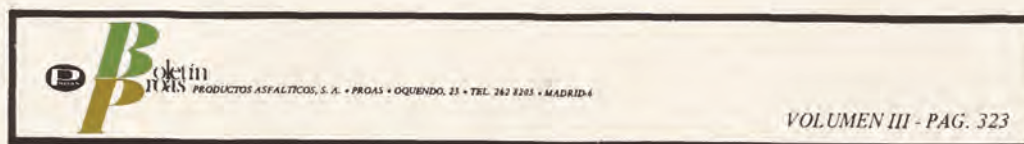
EVENTOS
5 de abril
#IRMD2018
23-28 de abril
#INTERMATParis

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 30	24	25	26	27	28	29

[/asefma](#) [@asefma_es](#) [/company/asefma](#) [@asefma](#)

Mirando al pasado

Documento publicado en agosto de 1983 - marzo de 1984.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

A mediados de febrero de 1984, momento en que redactamos este comentario, hay un tema central en la atención de cuantos se preocupan por las carreteras españolas. El conjunto de los presupuestos con que cuentan los organismos responsables de la construcción y conservación de las carreteras para estas atenciones es este año mejor que nunca (aunque sigue faltándole un 50 % para alcanzar un nivel satisfactorio), pero como nos encontramos inmersos en el complicado proceso de las transferencias a las autonomías de las redes que les corresponden, todos nos tememos que gran parte de estos presupuestos puedan quedarse sin gastar, por

dificultades administrativas o personales de uno u otro tipo. Se nos puede pasar el año discutiendo si son galgos o podencos los que han de comerse la liebre y, al revés que en la fábula, que ésta —léase el dinerito del presupuesto— se escape viva y coleando. Esperemos que no sea así.

Por otra parte, en el campo de la técnica de pavimentos, se han anunciado unas Jornadas sobre Pavimentos Flexibles, que tendrán lugar en Barcelona los días 3 al 5 de abril próximo. Al poco tiempo de hacerse pública la convocatoria para estas Jornadas, se ha publicado también la convocatoria para unas segundas Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón, organizadas por la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (Oficemen), que tendrán lugar en Córdoba los días 28 al 30 de marzo.

Nos parece excelente que se dedique tanta atención a los temas técnicos relacionados con los pavimentos de nuestras carreteras. Las Jornadas sobre Firmes Flexibles están plenamente justificadas ya que hace largo tiempo que no tiene lugar un congreso de este tipo en España, y parece conveniente un repaso del estado de esta técnica, utilizada casi con exclusividad en las carreteras españolas (y en las de todo el mundo). Las Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón tienen mucha menor justificación práctica ya que su empleo en España es muy reducido por motivos evidentes, pero siempre es una técnica más con la que se puede contar en algunos casos que, por razones especiales, justifiquen su empleo.

No vamos a entrar en este comentario de actualidad, que tiene forzosamente otro carácter, en la discusión detallada de los motivos por los que nunca se han construido en España muchos pavimentos rígidos y es razonable esperar que tampoco se construyan en el futuro, salvo en algunas obras aisladas de carácter más testimonial que otra cosa. Históricamente, el motivo fundamental ha sido las diferencias importantes de costos entre los firmes flexibles y los rígidos de calidad similar. A pesar del encarecimiento de los productos petrolíferos consecuencia de la crisis del petróleo, y en contra de lo que a veces se publica en informaciones proporcionadas por la industria del cemento, los pavimentos asfálticos, incluso los de mayor calidad, siguen siendo menos costosos que los pavimentos rígidos en cuanto a gastos de primer establecimiento, especialmente si se tienen en cuenta las posibilidades de aplazamiento del gasto mediante la construcción por etapas (que no es posible en los pavimentos rígidos) y las fuertes bajas que respecto a los precios de proyecto se producen en las licitaciones como consecuencia de la gran oferta de pavimentos flexibles.

Pero es que además, y en contra también de lo que a veces se publica faltando a la verdad, los pavimentos asfálticos son mucho más baratos de conservar que los rígidos. Para comprobarlo no hay que hacer más que hablar con quien tenga larga experiencia de conservación de pavimentos de este tipo. En España hay pocas personas que tengan esta experiencia, pero hay algunas.

LAS INVERSIONES EN MEJORA DE CARRETERAS EXISTENTES, SON LAS MAS RENTABLES QUE ES POSIBLE IMAGINAR (DATOS DEL BANCO MUNDIAL).

 @PPRSummit
#PPRS2018



Lecturas recomendadas

Informe "EAPA'S position statement on the use of secondary materials, by-products and waste in asphalt mixtures". EAPA. 2017. 12 pp

El reciclado y la reutilización son prácticas habituales en el sector de la pavimentación asfáltica. Sin embargo, el uso indiscriminado de subproductos, residuos etc puede generar perjuicios superiores al beneficio ambiental que potencial se pretendía obtener. EAPA publicó en el segundo semestre de 2017 una guía que proporciona criterios básicos y claros a la hora de elegir si un determinado material es susceptible de valorización dentro de las mezclas bituminosas.

<http://www.eapa.org/userfiles/2/EAPA-position%20statement%202.pdf>



Informe NCHRP 847: "Variability of Ignition Furnace Correction Factors". Editado por TRB. 2017. 164 pp.

La determinación precisa del contenido de betún y la granulometría de los áridos fundamental para controlar la calidad de las mezclas asfálticas en las obras. El procedimiento de ensayo del horno de ignición especificado en la norma AASHTO T 308, Determinación del contenido de ligante bituminoso en mezclas bituminosas en caliente (HMA) mediante el método de ignición, es ampliamente utilizado en los departamentos de transporte de EEUU. Normas similares de ensayo se utilizan en muchos países, entre ellos España. Dado que la ignición del ligante bituminoso también da como resultado una cierta pérdida en la masa del árido, los procedimientos requieren la determinación de un factor de corrección de contenido de asfalto para cada mezcla de asfalto y para cada horno de ignición utilizado. Los objetivos de esta investigación son: determinar las influencias significativas que afectan la variabilidad del contenido de betún y los factores de corrección de áridos para los diversos hornos y desarrollar directrices para la instalación, operación y mantenimiento de los hornos de ignición para minimizar la variabilidad en los factores de corrección entre ellos.

<http://www.trb.org/Publications/Blurbs/175748.aspx>

Informe NCHRP 863: "Material Properties of Cold In-Place Recycled and Full-Depth Reclamation Asphalt Concrete. Editado por TRB. 2017. 112 pp.

Las técnicas de reciclaje de pavimentos, incluido el reciclaje in situ en frío, el reciclaje en frío en planta y la estabilización con betún espumados y emulsiones bituminosas, son técnicas eficaces para rehabilitar pavimentos existentes o construir nuevos pavimentos al tiempo que se reducen los costos de construcción, los impactos ambientales y el tiempo de construcción. Sin embargo, la falta de valores cuantitativos para las propiedades de ingeniería de los materiales, obtenidos con las técnicas antes citadas, que puedan utilizarse con confianza en el diseño estructural del pavimento es un impedimento importante para un uso más generalizado de estas estrategias de rehabilitación rápidas, rentables y sostenibles. Un objetivo principal de este estudio fue la determinación de los valores típicos de las propiedades estructurales de módulo dinámico (E^*) y deformación permanente de carga repetida (RLPD) para el diseño de pavimento empírico-mecánico utilizando el software AASHTOWare Pavement ME.



<http://www.eapa.org/userfiles/2/EAPA-position%20statement%202.pdf>

24º vyodeal

Valencia, 24-26 de Abril de 2018



El trinomio de las carreteras locales

(administración + empresas) x ciudadanos



Corporaciones provinciales, administraciones autonómicas y sector privado se citan para debatir sobre las redes locales, un servicio básico de política social.

¡ANÓTALO EN LA AGENDA Y PARTICIPA EN EL DEBATE”

Más información:

congresos@aecarretera.com
<http://24vyodeal.aecarretera.com/>
Tf. 91 577 99 72
#24Vyodeal

Organiza:



**Asociación
Española de la
Carretera**

Promueve:



Colze a colze amb els Ajuntaments

I+D+i. Proyectos destacados

En este número se trata el PROGRAMA IDEA (Innovations Deserving Exploratory Analysis).



La forma más habitual en Europa de acceder a financiación para proyectos de I+D+i es acudir a las diversas convocatorias que las administraciones públicas convocan. A pesar de que existe una cierta libertad a la hora de presentar propuestas, normalmente las temáticas financiables quedan restringidas a un conjunto reducido que ha sido seleccionado por expertos en la materia.

Una forma distinta de interaccionar entre los clientes (administraciones públicas) y los generadores de innovación es el caso del programa IDEA (Innovations Deserving Exploratory Analysis) que coordina el TRB (Transport Research Board) de EEUU.

Este programa fue creado en 1988 y desde entonces ha estado funcionando recogiendo propuestas innovadoras que tras una valoración pueden ser financiadas. Este modelo que se corresponde con el concepto de innovación abierta, ha generado una ingente cantidad de resultados.

El programa NCHRP IDEA está abierto a todas las personas, incluidas grandes y pequeñas empresa así como instituciones. El programa brinda la oportunidad de investigar nuevos conceptos no comprobados o para evaluar nuevas aplicaciones de tecnologías que se han probado o utilizado de forma práctica en las carreteras.

La selección de cada investigación de IDEA se realiza mediante recomendaciones consensuadas del NCHRP-IDEA Project Panel, que comprende expertos nacionales en carreteras y transporte.

Un experto externo al TRB es seleccionado para servir como asesor voluntario para guiar cada proyecto de IDEA. El asesor técnico del proyecto proporciona asesoramiento y

apoyo continuo sobre la investigación de IDEA al investigador y a la oficina del programa IDEA.

Para apoyar el proceso de transferencia del producto desde cada proyecto IDEA, se selecciona un panel regional de expertos para trabajar con el investigador en el desarrollo de productos y transferencia a la práctica diaria de la red de autopistas.

La página web del programa IDEA se puede visualizar a través del siguiente enlace:

<http://www.trb.org/IDEAProgram/IDEAHighway.aspx>

Las evaluaciones de las propuestas se realiza mediante un formulario estandarizado:

NCHRP IDEA Proposal Evaluation		Rev. 2013-08-01
The reviewer's identity will be kept confidential and will not be released outside of the IDEA program. However, the IDEA program may provide the proposal's principal investigator with a summary of these comments. The reviewer agrees not to disclose any proprietary information contained in this proposal.		
Proposal No.	Previous Proposal No.	Principal Investigator
Institution		
Proposal Title		
Duplication		
Does proposed research duplicate any similar research or developments that you know of (Y/N)? If yes, explain →		
Evaluation		Score
Innovation: Is the concept innovative? Is there technical/scientific merit to it? Is there potential to produce a breakthrough or a major advancement? Is it unique compared to the current technology? (Maximum points: 50)		
Research Approach: Is the approach reasonable and sound? Is the approach informed by knowledge of related work? Are technical issues to be addressed clearly identified? (Maximum points: 15)		
Potential Benefits: Does the concept solve an important problem? If successful, could the product be effectively put into practice? Could it significantly improve or potentially replace current practice? (Maximum points: 20)		
Implementation/commercialization: Does the implementation plan appear practical and effective? Is the proposed product economically feasible? Is support from industry and/or transportation agencies meaningful? (Maximum points: 15)		
Total Score (Maximum Points 100). Select field and press F9 to calculate →		0
Comments		
Note to Reviewer: If you decide not to review this proposal, then you need to give your reasons below. Statements such as "nothing new" or "not innovative enough" should be supported by specific evidence or examples (similar specific products, similar applications, similar previous research, etc.).		

Una iniciativa similar, aunque a mucho menor escala y sin la continuidad del programa IDEA ha sido el programa Infravation del que ya se informó en el n° 23 de la revista Asfalto y Pavimentación.



Colección de Monografías, en papel, de Asefma

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

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

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

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

MONOGRAFÍAS ASEFMA

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

También disponibles en formato DVD

Observatorio del sector

Desde esta sección se irán incluyendo indicadores que permitan obtener una radiografía del sector de la carretera, considerando datos de tipo económico. En esta ocasión reproducimos las estadísticas de EAPA correspondientes a 2016, publicadas en enero de 2018, sobre producción en los diferentes países que conforman la asociación.

TOTAL PRODUCTION

TOTAL PRODUCTION OF HOT AND WARM MIX ASPHALT FROM 2008 TO 2016
(in million tonnes)

Country	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Austria	9,5	9,0	8,2	8,0	7,2	7,0	7,2	7,2	7,4
Belgium	4,9	4,7	4,8	5,9	5,6	5,3	5,2	5,0	5,1
Bulgaria	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data	2,0*	2,0*
Croatia	4,2	3,2	2,7	2,6	2,5	2,8	2,3	2,2	2,2
Cyprus	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data	0,15*	0,15*
Czech Republic	7,3	7,0	6,2	5,8	5,6	5,4	6,4	8,0	6,7
Denmark	3,1	2,7	3,2	4,0	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8
Estonia	1,5	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5
Finland	6,0	5,2	4,9	5,0	4,5	4,5	4,7	5,4	5,9
France	41,8	40,1	38,8	39,2	35,3	35,4	31,9	31,5	33,6
Germany	51,0	55,0	45,0	50	41	41,0	39,0	39,0	41,0
Great Britain	25,0	20,5	21,5	22,4	18,5	19,2	20,6	21,9	22,0
Greece	8,1	8,7	5,2	2,3	1,6	2,7	2,7*	2,5*	2,3*
Hungary	2,5	1,6	3,4	2,3	2,5	2,7	3,8	3,9	2,8
Iceland	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3*
Ireland	2,8	3,3	2,3	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9
Italy	36,5	34,9	29,0	28	23,2	22,3	22,3	23,1	23,1
Latvia	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*
Lithuania	2,2	1,5	1,6	1,6	1,3	1,3*	1,3*	1,6	1,6
Luxembourg	0,6*	0,6	0,7	0,65	0,61	0,7	0,7*	0,7	0,7*
Malta	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data	0,03*	0,03*
Netherlands	9,3	9,8	9,5	9,6	9,2	9,7	9,0	8,0	8,2
Norway	5,7	6,5	5,9	6,7	6,3	6,4	7,0	6,9	7,2
Poland	15,0	18,0	18,0	26,5	21,1	18,2	16,5	18,5	19,0*
Portugal	9,0*	9,0*	6,7	6,4	6,4*	6,4*	6,4*	6,4*	6,2*
Romania	3,3	3,6	3,2	3,6	3,2	4,1	4,5	4,5*	4,5*
Serbia	no data	no data	no data	no data	no data	no data	1,3	1,3	1,3*
Slovakia	2,2*	2,2	1,9	2,2	1,9	1,6	1,5	2,7	1,9
Slovenia	2,6	2,3	1,8	1,3	1,1	1,2	1,4	1,6	1,6
Spain	42,3	39,0	34,4	29,3	19,5	13,2	14,5	16,4	13,1
Sweden	8,7	8,1	7,9	8,1	7,7	7,6	8,5	8,2	8,2*
Switzerland	5,3	5,4	5,3	5,4	4,8	4,8	6,5	6,5*	6,5*
Turkey	26,6	23,1	35,3	43,5	38,4	46,2	30,9	37,9	40,4

EU-28	300,0	291,6	262,6	268,5	226,7	219,7	217,7	228,1	226,8
Europe	338,0	326,9	309,3	324,3	276,4	277,3	263,7	280,9	282,5

Australia	9,5	9,5*	7,5	no data	8,8	no data	9,1	no data	no data
Japan	49,6	49,6	44,7	45,6	47,3	49,9	45,0	41,9	no data
Ontario - Canada	13,2*	13,2*	14	13,5	13,0	no data	13,8	14,2	13,3
USA	440	324	326	332	327	318	319	331	340
South Africa	no data	no data	no data	5,7	5,7	5,5	5,4	4,8	4,8
South Korea	no data	35,6	20,7	no data	23,2	26,2	no data	no data	no data

Más información: http://www.eapa.org/userfiles/2/Asphalt%20in%20Figures/2016/AIF_2016.pdf

Sube un 15% el consumo de betún para mezclas asfálticas

Asefma confirma que la producción de asfalto aumentó en 2017, pero que las carreteras españolas requieren una cifra dos veces superior para cubrir sus necesidades. Juan José Potti, presidente de la asociación, anunció un incremento del 15% en el consumo de betún para mezclas asfálticas. La cifra estimada de producción de mezcla bituminosa supera los 15 millones de toneladas. Tras dos años de ligero repunte, la actividad productiva sufrió en 2016 un grave retroceso y cerró con el peor resultado productivo de las últimas décadas. Dichas estimaciones productivas corresponden aproximadamente a la mitad de la cifra adecuada para cubrir las necesidades de la red viaria española, y por ello denuncia que “estamos aún muy lejos de superar la crisis en este sector”.

La producción de asfalto es un indicador de la inversión en carreteras y el deterioro de la red viaria, además de graves consecuencias económicas, también incide negativamente en el medio ambiente: aumenta el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. Por tráfico y longitud de la red, las carreteras en España necesitan una producción de asfalto dos veces superior a la estimada para 2017.

Juan Lazcano, presidente de la Asociación Española de la Carretera, señala un crecimiento global en el sector de la construcción del 4,4% en el año de referencia, aunque apunta que la obra civil cae un 1%. Manuel Niño, secretario general de infraestructuras del Ministerio de Fomento, subraya que en

enero se han licitado 19 millones para rehabilitar firmes y que fomento espera mantener esta tendencia a lo largo del año en 2017.

La producción europea de asfalto crece ligeramente en 2016, según EAPA

La asociación europea de asfalto y pavimento (EAPA, por sus siglas en inglés) ha hecho público su informe “Asphalt in figures 2016”, que recoge la actividad del sector del asfalto en Europa. Entre las conclusiones más destacadas está el ligero crecimiento de la producción europea de asfalto frente a la caída a mínimos históricos de España.

La producción global de mezclas bituminosas en Europa alcanzó los 282,5 millones de toneladas en 2016. Estos resultados significan una variación positiva del 0,6% respecto al año precedente, en el que se registraron 280,9 millones de toneladas.

#50

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Una adecuada conservación de la red viaria con mezclas asfálticas permite un importante ahorro de GEI. En la UE se estima en 28Mt/año” (EAPA-Road pavement industries highlight huge CO₂ savings... <http://bit.ly/2hmr3pW>, número 25)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

• I N T E R N A T I O N A L •

Road Maintenance Day

CADA kg DE CO₂ INVERTIDO EN
PAVIMENTACION/REHABILITACIÓN DE UNA CARRETERA
PUEDE EVITAR LA EMISIÓN DE 36 kg DE CO₂
PROCEDENTES DEL TRANSPORTE DE LOS VEHÍCULOS
QUE CIRCULAN POR ESA CARRETERA



#IRMD2018

5 de abril de 2018

• I N T E R N A T I O N A L •

Road Maintenance Day

Manda tus comentarios a; **#IRMD2018** Sigue a: **@IRMD2018**



Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



REPSOL

Inventemos el futuro

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