

ASFALTO y pavimentación

Número 35 · Volumen IX · Cuarto trimestre · 2019

número **35**





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



Número 35 · Volumen IX
Cuarto trimestre · 2019

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

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

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

Francisco Muriel

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

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

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189

Depósito Legal: M21967-2011

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

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

Sumario

Número 35 · Volumen IX · Cuarto trimestre · 2019

Editorial

Una gran noticia

05

Tribuna

José Luis Peña

07

Tribuna

Jacobo Díaz

09

Reología de los ligantes españoles en el contexto de la nueva versión de la norma en 12591

Francisco Barceló Martínez - Cristina Pereira Mozota
María González González - Vicente Pérez Mena

13

Entrevista a Juan José Potti, Presidente de ASEFMA y Vicepresidente de EAPA

27

Patologías de los Pavimentos

Andrés Costa

31

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

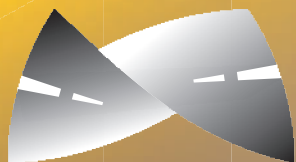
J. Julián Rivera - Hugo D. Bianchetto - H. Gerardo Botasso

39

Secciones fijas

Ensayos, Normativa, Mirando al Pasado, Noticias, Calendario,
Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del Sector,
Observatorio de Mercado, Afirmaciones Asfálticas

49



7th E&E CONGRESS

EURASPHALT & EUROBITUME

MADRID 12-14 May 2020

Palacio Municipal de Congresos de Madrid

ASPHALT 4.0 FOR FUTURE MOBILITY



#eecongress2020

www.eecongress2020.org

Una gran noticia

 La Directora Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, D^a Rosario Cornejo Arribas, anunció en la 30^a Semana de la Carretera, celebrada en Santiago de Compostela del 29 al 31 de octubre, la inminente aprobación de un artículo específico por el que se normalizarán en España las mezclas bituminosas tipo SMA, que será incluido en el PG-3.

Las mezclas SMA se desarrollaron inicialmente en Alemania, habiéndose generalizado su empleo en el resto de Europa. Están incluidas en la normativa europea de Mercado CE, en la Norma UNE-EN 13108-5. También en España han sido empleadas, aunque en menor medida, debido, principalmente, a su elevado coste y a la falta de normativa que permitiera su uso generalizado.

Es de esperar que la publicación de este nuevo artículo en el PG-3 ayude a generalizar en España su empleo, abriendo la posibilidad de su inclusión en los proyectos, cuestión que se había visto frenada hasta el momento por la falta de normativa adecuada.

Son bien conocidas en el sector las buenas prestaciones que posee este tipo de mezclas. Debido a su especial diseño, esta familia de mezclas bituminosas presenta una gran flexibilidad, con una elevada resistencia a la fisuración y al envejecimiento, ofreciendo mayor durabilidad que las mezclas empleadas habitualmente.

Son productos de gran calidad, con unas características tales que, aunque inicialmente el coste pueda ser algo mayor que el de una mezcla convencional, sus especiales propiedades y funcionalidades, así como su mayor durabilidad, permiten reducir de forma importante el coste de conservación, ya que a lo largo de la vida útil del firme son necesarias un menor número de actuaciones de conservación y, habitualmente, de menor coste. Como consecuencia, el coste final de una capa de mezcla SMA aplicada adecuadamente es inferior al obtenido con una mezcla convencional.

Pero todas estas ventajas no pueden ser puestas en riesgo por una mala aplicación de la técnica, por lo que la exigencia en la fabricación y puesta en obra de las mezclas SMA debe ser muy alta, asegurando que se consiguen los grandes beneficios que se deben alcanzar con su aplicación.

Es por ello que el pliego deberá asegurar el cumplimiento de los requisitos necesarios para obtener el producto adecuado, alcanzando las prestaciones que se le deben exigir a este tipo de productos de tan elevada calidad.

Además, esta noticia no vino sola. Conjuntamente con la aprobación del artículo para las mezclas SMA, también se anunció la elaboración, en un plazo de un año, de un artículo para incluir en el PG-3 las mezclas ultradelgadas (AUTL), que se están desarrollando y aplicando por diferentes empresas del sector. Esta elaboración de nuevos artículos del pliego, facilitará, con toda seguridad, la incorporación de nuevos productos con mejores prestaciones en nuestras carreteras, justificando el gran esfuerzo en innovación realizado por las empresas del sector.

Queda pendiente, en esta editorial, el debate sobre el tipo de pliego más adecuado para favorecer aún más, si cabe, la innovación, con mayores o menores grados de libertad en el diseño de los productos, estableciendo criterios prestacionales, asegurando simultáneamente la calidad y funcionalidad de los productos aplicados. Pero este tema será para otra editorial.

En definitiva, el anuncio de la aprobación inminente de este artículo del pliego, así como la próxima elaboración del de mezclas AUTL, es una excelente noticia, que permitirá y ayudará a incorporar al trabajo habitual innovaciones desarrolladas por el sector que aportan grandes ventajas a los usuarios y a la sociedad en general.

1-4 ABRIL/APRIL ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

SMOPYC

2020

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

18 INTERNATIONAL SHOW OF PUBLIC WORKS,
CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY

www.smopyc.es



ANMOPYC
SPANISH MANUFACTURERS
ASSOCIATION FOR CONSTRUCTION
AND MINING MACHINERY

 **FERIA
ZARAGOZA**

La evolución de los proyectos de I+D+I en el sector de la carretera



José Luis Peña

Vocal de la revista

Asfalto y Pavimentación



@joluperd

En el año 1995 la Comisión Europea acuñó el concepto la "Paradoja Europea" en una publicación que tenía por título "Green Paper on Innovation", refiriéndose a la dificultad que los países europeos tenían para trasladar los desarrollos científicos al mercado, convirtiéndolos en innovación. Desde entonces se han venido estudiando diversas medidas que ayudasen a minimizar este efecto.

Sin embargo, estudios más recientes como el también realizado por la Comisión Europea "Innovation: how to convert research into commercial success story?" ahondan más en el análisis de los frenos a la innovación y destaca como primer factor limitante lo siguiente: "The most effective of these impact factors is – not surprisingly – market pull. Furthermore, there is no successful market-oriented exploitation if the framework conditions are not favorable".

La pregunta que surge tras estos antecedentes es la siguiente: ¿es el sector de la carretera uno de esos sectores con poca capacidad de tracción de la innovación?

Teniendo en cuenta que la mayor parte de la contratación del sector se realiza por medio de licitaciones públicas, ¿qué ventajas y oportunidades ofrece invertir en innovación tanto para los usuarios finales como para empresas, universidades y centros tecnológicos?

Para intentar responder a estas preguntas hay que tener en cuenta que bajo la etiqueta carretera encontramos muy diversas áreas de actividad: desde el diseño de proyectos, pasando por la construcción, el mantenimiento de infraestructuras viarias, la gestión del tráfico, la seguridad vial y, como no, el mundo urbano. ¿Acaso no son los viales urbanos y periurbanos el principal foco de la movilidad de los vehículos?

Si echamos la vista atrás, pongamos una década, y revisamos el contenido de las publicaciones presentadas en congresos y jornadas nacionales, que son a la postre la parte más visible de los proyectos de I+D+i, y lo comparamos con la situación actual, veremos una serie de particularidades que se describen a continuación.

- Un importante número de las publicaciones científicas se basaban en experiencias realizadas durante la ejecución de obras de construcción y mantenimiento de carreteras. El reducido número de obras que se llevan a cabo hoy en día limitan el uso de las mismas como banco de pruebas.

- Aún no aparecían publicaciones relacionadas con el mundo de la digitalización.

- Los temas medioambientales ya tenían una importante repercusión.

- Las zonas urbanas no tenían apenas repercusión, mientras que las carreteras locales y caminos sí tenían un espacio relativamente relevante.

A nivel europeo, los grandes proyectos de I+D+i relacionados con el sector de la pavimentación han desaparecido en gran medida, ya que las últimas convocatorias del programa H2020 no han sido muy generosas con el sector tradicional de la carretera. Además, en los proyectos en marcha se nota un gran uso de la digitalización para resolver cuestiones como son el mantenimiento predictivo de las infraestructuras, robotización de diversas operaciones, facilitar la llegada del vehículo autónomo o la sensorización de las carreteras.

Para dar respuesta a las dos preguntas que estaban pendientes hay que tener en cuenta que hasta ahora, al menos en España, no existe una estrategia clara sobre las necesidades de las infraestructuras viarias, salvo conceptos vagos y generalistas, lo que impide crear una agenda de innovación para las mismas. Tan solo las recientes experiencias de uso de la compra pública innovadora han abierto un cierto canal de comunicación que permite conducir las capacidades de I+D+i de las organizaciones españolas (empresas, universidades y centros tecnológicos) hacia retos concretos, lo que

La evolución de los proyectos de I+D+I en el sector de la carretera

facilita en gran manera la llegada al mercado. Por lo tanto, si queremos que el sector de la carretera mejore como elemento tractor de la innovación es necesario que las administraciones públicas apoyen claramente su aplicación. Dos son los mecanismos: un mayor uso de la compra pública innovadora y la inclusión en las licitaciones de criterios técnicos que permitan que el uso de la innovación sea valorado positivamente.

De esta forma, las empresas y centros tecnológicos encontrarán un aliciente para invertir en I+D+i. De no incluir las licitaciones públicas algún aliciente para los innovadores, la I+D+i debería ceñirse a desarrollar productos y tecnologías destinadas a reducir costes en el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras de forma que las organizaciones que realizan dichos desarrollos de I+D+i se encuentren en una posición más ventajosa frente a sus competidores a la hora de participar en licitaciones públicas en las que el precio sea el elemento fundamental de adjudicación.

Es de destacar que a raíz del desarrollo del concepto Industria 4.0 se está consiguiendo abaratar y simplificar muchos procesos en el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras. Ya empieza a ser común el uso de tecnologías GIS-BIM, sistemas de auscultación avanzados, y sin incremento de costes. Los beneficiarios de todos estos desarrollos digitales son tanto las empresas que los van a utilizar, por ejemplo, concesionarias de conservación de carreteras o constructoras, como las propias administraciones de carreteras.

Centrándonos más en el sector de la pavimentación, en los últimos años una gran parte de los proyectos de I+D+i van orientados a los temas medioambientales, lo que puede ser de gran ayuda para la progresiva implantación de la compra pública ecológica. Posiblemente, un área aún por explotar en el campo medioambiental sea el potenciar la durabilidad de los materiales, ya que eso permite reducir muy significativamente el impacto ambiental en el conjunto del ciclo de vida de la infraestructura viaria. De manera incipiente también empiezan a surgir iniciativas relacionadas con la automatización y robotización de las tareas, principalmente dirigidas a mejorar la calidad media de los pavimentos.

Como conclusión, las organizaciones que llevan a cabo I+D+i necesitan que se facilite la llegada al mercado de sus desarrollos y, de forma paralela, las administraciones han de ser capaces de crear mapas de demanda temprana que proporcionen orientaciones a los investigadores pistas, de hacia dónde deben dirigir sus actividades. Paralelamente las licitaciones públicas han de incluir incentivos a productos y tecnologías innovadores sin menoscabo de los principios de transparencia, no discriminación e igualdad de trato.

La coordinación de los generadores de innovación y de los clientes finales puede hacer que con inversiones no excesivamente cuantiosas se dé un gran impulso a la tecnología aplicable al mundo de la carretera, que repercutirá de forma directa en la calidad de vida de los usuarios de las infraestructuras viarias y generará riqueza en la sociedad.

#76

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas SMA contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas viarios por su gran durabilidad” (Editorial)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

CONCLUSIONES de la 30ª SEMANA DE LA CARRETERA: Las carreteras necesitan un Pacto de Estado



Jacobo díaz
Director General AEC

 @yagodiazpi

Sin duda, ésta es la conclusión más significativa extraída de los debates de la trigésima Semana de la Carretera, celebrada recientemente en una tierra de caminos y encuentros, Santiago de Compostela.

Como no podía ser de otra manera, durante el desarrollo de este congreso se hizo referencia a las dificultades presupuestarias padecidas por el sector viario durante la última década y se plantearon los principales retos a los que técnicos y gestores deberán hacer frente, tales como la financiación de las infraestructuras, su sostenibilidad, la necesidad de innovar, la exigencia de respeto y cuidado del medio ambiente o la prioridad de adaptarse a una era donde la comunicación constituye un elemento clave, no solo desde el punto de vista político, sino también técnico.

Se animó al sector a sacudirse los complejos, centrar los retos, ofrecer objetivos realistas, no tener miedo a equivocarse y exigir los recursos públicos necesarios. En este sentido, se expresó el deseo de que estas jornadas de encuentro supongan un punto de inflexión en relación a algunas de las cuestiones más acuciantes del debate viario.

¿Quién paga las carreteras?

Este fue uno de los asuntos que centró la discusión desde el principio, una reflexión que no se circunscribe a la dicotomía demagógica “carreteras gratis vs carreteras de pago”. Las infraestructuras necesitan fondos suficientes y recurrentes. Así pues, la verdadera cuestión es: ¿quién las paga?

El gasto social supone, para muchas administraciones pú-

blicas, más de la mitad de su presupuesto anual, y va en aumento, por lo que los recursos para otras prioridades se ven reducidos año tras año. Es hora de que la carretera sea considerada un gasto social, porque la infraestructura viaria une y acerca servicios fundamentales a los ciudadanos, como los centros sanitarios o educativos. Una red de carreteras bien planificada y financiada puede racionalizar el gasto público en servicios básicos.

No es tarea sencilla definir un modelo estatal de financiación de infraestructuras pues, por un lado, existen diferencias territoriales que pueden suponer un problema de equidad y, por otro, resulta evidente que la mera mención del pago por uso de las infraestructuras viarias no es bien recibida por la sociedad. Sea como fuere, la situación es insostenible. Existe un problema real, agravado por los años, que no debería ser utilizado con fines partidistas. Necesitamos un Pacto de Estado para no dejar morir a nuestras carreteras. Urge sacar del debate político la financiación de las infraestructuras viarias.

Las necesidades de la red capilar

Es necesario poner en valor las redes locales. Se trata de vías de proximidad que dan servicio a una gran variedad de usuarios cuyas exigencias son independientes del titular de la red.

Estas redes, gestionadas por corporaciones provinciales y municipales, se enfrentan a dificultades sempiternas, como la escasez de recursos, la ausencia de normativa específica o la dificultad de priorizar actuaciones en una malla de gran longitud, pero con bajas intensidades de tráfico. La colaboración inter-administrativa se antoja indispensable en este marco referencial.

Respecto a la dificultad de aplicar normas e instrucciones técnicas en estas carreteras, se pueden extraer dos importantes conclusiones de las ideas debatidas durante la sesión.

CONCLUSIONES de la 30ª SEMANA DE LA CARRETERA: Las carreteras necesitan un Pacto de Estado

En primer lugar, se valoró la importante contribución de la Asociación Española de la Carretera, a través de sus Foros de Trabajo, en la redacción de recomendaciones técnicas ajustadas a las características de este tipo de vías.

En segundo lugar, se constató que existe una lógica precaución por parte de los ingenieros en la implementación de nuevas medidas o proyectos piloto allí donde no se dispone de cobertura normativa. En este sentido, se animó a los técnicos a innovar, adoptando soluciones que hayan demostrado su eficacia, y se apeló a huir del encorsetamiento normativo. Para innovar en la carretera es necesario empoderar a los técnicos.

Las cifras de la inseguridad vial

La problemática de la inseguridad vial se asomó al debate en torno a cinco grandes cuestiones: la difícil explicación de las causas de la reducción de la siniestralidad en los últimos meses, la necesidad de adaptar la infraestructura para los vehículos conectados y automatizados, la necesidad de racionalizar los adelantamientos, la potencialidad de las carreteras 2+1 y la transparencia en la gestión de la seguridad vial.

En cuanto a las reflexiones más destacadas, sobresalen la necesidad de implantar las auditorías e inspecciones de seguridad vial, la preocupación por los usuarios vulnerables, los accidentes por salida de vía y la gestión de la seguridad en zonas periurbanas. Además, se puso de manifiesto el interés de llevar a cabo medidas innovadoras en tramos piloto, iniciativa que varias administraciones están poniendo en marcha.

El estado de conservación de la red

También la conservación tuvo un espacio destacado en el congreso. La sesión dedicada a ello profundizó en la inspección de obras de fábrica, cuyo presupuesto es significativamente bajo teniendo en cuenta su enorme valor patrimonial. Se hizo hincapié, además, en la necesidad de dar un salto de lo analógico a lo digital en esta materia, particularmente, en cuanto al empleo de los drones en las inspecciones de estructuras.

Los expertos reunidos en esta sesión coincidieron en que la realidad va por delante de la programación, así como que es necesario que los protocolos sean ejecutables. De nada sirve definir estrategias de actuación que no puedan llevarse a cabo en caso de posibles incumplimientos de contrato.

Las innovaciones en pavimentación

Por su parte, el mundo de la pavimentación también está inmerso en un proceso de transformación digital, desde la fase de proyecto y licitación a las de fabricación, extendido y compactación, control de calidad y explotación; es el proceso que se ha dado en denominar Asfalto 4.0.

La reducción del tamaño de la partícula, las eco-emulsiones, los nanomateriales o las emulsiones de alta concentración de ligante son algunas de las líneas de investigación que llevarán a la pavimentación al siguiente nivel.

Por otro lado, existe consenso en la necesidad de investigar en la relación entre el estado de conservación del pavimento y el consumo de combustible y las emisiones, por no hablar de la reducción del ruido, consumo de aceite, tiempos de viaje, etc. La decidida apuesta de la Unión Europea por la descarbonización nos sitúa en un momento crucial para plantear proyectos de investigación en este sentido.

La cooperación para la toma de decisiones

En opinión de la gran mayoría de los asistentes, el vehículo ha tomado la delantera a la carretera en cuanto la toma de decisiones estratégicas, decisiones que han de marcar la evolución del modo de transporte por carretera; a pesar de ello, este binomio no debe romperse.

La tecnología es necesaria para procesar la información y mejorar la gestión de la red viaria. Se trata de un facilitador que nos permite gestionar en tiempo real. Sin embargo, no se debe caer en la trampa de confiar en que la tecnología resuelva todos los problemas.

Respecto a la importancia de la infraestructura viaria en el futuro de la conducción automatizada, en opinión de los especialistas, el vehículo necesitará una carretera inteligente que pueda ampliar su visión, limitada por el alcance de sus sensores, proporcionando información relevante en tiempo real. Nuevas herramientas como el Big Data permitirán gestionar aspectos tan cruciales como la compatibilidad entre capacidad y demanda.

Por todo ello, se considera imprescindible la cooperación inter-sectorial para la definición de las necesidades de la conducción automatizada durante los próximos años.

Conectando con el ciudadano

Durante este congreso hemos podido comprobar los numerosos retos a los que se enfrenta el sector durante los próximos años. Necesitamos implicar a toda la sociedad en el empeño de garantizar el óptimo nivel de servicio que nues-

tras infraestructuras pueden ofrecer.

Para alcanzar dicho objetivo, el sector viario debe incorporar a especialistas en comunicación que consigan hacer partícipes a los usuarios, estableciendo una vinculación estrecha con el receptor del servicio. Durante la mesa específica coordinada para debatir dichos aspectos, han salido a colación conceptos tan solventes como la necesidad de alcanzar “licencia social” antes de iniciar un proyecto trascendente, la importancia de gestionar adecuadamente el “riesgo reputacional” de una entidad, o la relevancia de asociar la actividad de las empresas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El reto de las organizaciones no es otro que el de sobrevivir. Las herramientas y los canales de comunicación han cambiado significativamente en muy poco tiempo. Para ser relevante, la comunicación debe ser empática, honesta,

emocional y visual.

El control de los GEI

Tres reflexiones principales pueden extraerse del último de los temas abordados en la 30ª Semana de la Carretera:

Que el sector de la carretera es especialmente activo en la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de la movilidad, aunque probablemente con escasa capacidad de transmisión; que un estado adecuado de mantenimiento de nuestras carreteras permitiría reducir de manera apreciable las emisiones de GEI del transporte, y que las emisiones en sí deben ser imputadas a la actividad del transporte, no específicamente a la carretera.

En definitiva, los más de cuatrocientos asistentes a la trigésima edición de la Semana de la Carretera terminaron el trabajo con numerosos retos, enmarcables en su mayoría en el trinomio Financiación - Innovación - Comunicación.

#77

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las superficies asfálticas con mezclas SMA maximizan la seguridad y el confort de circulación por sus altos niveles de adherencia y drenabilidad superficial y por su baja sonoridad”
(Editorial)

#CONFORT_Y_SEGURIDAD

THERMO⁺

Quieres reducir
emisiones con
garantías ?

CO₂

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

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



ravasolTM
ASPHALT

Your road to solution

Reología de los ligantes españoles en el contexto de la nueva versión de la norma EN 12591

Francisco Barceló Martínez,
fbarcelom@repsol.com
Cristina Pereira Mozota,
cpereira@asesa.es

María González González,
maria.gonzalezg@cepsa.com
Vicente Pérez Mena,
vicente.perez@cepsa.com

El Reglamento Europeo de Productos de la Construcción que entró en vigor en Julio 2013 pone el foco en definir requisitos prestacionales para los productos de construcción. Para cumplir con las premisas del nuevo Reglamento, la actualización de la norma Europea de ligantes bituminosos para pavimentación (EN 12591) contemplará un conjunto de parámetros reológicos obtenidos mediante las técnicas de DSR (Dynamic Shear Rheometry) y BBR (Bending Beam Rheometry). Estos parámetros son de carácter prestacional y proporcionan una visión global del comportamiento de los ligantes, proporcionando información de interés relacionada con los fenómenos de fatiga, deformaciones plásticas y fisuración a bajas temperaturas.

En este trabajo se ha estudiado el comportamiento reológico de un conjunto representativo de los principales ligantes empleados en España en cuanto a las propiedades propuestas en la nueva versión de la norma EN 12591 se refiere con el objetivo de ofrecer al sector una visión global del comportamiento de los ligantes españoles en el contexto de la nueva normativa.

Palabras Clave: Betún, reología, normativa, propiedades prestacionales.

The European Regulation for Construction Products released on July 2013 focuses on defining performance requirements for construction materials. In order to meet the requirements stated in this new Regulation, the new version of the European standard for paving grade bitumen (EN 12591) will include a set of rheological parameters determined by DSR (Dynamic Shear Rheometry) and BBR (Bending Beam Rheometry). The proposed parameters are performance-oriented and provide a global vision on the behaviour of bituminous binders, affording information about fatigue, plastic deformation and low temperature cracking phenomena.

In this work, the rheological behaviour of a set of bituminous binders which effectively represent the Spanish scene has been studied in terms of the properties proposed in the new version of EN 12591 standard. The aim is to provide the construction sector with a global vision of the performance of the Spanish binders in the context of the new regulation.

Keywords: Bitumen, rheology, standards, performance.

1. Introducción

Durante las últimas décadas se ha realizado un esfuerzo importante enfocado a la identificación y estudio de los mecanismos de fallo en los pavimentos. Los estudios realizados indican que muchas de las propiedades de las mezclas asfálticas vienen definidas por el comportamiento viscoelástico del ligante y que las características convencionales (penetración, punto de reblandecimiento, etc.) fallan a la hora de relacionarlas con el comportamiento en servicio del betún.

2. Cambios en las normas EN 12591, EN 13924-1 y EN 13924-2

En Europa, las actividades de normalización se gestionan a través del Comité Europeo de Normalización, CEN (European Committee for Standardization). Dentro de CEN, existen diversos Comités Técnicos (TC) compuestos por representantes designados por los organismos nacionales de normalización, que se encargan de preparar las normas dentro de su ámbito específico de actuación.

Reología de los ligantes españoles en el contexto de la nueva versión de la norma EN 12591

Concretamente el desarrollo y redacción de los estándares y métodos de ensayo, se delega en Grupos de trabajo (WG) compuestos por expertos, que realizan propuestas de cambio al TC para su aprobación posterior por el mismo.

En el caso de los ligantes bituminosos, el TC encargado de preparar las normas es el CEN/TC 336, que se compone de dos Grupos de trabajo, el WG1 que cubre betunes y betunes modificados y el WG2 que se encarga de las emulsiones bituminosas y betunes fluxados.

Las últimas revisiones de las normas de especificación de producto (EN 12591, EN 13924-1 y EN 13924-2), incluyen nuevos ensayos de carácter prestacional, que tratan de apor-

tar información sobre el comportamiento del betún cuando se somete a esfuerzos a lo largo de su vida, bajo diferentes condiciones climáticas.

2.1 Norma EN 12591

El proceso de revisión de la norma EN 12591 "Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación" comenzó en enero de 2015, y el resultado final de la misma se sometió a votación en 2017, siendo aprobada por los países miembro. Sin embargo, por cuestiones formales todavía no se ha publicado.

Table B.1 — Informative properties for binders from Tables 1 and 2

Property		Test method	Unit	Value
Addressing temperature sensitivity: G^* and δ @ 1,59 Hz ($10 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$) after short-term ageing ^a	8 mm plate, 2 mm gap Temperature at which $G^* = 5 \text{ MPa}$ (T1) ^{b c d} Value of δ at T1 ^d	EN 12607-1 followed by EN 14770	°C °	RV RV
	25 mm plate, 1 mm gap Temperature at which $G^* = 50 \text{ kPa}$ (T2) ^{b d} Value of δ at T2 ^d		°C °	RV RV
Low temperature behaviour after long term ageing ^a	Temperature at which $S = 300 \text{ MPa}$ ^d	EN 12607-1 followed by	°C	RV
	Temperature at which $m = 0,3$ ^d	EN 14769 followed by EN 14771	°C	RV
^a The applicable properties shall be provided for bitumen grades appearing in Table 1; long term ageing includes RTFOT + PAV (100 °C, 20 h ± 10 min) conditioning. ^b The temperatures T1 and T2 have to be determined by logarithmic interpolation from two temperatures, one below and one above the targeted temperature. Phase angles are based on linear interpolation. ^c If correlation is shown, T1 can also be determined using a 25 mm plate. ^d The temperatures at which $S = 300 \text{ MPa}$ has to be determined by logarithmic interpolation from two temperatures, one below and one above the targeted temperature. A gap of 6 °C between these temperatures is recommended. The m-values are based on logarithmic inter- or extrapolation.				

RV A Reported Value is described as a single value which shall be made available by the supplier of the bituminous binder.

Tabla 1: Propiedades informativas en EN 12591

La modificación más importante que ha sufrido dicha norma, es la incorporación de propiedades prestacionales a título informativo. Estas se recogen en una tabla, donde se especifican las condiciones bajo las que deben realizarse los ensayos, y se concretan los parámetros reológicos a determinar.

Cabe destacar que se trata de un conjunto de valores informativos, es decir, todos los valores son igualmente válidos. Cabe esperar que la información recopilada durante los próximos años permita incluir y limitar algunos o todos estos parámetros llegando a formar parte del conjunto de especificaciones en futuras revisiones de la norma.

2.2 Norma UNE EN 13924-1 y UNE EN 13924-2

Las normas UNE-EN 13924-1 "Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los betunes especiales para pavimentación. Parte 1: Betunes duros para pavimentación", y UNE-EN 13924-2 "Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los betunes especiales para pavimentación Parte 2: Especificaciones de los betunes multigrado para pavimentación" sustituyen y anulan a UNE-EN 13924 "Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de los betunes duros para pavimentación.

Estas normas experimentaron un proceso de revisión similar al de EN 12591, que dio lugar a la incorporación de un anexo (Anexo B), donde se presenta una lista de propiedades informativas basadas en la caracterización reológica de los ligantes. En este Anexo se recogen los valores obtenidos en los ensayos EN 14771 y EN 14770 a unas condiciones específicas.

Tabla 2: Propiedades informativas

Propiedad	Unidad	Método de ensayo	Dato
TS= 300 MPa, medida por el BBR(a)	°C	EN 14771	TBR
Tm=0,3, medida por el BBR(a)	°C	EN 14771	TBR
G* a 15 °C y 10 Hz medido mediante DSR(b)	MPa	EN 14770	TBR
TG*/senδ = 1 kPa a 1,6 Hz medido mediante DSR(b)	°C	EN 14770	TBR

a BBR = Reómetro de Flexión.

b DSR = Reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer) o cualquier otro reómetro capaz de medir un módulo complejo.

En el caso de los betunes multigrado, en el Anexo también se incluye información sobre su comportamiento después de envejecimiento por PAV (UNE EN 14769), en concreto valores de penetración retenida, variación de masa e incremento en el

punto de reblandecimiento.

3. Modos de fallo y parámetros reológicos

Los principales mecanismos de fallo que se consideran en un pavimento son la deformación plástica (formación de roderras), el fallo por fatiga y la fisuración térmica. Estos tres mecanismos están relacionados directamente con el comportamiento viscoelástico del betún en distintas condiciones de temperatura y grado de envejecimiento, por lo que las técnicas reológicas permiten obtener parámetros que reflejan las prestaciones del ligante.

Las técnicas reológicas DSR (Dynamic Shear Rheometer) y BBR (Bending Beam Rheometer) permiten caracterizar el comportamiento frente a un esfuerzo de cizalla y de flexión respectivamente. Ambas técnicas se basan en aplicar un esfuerzo y medir la deformación la cual se expresa en forma de dos propiedades principales:

- la resistencia total del ligante a la deformación expresada mediante el módulo complejo (G^*) en DSR o módulo de rigidez (S) en BBR
- el grado de contribución a esa resistencia de las componentes elástica (deformación recuperable) y viscosa (deformación permanente) expresada mediante el ángulo de fase (δ) en DSR o la capacidad de disipación de la energía expresada mediante la velocidad de relajación (m) en BBR

En función de la temperatura, del esfuerzo y del tiempo de carga al que esté sometido el betún predomina su componente viscosa (capacidad de fluir como un líquido) o su componente elástica (capacidad de disipar la energía como un sólido

elástico). De esta forma, a temperaturas intermedias los ligantes bituminosos tenderán a comportarse como semi-sólidos, necesitando una fuerza elevada para inducir su deformación y con una elevada capacidad para recuperar su estado inicial. En términos reológicos, este comportamiento implica valores de δ bajos y G^* elevados. A medida que aumenta la temperatura, el material cada vez se deforma con más facilidad (G^* disminuye) y su comportamiento se va aproximando al de un líquido (δ aumenta). Por el contrario, a temperaturas muy bajas los ligantes bituminosos se comportan como un sólido pudiendo llegar incluso a sufrir fractura vítrea: presenta una elevada rigidez (expresada como un valor elevado de S) que induce un elevado desarrollo de tensiones relacionadas con la contracción térmica, aunque presenta una cierta capacidad para relajarlas, expresada como m (velocidad de relajación). Cuanto mayor sea el valor de m , mayor será la capacidad del ligante para recuperarse tras una tensión aplicada a baja temperatura.

3.1 Fallo por deformaciones plásticas (roderas)

La formación de roderas se debe a las deformaciones plásticas continuadas ocasionadas por el paso repetido de los ve-

hículos. Parte del trabajo de deformación de la capa superficial del pavimento se recupera de forma elástica y parte se disipa en deformaciones permanentes y calor, dando lugar al fallo. Este modo de fallo es relevante a temperaturas medias-altas durante los primeros años en servicio del pavimento, puesto que a medida que va envejeciendo el ligante aumenta su rigidez reduciéndose el riesgo de formación de roderas.

Para una adecuada resistencia a roderas, los ligantes deben presentar una alta resistencia total a deformaciones (un elevado G^*) y una componente elástica elevada (valor de δ bajo) desde el momento de su aplicación en carretera. En este contexto, la resistencia ante la formación de roderas se evalúa mediante DSR sobre betún envejecido a corto plazo (RTFOT) considerando como valor crítico $G^* = 50$ kPa y reportando la temperatura a la que se alcanza dicho valor y el valor del ángulo de fase a esa temperatura. Cuanto mayor es la temperatura a la que se cumple el criterio de igualdad y menor delta, más resistente será el pavimento a la formación de roderas. La temperatura $T_{G^*=50\text{kPa}}$ reportada indica el valor umbral por encima del cual el betún presenta un claro riesgo de formación de roderas.



Ilustración 1: Deformación plástica (roderas)

3.2 Fallo por fatiga

La resistencia a fatiga depende de la capacidad del material para recuperarse tras la carga cíclica, por lo que un comportamiento altamente elástico (valores bajos de δ) favorece la resistencia ante este tipo de esfuerzo. En capas finas, la fatiga es un fenómeno controlado por deformación y la resistencia a fatiga se ve favorecida por valores de G^* bajos. Valores bajos de G^* implican un menor desarrollo de tensiones ante la deformación inducida por la carga cíclica y por tanto una recuperación más fácil del estado tensional inicial.



Ilustración 2: Fallo por fatiga

La resistencia ante la fatiga se evalúa mediante DSR sobre betún envejecido a corto plazo (RTFOT) considerando como módulo máximo $G^*=5\text{MPa}$ reportando de igual manera la temperatura a la que se alcanza y el ángulo de fase correspondiente. A temperaturas por debajo de ésta, el valor del módulo es tan elevado que ante la deformación impuesta por la carga cíclica el nivel tensional es tan elevado que puede dar lugar a fallos. De esta forma, los valores de temperatura a los que $G^*=5\text{MPa}$ serán menores cuanto más resistente sea el ligante a fatiga.

3.3 Fisuración térmica

Es el resultado de la acumulación de tensiones debidas a la contracción térmica del pavimento y constituye el mecanismo de fallo predominante a temperaturas bajas. Este mecanismo de fallo es importante en ligantes altamente envejecidos, que se caracterizan por una elevada rigidez y una baja capacidad de relajación de tensiones.



Ilustración 3: Fisuración térmica

La resistencia a la fisuración se evalúa mediante BBR sobre betún previamente sometido a un envejecimiento severo (RTFOT seguido de PAV) que simula años de servicio en carretera. Se reportan los valores de temperatura a los que se alcanzan los valores críticos de $S=300\text{MPa}$ y $m=0.300$. Cuanto menores sean ambas temperaturas para un ligante, más resistente a la fisuración térmica será el pavimento fabricado a partir del mismo.

4. Descripción de los ensayos

Los parámetros reológicos informativos del ligante bituminoso contemplados en la especificación EN 12591 se pueden dividir en dos categorías:

- Los relacionados con la sensibilidad a temperaturas medias ($10\text{--}40^\circ\text{C}$) y altas ($40\text{--}80^\circ\text{C}$)
- Los relacionados con la sensibilidad a bajas temperaturas ($0\text{--}36^\circ\text{C}$).

Por otro lado, se contemplan dos grados de envejecimiento diferenciados:

- A corto plazo (simulado por el proceso de envejecimiento "Rolling Thin Film Oven Test, RTFOT")
- A largo plazo (combina una etapa de envejecimiento por RTFOT seguida de una más agresiva en un dispositivo "Pressure Aging Vessel, PAV").

4.1. Procesos de envejecimiento: Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT) y Pressure Aging Vessel (PAV)

El proceso de envejecimiento por RTFOT simula el envejecimiento que sufre el ligante bituminoso durante la mezcla en una planta de aglomerado asfáltico y su colocación en la carretera sometiéndolo a efectos similares a los reales, y está des-

Reología de los ligantes españoles en el contexto de la nueva versión de la norma EN 12591

crito en la norma EN 12607-1. Consiste en envejecer $35,0 \pm 0,5$ g de betún en cada uno de los recipientes normalizados sometiéndolo a los siguientes efectos:



Ilustración 4: Carrusel de muestras en estufa RTFOT

- **Movimiento:** los recipientes con el ligante están sometidos a un movimiento giratorio de $15,0 \pm 0,2$ r/min al colocarse horizontalmente en el porta-muestras. Para asegurar el equilibrado del porta-muestras, este debe contener recipientes en todas sus posiciones. De esta forma, el ligante recubre las paredes interiores del recipiente formando una película fina que se asemeja a la formada entre los áridos en la mezcla asfáltica.
- **Temperatura:** 165 ± 1 °C mediante control por termómetro calibrado.
- **Aire:** el equipo inyecta aire a un caudal de $4,0 \pm 0,2$ l/min en cada recipiente en su paso por la zona, aunque también circula por todo el hogar de la estufa mediante la acción de un ventilador de jaula de grillo instalado en la parte superior que gira a 1725 ± 100 r/min.
- **Tiempo:** los efectos anteriormente mencionados se mantienen durante 75 ± 1 min.

Una vez agotado el tiempo, se recupera el betún envejecido de todos los recipientes homogeneizando la totalidad para los ensayos reológicos posteriores procurando no introducir burbujas de aire en la matriz, puesto que éstas pueden interferir en los ensayos posteriores.



Ilustración 5: Soporte de bandejas en estufa PAV

El ensayo de envejecimiento por PAV simula el envejecimiento a largo plazo que sufre el ligante bituminoso tras años de servicio en la carretera sometiéndolo a unas condiciones extremas que permiten acelerar el proceso reduciendo el tiempo de análisis a valores operativos. Descrito en la norma EN 14769, el proceso consiste en envejecer $50,0 \pm 0,5$ g de una capa fina de betún previamente envejecido por RTFOT en cada una de las bandejas normalizadas sometiéndolo a los siguientes efectos:

- **Temperatura:** $100 \pm 0,5$ °C mediante control por termómetro calibrado.
- **Presión:** la estufa está conectada a una botella de aire comprimido que permite mantener una presión de $2,1 \pm 0,1$ MPa en el interior del recipiente a presión.
- **Tiempo:** los efectos anteriormente mencionados se mantienen durante 20 horas $\pm$ 10 minutos.

La estufa PAV consiste en:

- Un recipiente de presión: fabricado en acero inoxidable de unas dimensiones internas adecuadas que permite albergar el soporte de bandejas con ligante bituminoso. El recipiente está conectado a la botella de aire comprimido y está dotado de un controlador de presión.
- Una estufa de circulación forzada dotada de un sistema de control de temperatura que permite llevar el recipiente presurizado cargado a la temperatura de ensayo manteniéndola en un rango de $\pm 0,5$ °C en todos los puntos del recipiente tras las dos primeras horas de acondicionamiento.
- Un dispositivo de registro que permite monitorizar la temperatura durante todo el ensayo con una precisión de $0,1$ °C.

Una vez finalizado el tiempo de ensayo, se retiran las bande-

jas con el ligante envejecido. Las burbujas de aire que pueda contener pueden interferir en los ensayos reológicos posteriores, para evitarlo se eliminan en una estufa de vacío a $15 \pm 2,5$ kPa. durante 30 ± 1 minutos. Finalmente, el betún envejecido se recupera de las bandejas homogeneizando la totalidad en un único recipiente para los ensayos reológicos posteriores.

4.2. Comportamiento a temperaturas medias-altas: Determinación de T y δ por DSR

El comportamiento del ligante a medias y altas temperaturas se evalúa mediante las características reológicas G^* (módulo complejo) y δ (ángulo de fase) sobre una muestra de betún envejecida por RTFOT (envejecimiento a corto plazo según la norma EN 12607-1).

El ensayo DSR (Dynamic Shear Rheometer) descrito en la norma EN 14770, se basa en aplicar un esfuerzo cortante constante oscilatorio a una muestra de ligante colocada entre dos platos metálicos paralelos. El ensayo se realiza a temperaturas de 10°C a 80°C y a frecuencias entre 0,1 Hz y 10 Hz.

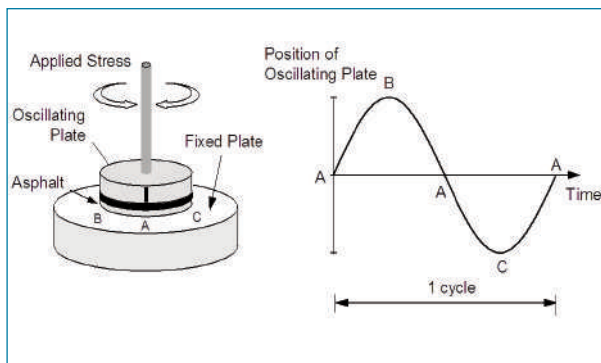


Ilustración 6: Ensayo DSR

La parte experimental del ensayo consiste en:

- Colocar la muestra entre los platos del reómetro, previamente calentados a la temperatura de ensayo. Para ello se emplea una pequeña porción de ligante que previamente se ha moldeado en un molde de silicona. Se ajusta la separación entre platos a una distancia ligeramente superior a la de ensayo, se retira el exceso de muestra de los bordes empleando una espátula y se ajusta la distancia entre platos al espesor adecuado para el ensayo.
- Se inicia el ensayo de cizalla a una temperatura y una

frecuencia de oscilación fijas: mientras el plato inferior permanece fijo, el plato superior realiza un movimiento oscilatorio sinusoidal entre dos puntos a la vez que ejerce un esfuerzo cortante constante. El movimiento completo A $\downarrow$ B $\downarrow$ A $\downarrow$ C $\downarrow$ A se denomina ciclo de oscilación. La frecuencia de oscilación se define como el nº de ciclos por unidad de tiempo la cual se expresa habitualmente en Hz (nº ciclos/segundo) si bien también puede expresarse según la distancia circunferencial, es decir en radianes por segundo.

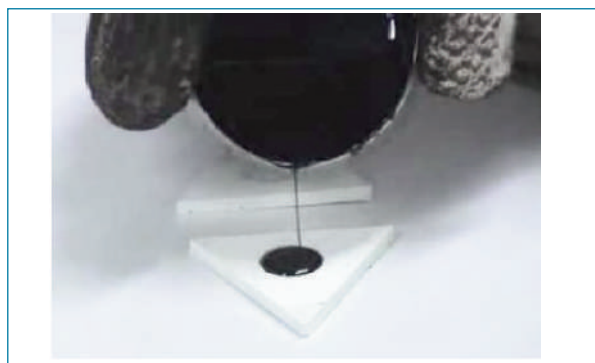


Ilustración 7: Deposición en molde de silicona

La norma EN 14770 define las siguientes condiciones de ensayo:

- **Región de comportamiento viscoelástico lineal:** El ensayo se debe realizar empleando una tensión que asegure un comportamiento de G^* independiente de la deformación aplicada (intervalo lineal).
- **Geometría:** Metálica tipo plano-paralelo. El diámetro varía en función de la temperatura de ensayo: 8 mm se considera adecuado para temperaturas medias (10 a 40°C) y 25 mm para temperaturas altas (40 a 80°C)
- **Espesor de la muestra:** varía en función del tamaño de plato empleado siendo de 2 mm para el plato de 8 mm (temperaturas medias) y de 1 mm para el plato de 25 mm (temperaturas altas). Para facilitar la preparación de la muestra, se emplea un molde de silicona normalizado.
- **Barrido de frecuencias y temperaturas:** el ensayo se inicia a una temperatura T_1 realizando un barrido de frecuencias al alza desde 0,1 Hz hasta 10 Hz. Se prosigue con la siguiente temperatura en saltos de temperatura inferiores a 10°C . A cada temperatura y fre-

Reología de los ligantes españoles en el contexto de la nueva versión de la norma EN 12591

cuencia de oscilación, el equipo mide:

- El módulo complejo de corte (G^*): relación entre la amplitud de la tensión y la amplitud de la deformación sufrida por el material
- El ángulo de fase entre la tensión y la deformación

Las temperaturas a las cuales $G^* = 5 \text{ MPa}$ y $G^* = 50 \text{ kPa}$ (parámetros que se requerirán en la nueva versión de la EN 12591) se obtienen mediante interpolación logarítmica en la isócrona a una frecuencia de 1,59 Hz, de G^* vs T . Los ángulos de fase correspondientes se obtienen por interpolación lineal de las temperaturas obtenidas en la curva de δ vs. T a dicha frecuencia.

14771, el ensayo consiste en aplicar una carga constante sobre una viga de muestra durante un tiempo determinado y en medir la deflexión en el punto medio. A partir de este ensayo se obtienen el módulo de rigidez (S) y la velocidad de deformación (m).

El ensayo se desarrolla de la siguiente manera:

- Se moldea una viga de muestra de dimensiones normalizadas y se coloca en el equipo sobre los dos puntos de apoyo, uno en cada extremo, diseñados a tal efecto. La muestra durante el ensayo estará completamente sumergida en un baño termostático regulado a la temperatura constante del ensayo.

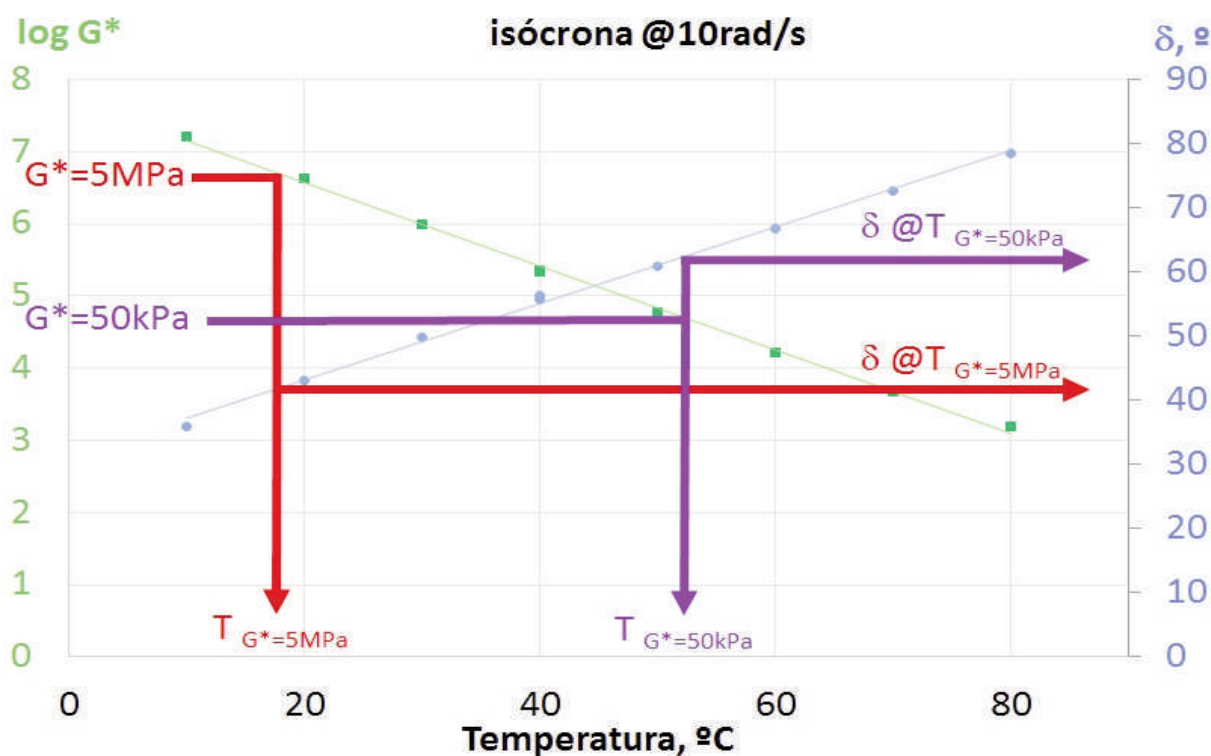


Gráfico 1: Interpolación de parámetros en ensayo DSR

4.3. Comportamiento a baja temperatura: Determinación de S y m por BBR

El comportamiento del ligante a bajas temperaturas se evalúa mediante las características reológicas S (módulo de rigidez) y m (velocidad de relajación) sobre la muestra de betún altamente envejecido mediante RTFOT y PAV.

El ensayo de flexión de viga permite medir la resistencia del material a la flexión empleando un reómetro de flexión de viga o BBR (Bending Beam Rheometer). Siguiendo la norma EN



Ilustración 8: Ensayo BBR

- Se inicia el ensayo de flexión: se aplica una carga normalizada constante de 980 ± 50 mN durante 240 segundos, registrando la evolución del valor de deflexión (deformación) el cual se incrementa a lo largo del ensayo.
- Se calcula el módulo de rigidez (S) a los tiempos de carga 8,0 s, 15,0 s, 30,0 s, 60,0 s, 120,0 s y 240,0 s, el cual resulta de la relación entre la tensión y la deformación registrada en cada momento.
- El valor de m es el valor absoluto de la pendiente de la curva $\log(S)$ vs. $\log(t)$.
- Se reportan los parámetros de S y m a 60,0 s.

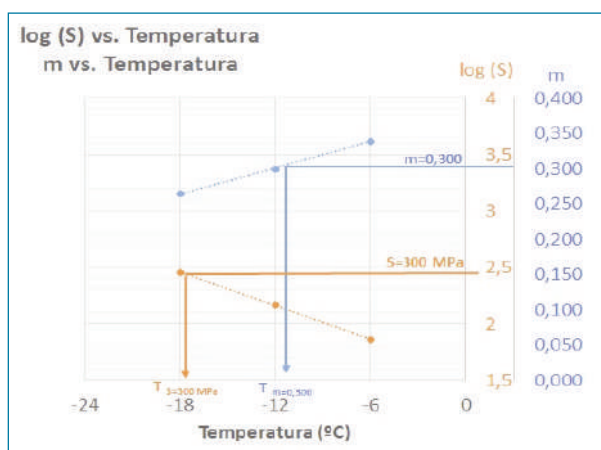


Gráfico 2: interpolación de parámetros en ensayo BBR

El ensayo se repite a diversas temperaturas en intervalos habituales de 6°C, lo cual permite trazar una relación de puntos de S y m a 60,0s frente a la temperatura de ensayo. Las temperaturas críticas a las que $S=300$ MPa y $m=0,300$ se obtienen mediante interpolación logarítmica y lineal respectivamente.

Cuando se diseñó este ensayo, se identificaron como parámetros críticos relacionados con el modo de fallo, los valores de S y m obtenidos a la temperatura real de servicio mediante aplicación de carga durante 2 horas. Para reducir el tiempo de ensayo y mejorar la operatividad en el laboratorio, se optó por reducir el tiempo de aplicación del esfuerzo a 60s y aumentar la temperatura del ensayo en 10°C basándose en el principio de superposición de tiempo-temperatura.

De esta manera, a diferencia de las temperaturas relacionadas con el fallo por fatiga o por deformación plástica, la temperatura reportada mediante el ensayo de BBR es 10°C superior a la temperatura real de servicio por debajo de la cual hay riesgo de fisura térmica.

5. Valores típicos de los principales ligantes españoles

Se han determinado las propiedades reológicas recogidas en la especificación EN 12591 sobre una población representativa de los betunes para pavimentación de grado 35/50 y 50/70 producidos en el territorio español. Las muestras han sido analizadas en tres laboratorios diferentes.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla y gráfico siguientes en forma de valor medio e intervalo de resultados obtenidos para cada grado de betún.

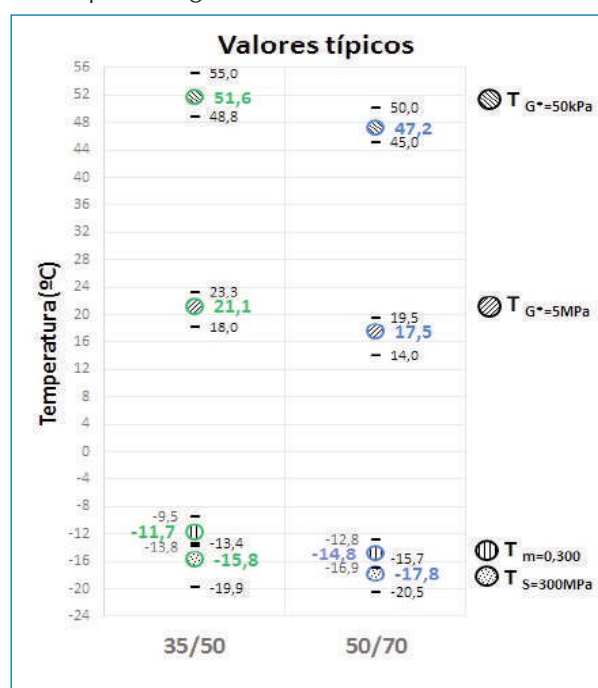


Gráfico 3: Valores medios e intervalos de parámetros reológicos en betunes 35/50 y 50/70 españoles

5.1 Comportamiento respecto al fallo por deformaciones plásticas o roderas (temperaturas altas)

En el Gráfico inferior se representa el valor de $\log(G^*)$ en el rango de temperaturas altas de servicio (40-80°C) de ambos grados.

En general, un betún 50/70 cumple el criterio límite de $G^*=50$ kPa a temperaturas inferiores que un betún 35/50 y a igualdad de temperaturas altas de servicio presenta una menor resistencia a la deformación plástica (mayor riesgo de formación de roderas).

Sin embargo, en el Gráfico 4 se puede observar que es posible que en algún caso concreto llegue a darse la situación de

Reología de los ligantes españoles en el contexto de la nueva versión de la norma EN 12591

que un betún más blando presente un comportamiento ante las deformaciones plásticas igual o incluso mejor que un ligante de menor penetración original. Este comportamiento no se podría detectar mediante las características convencionales.

Los betunes 35/50 y 50/70 presentan valores de δ similares a la temperatura a la que se cumple el criterio $G^*=50\text{kPa}$, indicando que su capacidad de relajación de tensiones es similar.

Propiedad		Norma de ensayo	35/50		50/70	
			Promedio	Rango	Promedio	Rango
Ensayos tras envejecimiento a corto plazo (EN 12607-1):						
TG*=5MP(a)	°C	EN 14770	21,1	18,0-23,3	17,5	14,0-19,5
δ _a TG*=5MP(a)	°	EN 14770	47,1	41,5-51,3	48,4	42,0-53,0
TG*=50kP(a)	°C	EN 14770	51,6	48,8-55,0	47,2	45,0-50,0
δ _a TG*=50kP(a)	°	EN 14770	69,0	61,7-73,3	70,7	61,5-76,0
Ensayos tras envejecimiento a corto plazo (EN 12607-1):						
TG*=5MP(a)	°C	EN 14771	-15,8	-19.9/-13,4	-17,8	-20,5/-15,7
δ _a TG*=5MP(a)	°C	EN 14771	-11,7	-9,5/-13,8	-14,8	-16,9/76,0

Tabla 3: Resultados obtenidos en ligantes españoles 35/50 y 50/70

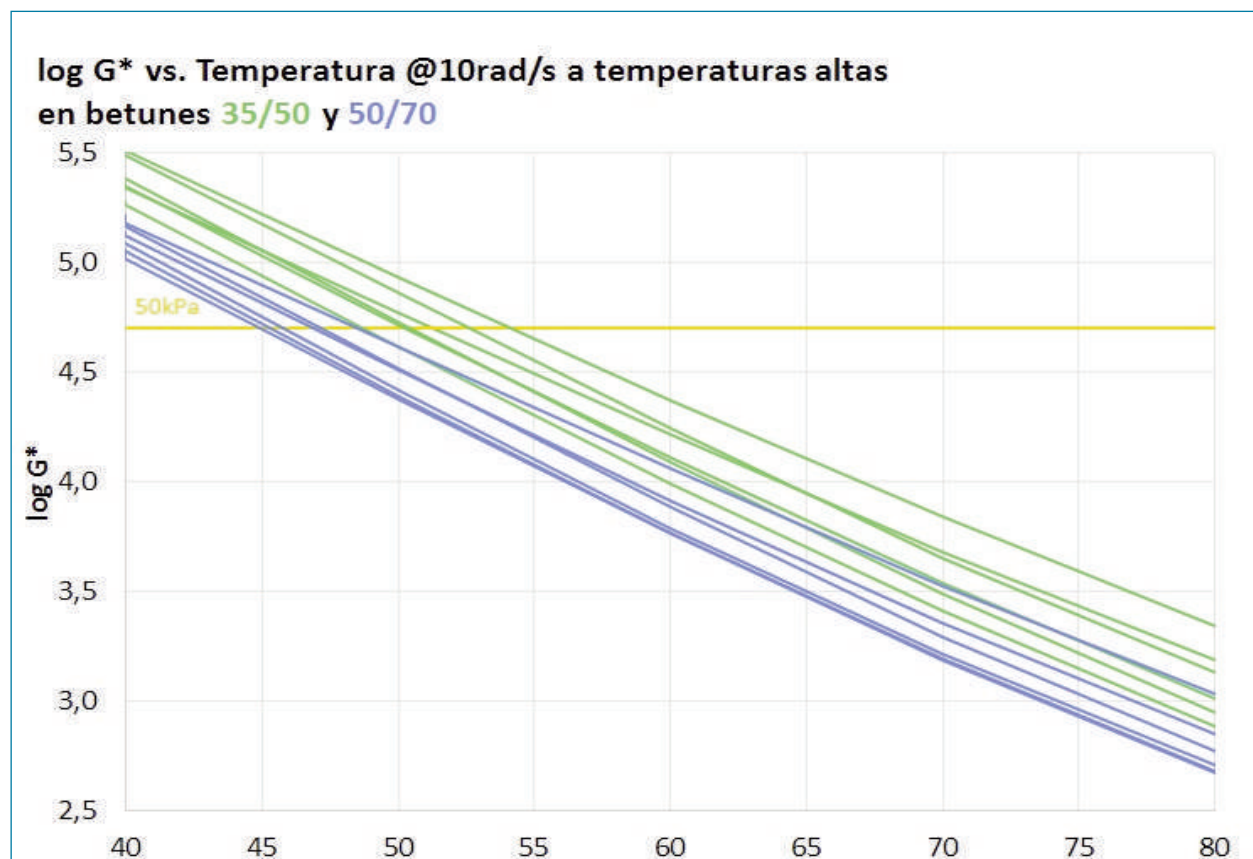


Gráfico 4: Módulo complejo (G^*) vs temperatura (intervalo de temperaturas altas)

5.2 Comportamiento respecto al fallo por fatiga (temperaturas medias)

Al representar el valor de $\log(G^*)$ en el rango de temperaturas intermedias de servicio (10-40°C) para distintas muestras de betún 35/50 y 50/70 se observa que generalmente un betún 50/70 cumple el criterio límite de $G^*=5\text{MPa}$ a temperaturas inferiores que un betún 35/50. Este hecho indica que generalmente un betún 50/70 soporta una menor temperatura media de servicio que un betún 35/50, si bien las diferencias son pequeñas y puntualmente podría darse el caso de comportamiento similar a un 35/50.

Sin embargo, los valores de δ a la temperatura crítica son similares en ambos grados, indicando que ambos ligantes tienen una componente elástica similar a esa temperatura, que traduce en una capacidad de relajación similar.

rango de temperaturas bajas de servicio (-6 a -18°C) para distintas muestras de betún 35/50 y 50/70

En general, un betún 50/70 alcanza el valor límite de $m=0,300$ a temperaturas inferiores que un betún 35/50 y a igualdad de temperaturas bajas de servicio presenta una mayor capacidad de disipar la energía (menor riesgo de fisuración térmica).

Sin embargo el rango de temperaturas a las que se alcanza el valor límite de $S=300\text{MPa}$ es similar en ambos grados de betún, indicando que el envejecimiento a largo plazo prácticamente no discrimina entre grados de betún y que tras años de servicio ambos tipos de ligante presentan una rigidez similar.

Es de remarcar que los betunes estudiados, independientemente del grado de penetración, presentan una $T_m=0,300$ superior a la $T_S=300\text{MPa}$. Este hecho indica que los ligantes analizados son más sensibles al punto crítico del valor de m que el

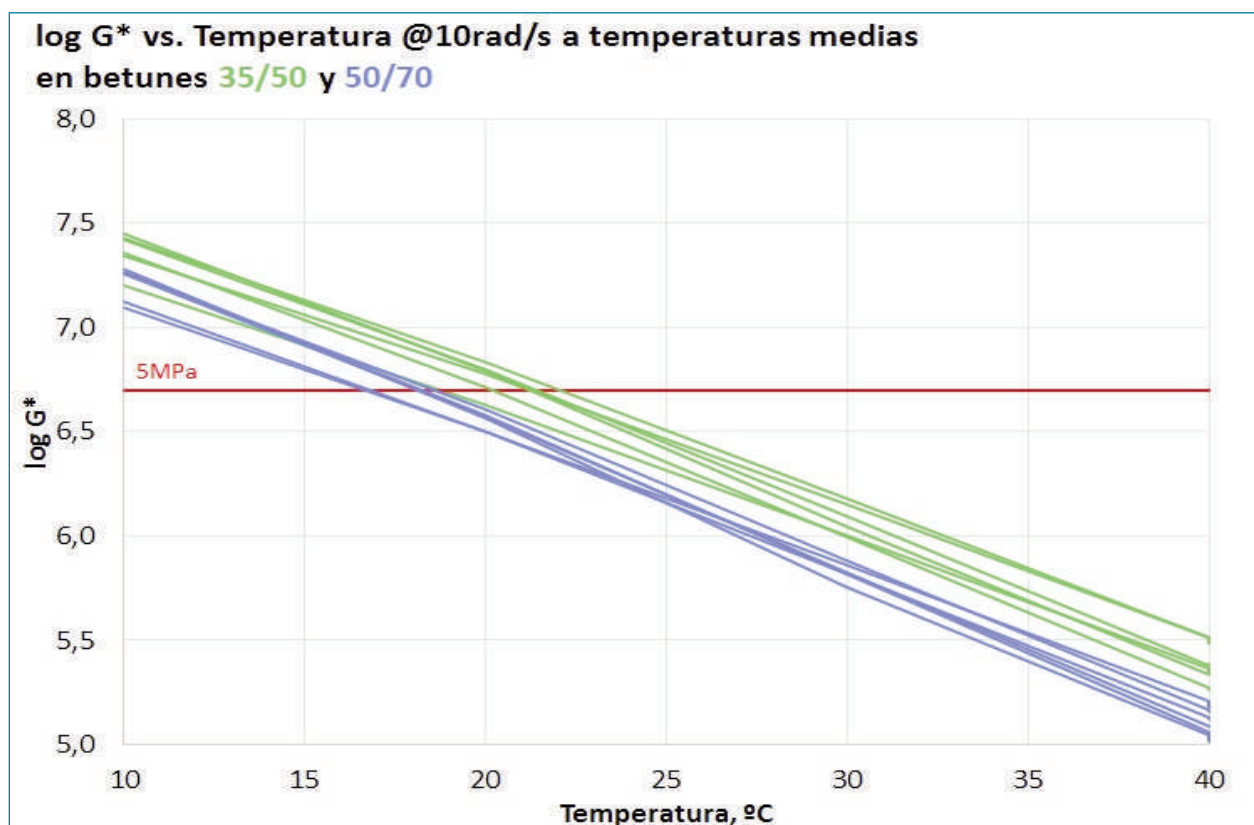


Gráfico 5: Módulo complejo (G^*) vs temperatura (intervalo de temperaturas medias)

5.3 Comportamiento respecto al fallo por fisuración térmica (temperaturas bajas)

En los gráficos 6 y 7 se representan los valores de S y m en el

de S , y por tanto la fractura ocurre por llegar al límite de la capacidad de disipación y no por rigidez del ligante.

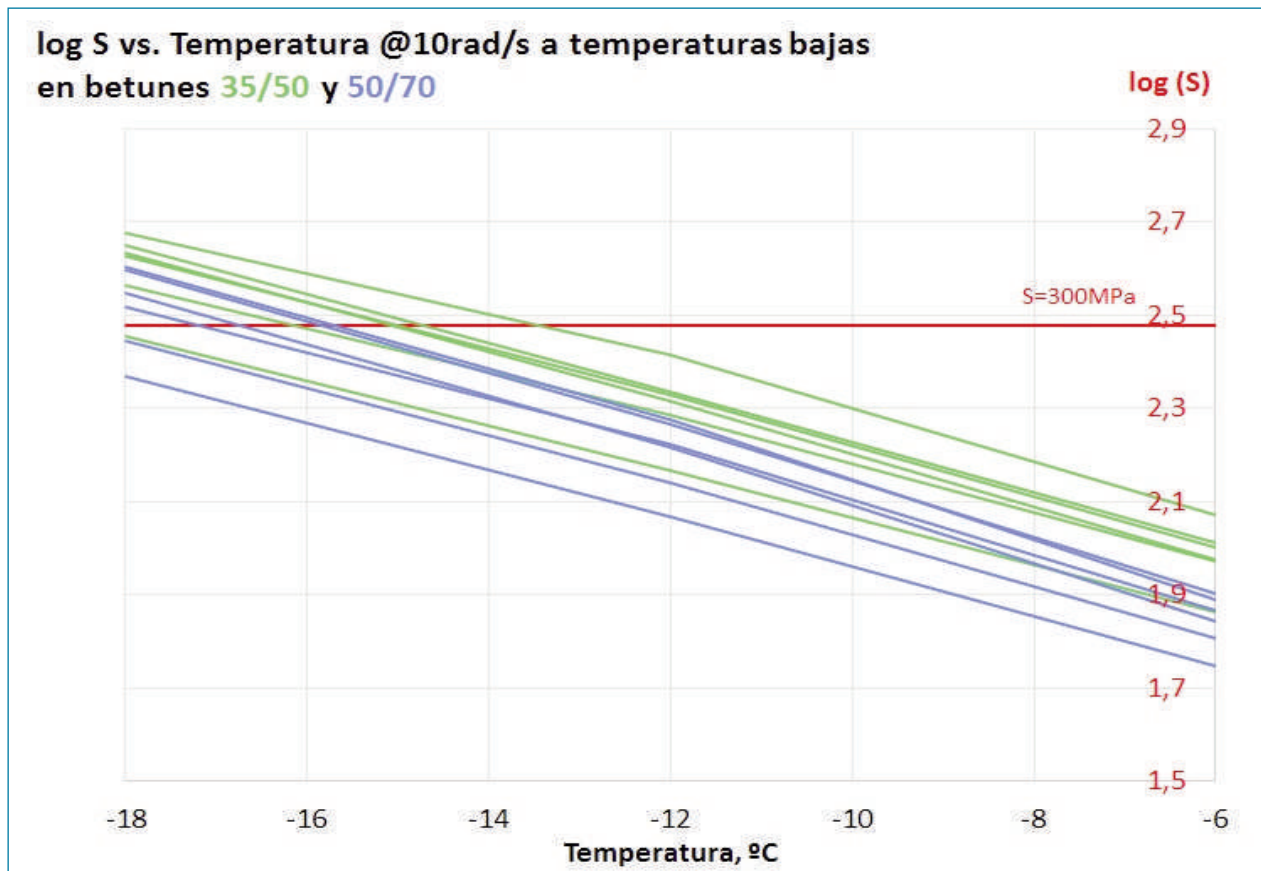


Gráfico 6: Rigidez (log S) vs temperatura

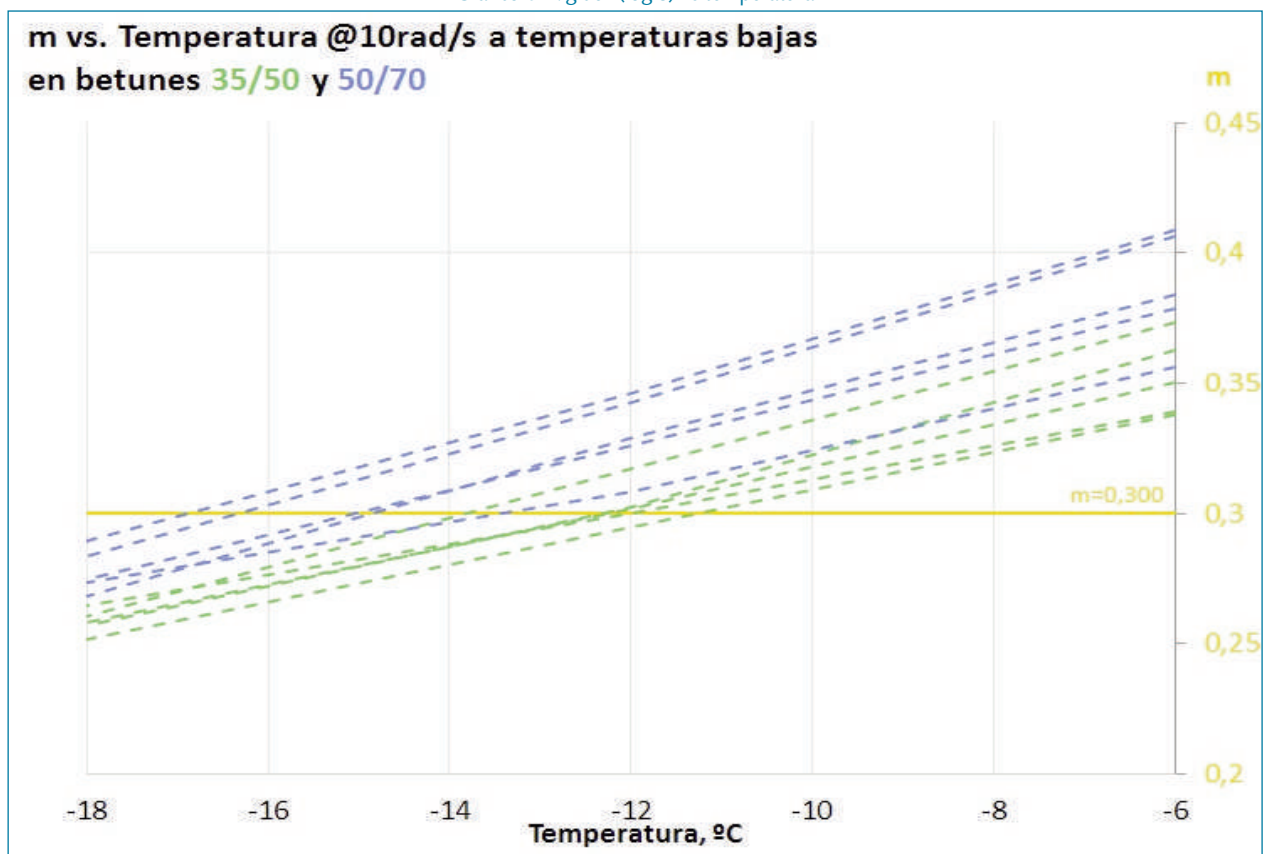


Gráfico 7: Velocidad de relajación (m) vs temperatura

6. Conclusiones

- Actualmente hay un interés por definir nuevas propiedades de los ligantes que permitan determinar propiedades prestacionales que las características convencionales no alcanzan a describir. Las especificaciones europeas de ligantes bituminosos están incluyendo en su última revisión un conjunto de propiedades prestacionales informativas que permiten al sector empezar a familiarizarse con ellas.
- Las técnicas reológicas evalúan el comportamiento viscoelástico del betún simulando las condiciones reales (esfuerzos de cizalla y flexión y temperatura del pavimento) permitiendo así correlacionar los parámetros medidos con los modos de fallo del pavimento, no predecibles mediante los ensayos convencionales. Además, a diferencia de las propiedades convencionales, las propiedades prestacionales evalúan el comportamiento del ligante tras años de servicio.
- Las temperaturas a las que se cumplen los criterios de $G^*=5$ MPa (relacionado con la fatiga), $G^*=50$ kPa (relacionado con la resistencia a la formación de rodadas) y $S=300$ MPa y $m=0,300$ (relacionado con la resistencia a fisuración térmica) son superiores en los betunes 35/50 que en los 50/70. Sin embargo, la contribución elástica (δ) a la resistencia a la deformación es similar en ambos grados.
- Atendiendo a los criterios relacionados con la fisuración térmica a bajas temperaturas de servicio, no cabe esperar que los betunes Españoles fallen debido a su rigidez. Su comportamiento a bajas temperaturas está limitado por su capacidad de disipación de energía.
- En el futuro, las propiedades reológicas pueden llegar a permitir la definición de criterios de selección del betún para cada aplicación concreta considerando las condiciones de exposición y uso (condiciones ambientales, categoría de tráfico, etc.) del material, contribuyendo así a optimizar el diseño de las mezclas asfálticas.

7. Bibliografía

- [1] H.U. Bahia, D.A. Anderson. "The new proposed rheological properties of asphalt binders: why are they required and how do they compare to conventional properties". Physical properties of cement binders ASTM STP 1241, John C. Hardin Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia 1995
- [2] G. Schramm. "A practical approach to rheology and rheometry". Gebrueder Haake. 1998.
- [3] Eurobitume workshop 99. "Performance properties for bituminous binders". Luxemburgo, 1999.
- [4] Thoma W. Kennedy. "Testing and specifying Superpave binders". Technical workshop on new specifications for bituminous products, El programa SHRP y las Normativas Europeas ponencias, Barcelona 1995
- [5] CEN EN 12591 Especificaciones de betunes para pavimentación
 - Normas de ensayo:
 - UNE EN 14769:2012 Acondicionamiento por envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
 - UNE EN 14770:2012 Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico [(Dynamic Shear Rheometer (DSR))
 - UNE EN 14771:2012 Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)
- [7] Ilustración 1 obtenida de <https://www.pavementinteractive.org>
- [8] Ilustración 2 obtenida de <http://www.radiosieve.it>
- [9] Ilustración 3 obtenida de "Evaluation of Low-Temperature Cracking Performance of Asphalt Pavements Using Acoustic Emission: A Review".
- [10] Ilustración 4: <http://rahabitumen.com>
- [11] Imágenes ensayos reológicos (ilustraciones 5, 7 y 8): <http://www.pavementinteractive.org>

VIATOP[®]

Liderando las SMA
desde 1988

inside

VIATOP[®]

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



Fibras diseñadas
por la naturaleza

Una compañía del grupo JRS

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

www.jrsiberica.com · Info@jrsiberica.com

Entrevista a Juan José Potti, Presidente de ASEFMA y VicePresidente de EAPA

• Recientemente ha sido nombrado VicePresidente de EAPA (European Asphalt Pavement Association), la Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica, ¿en qué circunstancias se produce este nombramiento y a quién sustituye? Duración del cargo?

Esta es una situación que se produce cada dos años, y es la primera vez que un español es elegido VicePresidente de la Asociación Europea.

La dinámica es la siguiente: cada dos años se elige un VicePresidente y dos años más tarde ese VicePresidente, pasa a ser Presidente de la Asociación. De modo que, por primera vez va a haber un Presidente Europeo español. Tiene una especial trascendencia para mí este nombramiento, más allá de la satisfacción personal, porque se produce esta situación 45 años después de la fecha en que fue fundada ASEFMA. Asefma fue fundada para tener una participación activa y formar parte del Comité Ejecutivo de EAPA, del que sólo forman parte las Asociaciones Nacionales, por eso fue creada ASEFMA, un año después de ser creada EAPA.

• Cuál ha sido hasta ahora la presencia de españoles en la Directiva de EAPA?

Nunca ha habido un español como Presidente o Vicepresidente, pero siempre ha habido una presencia en los órganos de gestión, el Comité Ejecutivo, de EAPA.

EAPA tiene, más allá de los cargos institucionales que son Presidente o Vicepresidente, una serie de representantes que lo son de la propia organización. Son trabajadores por decirlo así, de la institución, como el Secretario General, el Director Técnico y un reducido staff. Además hay unos órganos como son el Comité Ejecutivo, el Comité de Dirección y, el Comité Técnico, del que forman y han formado parte diferentes personas concretas entre los asociados de

EAPA. España, desde hace 12 años, tiene una representación tanto en el Comité Técnico como en el Comité de Dirección. En el Comité Ejecutivo, ASEFMA ha tenido un representante durante los últimos 10 años. En el origen, cuando se constituyó EAPA, por parte de España el representante era D. José Luis Quesada, Presidente de Honor de ASEFMA.

• También es presidente de ASEFMA, ¿Cómo se relaciona históricamente la asociación española con la europea?

Justamente cuando se constituye EAPA en 1973 se decide que el órgano máximo de EAPA sea el Comité Ejecutivo y que es constituido por los representantes de las asociaciones de pavimentación y mezclas bituminosas nacionales.

El primer problema que había, y que nos explicó D. José Luis Quesada en la clausura de la XIV Jornada Nacional de ASEMA, es que, en aquella época, España no tenía una Asociación de fabricantes de Mezclas Asfálticas. Eso se produjo un año más tarde. En el año 1974 se constituye la Asociación Sindical Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA). Estamos hablando del periodo franquista y solo había la opción que fuese una asociación sindical.

Estuvo explicando el Sr. Quesada cómo se constituyó Asefma. En aquella época había una serie de infraestructuras que se facilitaban, pero la reunión sólo se podía desarrollar dentro de aquellos edificios, que era lo propio de la época. Volviendo a la pregunta, lo que se hizo es que, como EAPA se constituyó a partir de Asociaciones Nacionales, ASEFMA fue una necesidad para tener un representante nacional y se constituye un año más tarde, hace 45 años, en el año 1974, esa ASEFMA sindical que ha llegado hasta nuestros días y que nos permite tener un histórico de 45 años

dentro de EAPA.

• ¿Cree que su nombramiento puede ayudar al sector del asfalto a tener una presencia más relevante en el ámbito europeo?

Bueno yo desde hace muchos años, soy un convencido de que las cosas hay que analizarlas no solo a nivel local, si no también a nivel Internacional, y diría que, desde luego en este momento, pocas personas pueden discutir la importancia de ser parte del proyecto europeo y la importancia que tiene considerar la necesidad de una visión europea. Me atrevo a decir que, incluso más que europeo, me gustaría pensar en global. Eso forma parte de mi forma de ver la vida pero, además, yo creo que los acontecimientos se han ido produciendo de una manera tal que creo que caben pocas discusiones al respecto. Yo siempre lo he defendido dentro de ASEFMA, incluso en los momentos más difíciles cuando ha habido que tomar medidas como consecuencia de la crisis, tuvimos que analizar si merecía la pena o no formar parte de EAPA y, pagar la cuota, que eran relativamente altas. En esto hemos tenido un sentimiento muy claro y mi postura siempre ha sido la misma, solo en el mundo actual se puede ser eficaz y mucho más activo cuando se hace desde una posición de nivel europeo.

Hay que decirlo con toda claridad, buena parte de las decisiones que nos afectan a nivel de transposiciones viene defendidas y discutidas a nivel europeo, en Bruselas. Yo digo que, para no lamentarnos de una serie de situaciones que pueden llegar a España, la gente debe hacer un esfuerzo para adaptarse a esas transposiciones, y para evitar eso, lo que hay que hacer es formar parte activa de las discusiones a nivel europeo.

Estoy convencido de que el mismo enfoque que hemos utilizado en España, que es que esta actividad no debe ser endogámica, es decir, no debemos limitarnos exclusivamente a defender la importancia de este sector y a defender el buen hacer y las buenas prácticas de este sector entre los miembros del sector; sino que hay que tener una óptica más abierta, más pensando en el ciudadano, pensando en el político, en los periodistas, en todo en lo que este momento conforma la sociedad. Creo que con esa misma óptica hay que hacerlo a nivel europeo y yo desde luego estoy absolutamente convencido de que el sector será lo que podamos conseguir pero difícilmente podemos conseguir tener

un apoyo social y ser algo que el ciudadano reclame, cuando el ciudadano no está informado, no participa y no conoce de las situaciones de las preocupaciones de nuestro sector. Yo creo que ese esfuerzo es imprescindible a nivel nacional, a nivel europeo y a nivel global.

• ¿Respecto a la industria del asfalto que características definen el mercado nacional y en qué medida son idénticas o diferentes a las europeas?

Hay rasgos que son bastante específicos del mercado nacional, y hay cosas que llaman poderosamente la atención cuando se analiza el mercado nacional español, y es que hay muchas empresas a pesar de la crisis. La crisis redujo a la mitad el número de empresas, pero sigue habiendo un centenar de empresas dedicadas a la fabricación de mezclas bituminosas y ese número es un número indudablemente importante.

Lo planteo de otra manera, el actor más importante, la empresa española más importante a nivel nacional no llega a una cuota de 10 % sobre el total del mercado nacional. Eso da una idea de que el mercado español está muy atomizado. Esa circunstancia se produce sólo en algunos mercados europeos pero no es en absoluto generalizable y muy distinto a la situación que se producen en Francia. En Francia, por el contrario, hay una concentración de tres grupos muy conocidos: Colas, Eurovía y Eiffage que pueden concentrar el 75-80% de la actividad total.

Por tanto, un primer hecho diferenciador importante, es que la concentración de empresas, o el peso relativo de una empresa dentro de una organización, indudablemente es un criterio importante. Yo digo que ASEFMA es muy importante en España porque lo que nosotros intentamos es hacer de nexo de unión, de nexo común de los intereses legítimos de un motón de empresas que luchan por un mercado que es además un mercado muy competitivo.

Otro rasgo importante, es el de las materias primas. es un país que tiene una superficie amplia, España es el segundo país con mayor superficie de la Unión Europea, no hay escasez de recursos, mejor dicho, de materias primas. Nos podemos quejar de que cada día los precios de los áridos son más caros y que la explotación y los permisos para la explotación se dificultan, es evidente, pero sigue siendo un país donde hay materias primas y áridos. Hay betún, somos in-

cluso excedentarios, es decir; se exporta betún producido en España y estas dos circunstancias también son diferenciadoras. Hay muchos países de la Unión Europea donde no hay áridos, los tienen que importar o no hay betún y todo lo tienen que importar. De modo que habría criterios diferenciadores

Me atrevo a decir que hay otro criterio importante y es el de la mano de obra, el personal. Aquí sí que hay bastante homogeneidad, es decir; tanto en España como en otros países Europeos este es un sector de oficio y se puede decir a escala europea. ¿Qué quiero decir con esto? Es muy frecuente que los trabajadores que inician su actividad en este sector, lo hagan durante toda su vida profesional y no es raro encontrar a trabajadores que lleven más 30 años dedicándose al mundo de la carretera. Eso está muy bien pero sin embargo tenemos un problema y es que la edad media es muy elevada, más de 50 años, más del 50% de trabajadores, tienen más de 50 años. Y eso, es uno de los puntos débiles que tenemos en el sector; tenemos que atraer gente joven.

Uno de los elementos para atraer gente joven es acelerar el proceso de transformación digital que lo considero imprescindible para el desarrollo presente y futuro de esta actividad, yo creo que hay mucho que hacer. En la medida en que empecemos y aceleremos el proceso, volveremos a atraer gente joven a este sector que es, desde luego, apasionante.

• ¿Qué perspectivas a medio plazo tiene para la industria del asfalto española y europea: innovación, regulaciones, sostenibilidad?

En término de producción, yo creo que España tiene que mejorar necesariamente, llevamos 10 años en cifras no aceptables. Estamos en unos niveles de menos el 50% de lo necesario. Por tanto, haciendo las cuentas de una forma si se quiere un poco burda, hemos tenido 10 años con una actividad con menos del 50%. Podemos decir; como número gordo, que es el equivalente al haber estado 5 años sin hacer nada y eso es demasiado tiempo. Hay que recuperar; y para recuperar el nivel que nos corresponde, deberíamos estar al segundo nivel de producción europeo, que es la posición que nos corresponde por la longitud de la red de carreteras y por superficie del país. Esto implica duplicar la actividad actual. Mi pronóstico es que eso debería ser así, y que

se recupere en 5 años, que debemos de ir en crecimiento sostenido desde el 20% pero no me gustan los planes del choque y además sería muy peligroso para el sector. Pero un plan del 20% durante los próximos 5 años, me parece que es no solo justo, sino necesario.

Es evidente que ese crecimiento tiene que ir acompañado de economía circular y de unas exigencias absolutas vinculadas con todo lo que implica la sostenibilidad en la actividad, y desde luego la regulación va orientada en esos términos, es decir; cada día somos más sensibles y pro-activos a todas las exigencias ambientales y a todo lo que tiene que ver con elementos que hasta ahora formaban parte, si se quiere, de un apartado que era "lo verde". Yo digo que "lo verde" es ya medular; es fundamental en nuestra actividad y tenemos que hablar ya de mezclas bituminosas sonorreductoras, tenemos que hablar de mezclas fabricadas a partir de subproductos, de una gestión del fin de residuos de subproductos, etc..., de muchas cosas que forman parte de nuestro dialogo que no han llegado a desarrollarse, o de la compra pública verde, donde vamos claramente convergiendo sobre dos parámetros: recuperación de la actividad y mucha más sensibilidad ambiental.

Los miembros del Comité de Redacción de esta revista quieren felicitar, de forma expresa, a nuestro Director y Presidente de ASEFMA, D. Juan José Potti, su nombramiento como Vicepresidente de EAPA (European Asphalt Pavement Association), la Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica.

Este nombramiento supone un reconocimiento de gran valor para el sector de las mezclas asfálticas en España, excelentemente representado en su persona.



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

Digital impact of @asefma_es
through Twitter, Facebook, Instagram
and LinkedIn social networks

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



**Catálogo de
Capacidades Técnicas**
Catalogue of
Technical Capacities



**Últimas monografías
publicadas**
**Most recent
monographs**



**Asefma is promotor of the International Road
Maintenance Day (IRMD)**

www.roadmaintenanceday.org



Síguenos en: / Follow us on:

 **@asefma_es**
 **@asefma**
 **@asefma**
 **company/asefma**

www.asefma.es

**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)**

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

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

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

PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

ENTREGA 07.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

5.14. Patología de descarnaduras

5.14.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

La patología denominada descarnadura es un defecto funcional localizado en la capa de rodadura, caracterizado por la pérdida de áridos en la mezcla bituminosa y que es detectable a simple vista.



Figura 91. Patología de descarnadura y detalle de la misma.

Al producirse en la capa de rodadura, esta patología es fácil de identificar, por lo que su rápida evaluación a edades tempranas es muy importante e incide directamente en su evolución, permitiendo su tratamiento en cuanto se detecte y evitando que evolucione a peor.



Figura 92. Descarnadura en fase inicial.

5.14.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Hay distintas causas que pueden producir este defecto en los pavimentos, debido al conjunto de materiales que integran las mezclas bituminosas (áridos, betún, aditivos, etc).

Entre las causas más probables y representativas podemos resaltar:

Falta de adhesividad árido/betún

La adhesividad del binomio betún-árido es la unión de varios fenómenos de distinto origen.

Los betunes asfálticos poseen numerosos tipos de moléculas, dentro de ellas existen compuestos ácidos que sus radicales hidrofílicos confieren al betún de carga negativa en su superficie.

Los áridos de naturaleza ácida (porfídicos, graníticos, cuarcitas, etc.), cuando se hidrolizan (en contacto con el agua), presenta una cierta carga eléctrica negativa (característica ácida). Al poner en contacto el betún con áridos de esta naturaleza, sus cargas electrostáticas negativas se repelen, por tanto la adhesividad del betún con estos áridos es deficiente, siendo conveniente utilizar aditivos que mejoren la adhesividad.

Betún envejecido

Los betunes asfálticos empleados en la fabricación de mezclas bituminosas están sometidos a diferentes procesos de envejecimiento. El envejecimiento se produce durante el transporte en las cisternas y el almacenamiento en los tanques de la planta, durante la fabricación etc, siendo por tanto la temperatura y el oxígeno los factores más importantes a considerar. Finalmente, durante el período de servicio, están expuestos a los agentes ambientales (radiación solar, oxígeno, agua, temperatura, etc. El envejecimiento es un fenómeno físico-químico muy complejo, que consiste fundamentalmente en una pérdida de los componentes más volátiles.

Los cambios de composición química dan lugar a alteraciones en su estructura coloidal, ya que como consecuencia de estas reacciones se produce un aumento del contenido de asfaltenos, y una disminución del contenido de resinas y de los compuestos más aromáticos, lo que conduce a una gelificación progresiva del sistema coloidal. Estas variaciones de composición química y estructura coloidal se traducen en un endurecimiento del betún asfáltico (disminución de la penetración, aumento de la temperatura del punto de reblandecimiento A y B, aumento de la fragilidad, etc). Y en una pérdida del poder aglomerante.

Dosificación baja de betún

Cuando en la mezcla bituminosa hay una dotación baja de betún, éste no recubre totalmente los áridos o no puede envolver toda la superficie específica de los áridos, con lo cual el efecto conglomerante de la mezcla se debilita y las propiedades de cohesión entre el árido y el ligante se pierden.

Falta de compactación

La compactación de la mezcla bituminosa es un factor esencial para conseguir una buena cohesión. Si la compactación no es suficiente se crea un exceso de huecos con lo que se debilita la estructura del firme; mayor exposición a los efectos del agua y temperatura que debilita la mezcla con el tiempo de puesta en servicio.

Tamaño máximo y espesor

El tamaño máximo del árido a emplear en la mezcla bituminosa debe de estar en relación con el espesor de la capa, ya que, si el espesor es menor que 2,5 veces el tamaño máximo del árido se puede producir arrastres de material con la consiguiente falta de cohesión y posterior desprendimiento.

Segregación en el extendido

Cuando la descarnadura se produce en zonas localizadas,

se puede producir por una segregación de tipo térmico, que produce una deficiente compactación y una menor cohesión de la mezcla en esa zona, lo que se manifiesta en un daño superficial progresivo, en forma de descarnadura, que progresa hacia el interior de la capa.

Cuando la segregación es de tipo granulométrico, el daño es similar pero suele ser más acusado y profundo.

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

En este tipo de deterioro, en su fase inicial, la influencia en la seguridad vial para los vehículos no es significativa (solo rodadura menos cómoda); pero hay que tener en cuenta que en esta fase, hay gravilla que se va soltando de la mezcla con lo que se pueden producir proyecciones y ésta sí que influye en los usuarios ya que esta gravilla puede impactar en personas si este defecto se produce en vías urbanas; así como proyecciones a otros vehículos con posibles rotura de cristales y abolladuras. También es peligroso en esta primera fase para los motoristas, ya que, esta gravilla puede hacer deslizarse la moto y provocar un accidente.



Figura 93. Descarnadura en fase avanzada y con árido suelto

Si este defecto no se trata en fase inicial, evoluciona a un bache, que es una cavidad localizada en la calzada de cierta profundidad (en función del espesor de la capa de rodadura), irregular y de distintos tamaños. En este caso, los problemas causados por este defecto son mayores con riesgos de accidente.

5.14.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Al inicio del defecto, en su fase inicial, se puede hacer un

superficial como por ejemplo una lechada bituminosa o microaglomerado en frío, que evita la progresión del defecto y devuelve la comodidad de la conducción en la capa de rodadura.



Figura 94. Descarnadura avanzada con formación de bache.

También como solución en su fase inicial se puede hacer un fresado y reposición del deterioro con una mezcla análoga a la inicial; esto supondría un mayor coste si lo comparamos con el tratamiento superficial.

Cuando el defecto es generalizado, se debe de eliminar por fresado toda la capa en mal estado, incluso un centímetro más de la capa inferior, y reponerla con mezcla bituminosa nueva, similar a la inicialmente existente, para tener continuidad en todo el pavimento.



Figura 95. Descarnadura en fase muy avanzada que requiere fresado y reposición total de la capa.

5.14.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Las acciones preventivas van encaminadas al control de los materiales, fabricación y puesta en obra.

- **Control de los áridos.** Para detectar posibles fallos por

la falta de adhesividad de los áridos con el betún, se deben hacer ensayos de adhesividad y en caso de ser necesario utilizar activantes de adhesividad en la mezcla.

- **Betún utilizado.** Hay que tener en cuenta la naturaleza del árido, el tipo de mezcla bituminosa que se va a utilizar y la zona geográfica en la que se va a poner para elegir el betún más idóneo para las condiciones de trabajo que va a soportar la capa así construida.
- **Control de la fabricación.** En la fabricación se somete al betún a altas temperaturas con lo que este envejece, por lo que hay que tener mucho cuidado con la temperatura de calentamiento del betún en los tanques de almacenamientos, así como en la temperatura de la mezcla. También hay que controlar en planta la dosificación del betún en la mezcla, ya que la falta de betún, en la mezcla, tiene una importancia vital en este defecto por falta de conglomerante.
- **Control de puesta en obra.** La compactación de la mezcla en obra y su temperatura durante este proceso, también son parámetros importantes en este defecto, ya que, una deficiente compactación crea un mayor número de huecos y esto hace que los agentes meteorológicos externos puedan atacar más fácilmente a la mezcla y hacer que ésta pierda cohesión con lo que se producirían desprendimientos de los áridos de la mezcla. La temperatura de la misma debe controlarse durante todo el proceso.
- Que el espesor de la capa sea el adecuado al tamaño máximo del árido de la mezcla bituminosa.
- Evitar las segregaciones granulométricas y térmicas en el extendido de la mezcla, como consecuencia de enfriamientos en el contorno de carga del camión, discontinuidades en el extendido, aprovechamiento de mezcla a baja temperatura en la tolva o con predominio de tamaños más gruesos del árido o por pa-ladas de los operarios.

5.15. Patología de peladuras

5.15.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Se denomina peladura a la pérdida de la capa de rodadura que se produce de manera aislada en alguna zona del pa-

vimiento de una calzada. En ocasiones, especialmente con los tratamientos superficiales, la pérdida de la capa de rodadura es más generalizada y progresiva en el tiempo.

Se distingue de las descarnaduras, que en algunas ocasiones también llegan a perder la capa de rodadura en alguna zona localizada, porque en las peladuras, la mezcla bituminosa alrededor de la misma, se mantiene en buen estado, mientras que en las descarnaduras el deterioro es generalizado en toda la superficie afectada.

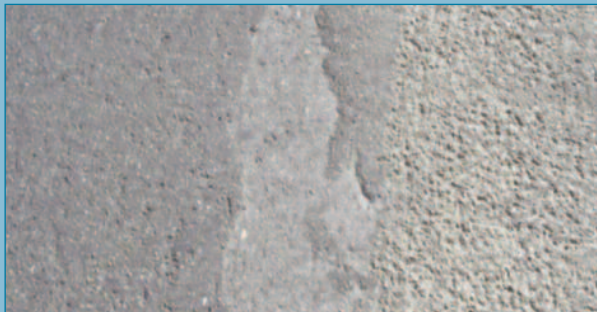


Figura 96. Peladura aislada.



Figura 97. Pérdida total de la capa de rodadura en una descarnadura.



Figura 98. Peladuras en capas de lechadas bituminosas o microaglomerados en frío.

La patología peladura sólo se produce, como tal, en capas de rodadura bituminosas muy delgadas, especialmente cuando son tratamientos superficiales.



Figura 99. Peladuras en capas de tratamientos superficiales de riegos con gravillas.

5.15.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Las peladuras se suelen producir por una o varias de las causas siguientes:

- **Inadecuado diseño de la técnica y tipo de mezcla empleada para la fabricación de la capa de rodadura en relación al tráfico de la vía.**
- **Deficiente preparación del soporte a tratar, limpieza, saneamiento e imprimación.**
- **Envejecimiento prematuro del producto bituminoso utilizado.**
- **Mala adherencia entre la capa de rodadura muy delgada y la superficie sobre la que se apoya (por ejemplo de hormigón).**
- **Incidencias en el proceso de fabricación y aplicación de la mezcla:**
 - o Dosificación de los componentes.

- o Temperaturas de trabajo.
- o Compactación de la capa.



Figura 100. Peladuras en capas bituminosas muy delgadas sobre pavimento de hormigón.

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

En general este tipo de patología tiene poca incidencia en la comodidad y seguridad del usuario. Sólo puede haber algún problema con lluvia por la formación de un charco en la peladura y el riesgo de hidroplaneo.

Respecto al firme, la peladura puede ser una zona de entrada de agua hacia las capas inferiores o a la interfaz entre la capa de rodadura y la inmediatamente inferior. Produciéndose una pérdida de la impermeabilidad.

5.15.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Según el tipo de patología y su causa, así será la reparación.

Cuando se trata de una peladura aislada, es suficiente con parchear la zona afectada tratando de eliminar previamente la causa que ha motivado la patología (suciedad, mala adherencia, presencia de grietas por las que sale agua y finos, etc.).

Cuando la peladura es generalizada, será necesario volver a ejecutar la capa de rodadura nuevamente, eliminando previamente las causas que han producido la peladura inicial.

5.15.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Diseñar la capa de rodadura adecuadamente para el uso previsto de la vía, definiendo correctamente la técnica, el tratamiento y el tipo de mezcla y materiales a utilizar.

Controlar rigurosamente el proceso de preparación de la

superficie a tratar, la fabricación y la puesta en obra de la mezcla o técnica bituminosa seleccionada.

5.16. Patología de exudaciones

5.16.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Se entiende por exudación la afloración superficial de betún o de mástico en la capa de rodadura del firme de una carretera, creando una película superficial resbaladiza, de aspecto brillante y sin textura.

5.16.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Las principales causas que originan la aparición de exudaciones en la superficie del pavimento son las siguientes:

- **Sobredosificación del ligante bituminoso.**
- **Defecto en el diseño de la mezcla (bajo contenido de huecos en la mezcla).**
- **Utilización de betunes no adecuados a la zona térmica (betunes blandos).**
- **Excesiva dotación del riego de adherencia.**
- **Deficiente adhesividad árido-ligante (aglutinación de ligante libre).**

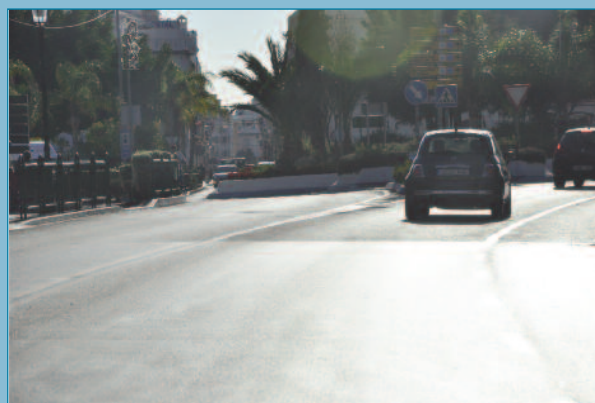


Figura 101. Sobredosificación de ligante o mezcla bituminosa mal diseñada.



Figura 102. Exceso dotación riego de adherencia.



Figura 103. Exudaciones en tratamientos de lechada bituminosa o micro en frío (ligante blando).

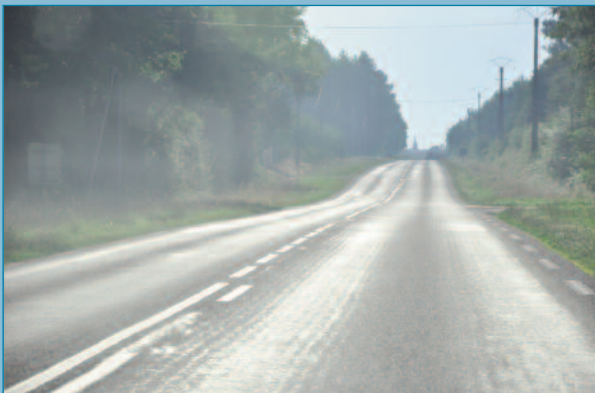


Figura 104. Exudaciones por mala ejecución de riegos superficiales con gravillas.

- Deficiente dosificación y efectividad de los inhibidores de escurrimiento.
- Utilización de productos antiadherentes inadecuados (gasóleo y derivados del petróleo).
- Derrame de solventes.
- Cuando no funciona adecuadamente la rampa de riego, al ejecutar el riego de adherencia, al parar se producen goteos y se forman charcos de emulsión que dan lugar a la formación de exudaciones.

5.16.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA



Figura 105. Exceso de ligante en ejecución de un bacheo.

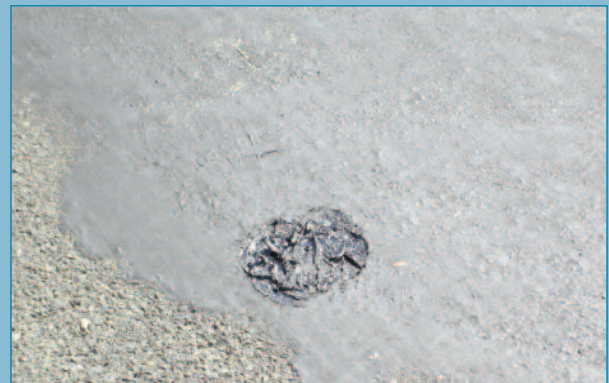


Figura 106. Exceso de ligante y además muy blando.

Y EN EL USUARIO

Esta patología puede causar los siguientes problemas en la vía y en los usuarios:

- Disminuye la resistencia al deslizamiento reduciendo

do la seguridad de los conductores. Este defecto se agrava especialmente en condiciones de lluvia.

- Pérdida de características estructurales incluso degradación prematura del pavimento.
- Formación de roderas por deformación plástica del exceso de ligante blando.

5.16.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

En general los problemas de exudaciones de ligante solo se eliminan mediante la retirada completa de la capa bituminosa que tiene el problema, especialmente si sobre esta capa se coloca una nueva capa bituminosa de pequeño espesor, pues en este caso la exudación acaba reflejándose de nuevo en la capa superior en poco tiempo.

Este problema puede verse aminorado si el ligante en exceso es bastante antiguo y se ha oxidado en gran medida envejeciéndose. En este caso es posible que la exudación no se refleje en la capa superior de nueva construcción.

Para decidir el tipo de actuación se deben evaluar el nivel de severidad y la extensión del problema.

Nivel de severidad

La severidad se refiere a la clasificación y grado del defecto; basados en experiencias previas, podemos identificar tres niveles: baja (B), moderada (M) y alta (A).

B: Como evidencia de exudación en un grado muy ligero, se hacen visibles pequeñas migraciones y exudaciones aisladas.



Figura 107. Nivel de severidad Bajo.

M: Exceso de ligante bituminoso formando una película continua en las huellas de canalización del tránsito.

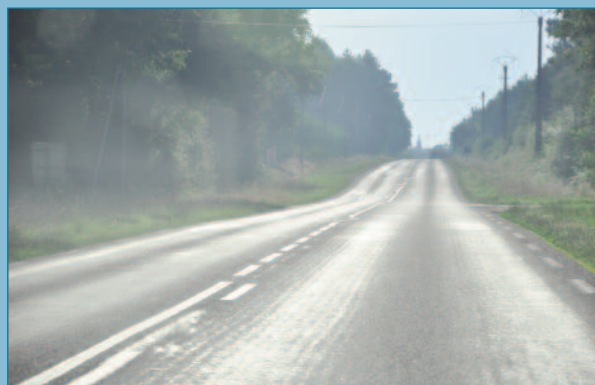


Figura 108. Nivel de severidad Medio.

A: Evidencia de cantidad significativa de betún o mastico bituminoso libre.

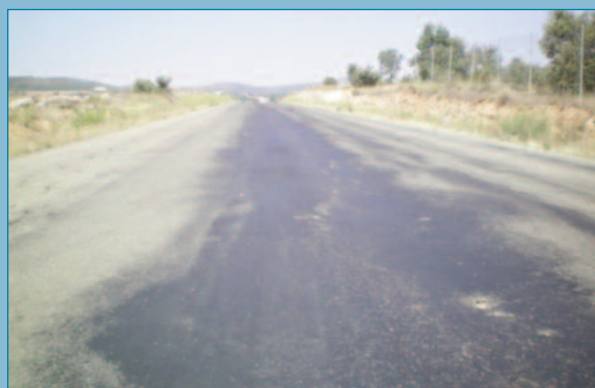


Figura 109. Nivel de severidad Alto.

Extensión

La extensión se refiere al tamaño del área identificada con la patología; basados en experiencias previas, podemos identificar tres niveles: menos del 20% del área (baja), entre 20% y 50% del área (moderada) y mayor del 50% del área (alta).

Análisis y tratamiento

En la tabla siguiente, dependiendo del nivel de severidad y de la extensión del deterioro, se recoge una propuesta de posibles actuaciones correctivas a llevar a cabo.

Extensión	Severidad		
	Baja	Moderada	Alta
< 20% (BAJA)	Ninguno	Ninguno	Fresar y reponer la zona afectada
20-50% (MODERADA)	No se produce actuación	Fresar y reponer la zona afectada (1)	Fresar y reponer la zona afectada
>50% (ALTA)	No se produce actuación	Fresar y reponer la zona afectada (1)	Fresado y reposición de toda la capa

(1) Siempre que la presencia de las exudaciones afecte a la seguridad de los usuarios de la carretera.

5.16.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Las siguientes consideraciones deben tomarse en cuenta, al diseñar las capas bituminosas de una carretera, de cara a prevenir la aparición de exudaciones:

- a) Elaboración de la fórmula de trabajo analizando el posible riesgo de exudación; como criterio sancionado por la experiencia, es determinante analizar en laboratorio el comportamiento mecánico de la mezcla al sobredosificar el ligante en +0,5% sobre el contenido óptimo determinado en fórmula de trabajo.
- b) Los parámetros volumétricos relacionados con la exudación están vinculados al contenido de huecos (mezcla y áridos): un bajo contenido de huecos sobre/mezcla (< 3%) nos indica riesgo de que el esqueleto mineral no consiga retener todo el ligante frente a variaciones térmicas, principalmente en climas cálidos (dilatación). Por otro lado, una excesiva sobre-compactación de la mezcla bituminosa puede dar lugar a una disminución del contenido de huecos final en la mezcla aplicada.
- c) Empleo de ligantes adecuados, la selección del grado de penetración se fundamenta en base a la zona térmica estival. Sin embargo se recomienda utilizar un determinado grado de betún en función del rango de temperaturas de servicio. Además también influyen factores de proyecto, como el nivel de tránsito de la vía o el propio diseño del firme.
- d) La dotación de emulsión en los riegos de adherencia viene indicada en las especificaciones de los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales o Particulares según este especificado en el proyecto de la obra, siendo muy importante mantenerse en los límites establecidos (Mín. – Máx.); son notorias las experiencias de sobredosificación que muestran este defecto de exudación de ligante en superficie, manifestándose principalmente en épocas de calor. Se recomienda llevar a cabo un continuo control de la dotación y verificación sistemática de los sistemas de riego.
- e) La utilización de activantes de adhesividad siempre mejora el comportamiento de la mezcla, también su trabajabilidad. El ligante asfáltico es un material de baja polaridad y poca afinidad con áridos de naturaleza electronegativa (de mayor porcentaje de sílice en su

composición) que habitualmente son utilizados para aplicación en capas de rodadura, ya que aportan mejores índices de resistencia al pulimento. Este contraste de cargas o tensión superficial, genera repulsión y desprendimiento del ligante que tiende a aglutinarse y puede aflorar. Es muy importante realizar ensayos que verifiquen el comportamiento y adhesividad árido-betún.

- f) El uso de inhibidores de escurrimiento, materiales adicionados cuya absorción permite incrementar la dosis de betún en mezcla, es cada vez más generalizado por las ventajas subyacentes que comportan estas mezclas. Es muy importante realizar ensayos de diseño y autocontrol que permitan identificar los niveles y riesgos de exudación.
- g) En las actuaciones de extendido de las mezclas bituminosas, desafortunadamente es práctica habitual y muy extendida, el uso de gasóleo y otros derivados del petróleo como productos antiadherentes aplicados a las cajas de camiones, previa carga de la mezcla bituminosa. También es de uso habitual la utilización de estos disolventes para la limpieza de herramientas de trabajo (pala, rastrillo...) así como elementos de la extendidora que están en contacto con la mezcla asfáltica. La utilización de materiales disolventes para estas aplicaciones está totalmente prohibida y penalizada en España y en muchos otros países. Existen productos de composición natural y ecológica que permiten remplazar con éxito al gasóleo para todas estas aplicaciones, incluso con mezclas fabricadas con ligantes altamente modificados (más adhesivos).
- h) El vertido o fuga de productos derivados de hidrocarburos (combustibles, lubricantes, productos químicos...) son incidencias aisladas muy difíciles de prevenir. En áreas susceptibles de estos acontecimientos (áreas de repostaje, gasolineras, zonas de aparcamiento, parques de maquinaria, zonas de trasvases...) se recomienda la aplicación de tratamientos superficiales protectores a los carburante o también la utilización de ligantes más resistentes a los carburantes. Este problema se analizara en la patología correspondiente.

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

J. Julián Rivera,
jjulianrivera@hotmail.com.ar

H. Gerardo Botasso

Hugo D. Bianchetto

Argentina

Cuando un firme bituminoso es sometido a una rehabilitación mediante la aplicación de una nueva capa bituminosa superpuesta, es requisito extender sobre éste un riego bituminoso de adherencia, en una dotación generalmente preestablecida. Cuando este firme es sometido además a operaciones de fresado superficial previas, la textura que ofrece se modifica. Por ello, esa dotación debe afectarse en cierto grado. Por un lado, al fresar se produce un incremento de superficie en la interfase entre ambas capas, lo que podría llevar a un aumento de la dotación de riego a emplearse. Por el otro, se generan por el fresado surcos paralelos longitudinales, que pueden acarrear el escurrimiento del riego bituminoso, lo que daría lugar a una deposición excesiva. Entre ambas situaciones debe llegarse a una solución de compromiso, que permita alcanzar un comportamiento óptimo. El presente trabajo aborda la temática y logra una solución a esta solución en base a ensayos al corte directo de especímenes con este tipo de interfase, en los distintos grados de textura hallados en la obra vial, aplicados sobre materiales característicos de la Argentina; y de una adaptación del Ensayo de Parche de Arena, que permite establecer en obra el grado de textura de cada tramo de fresado en particular y aplicar así correcciones a la dotación en función de la misma. Dicho trabajo se realiza en el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de Argentina. Se presentan detalles de las tareas efectuadas, el modelo de solución y el procedimiento para su aplicación.

Palabras Clave: Refuerzos Bituminosos, Riego de Adherencia, Fresado de Firmes.

When an asphalt pavement is subjected to a rehabilitation with the overlay of a new asphalt layer, it is required to extend over it an asphalt tack coat, in a dosage usually pre-established. But when this pavement is also subjected to previous surface milling operations, its texture is modified. Therefore, the pre-established tack coat dosage should be affected in some degree. On the one hand, when milling, there is an increase of the area at the interface between the two layers, which could lead to an increase in the tack coat dosage to be used. On the other hand, longitudinal parallel ruts are generated by milling, which can lead to the runoff of asphalt coat, generating an excessive deposition in the latter ones. Between both situations, a compromise solution must be reached, which allows an optimum performance to be achieved. The present work analyzes this thematic and establishes a solution based on direct shear tests of specimens with this type of interface, in the different degrees of texture found in a road project, applied on characteristic materials of Argentina; and an adaptation of the Sand Patch Test, allowing to establish on site the degree of texture generated by milling, and the corrections of tack coat dosage depending on it. This work was developed in the LEMaC, Road Research Center of Argentina. The details of the tasks performed are presented, giving as a conclusion the solution model and the procedure for its application.

Keywords: Asphalt Reinforcement, Tack Coat, Pavement Milling.

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

1. Introducción

Durante la fase de explotación de un firme se desarrollan actividades dirigidas a su mantenimiento y rehabilitación, con la finalidad de dotarlo nuevamente de sus condiciones iniciales. Entre los casos de rehabilitación, existen aquellos en los cuales se elimina parte de la capa de rodamiento, lo cual se realiza mediante el empleo de técnicas de fresado [1], dada una excesiva deformación transversal del firme y/o al envejecimiento del mismo por la acción climática y la solicitación del tráfico [2].

El proceso de fresado implica el empleo de equipos del tipo rotatorio, provistos de herramientas de desbaste, las cuales dan origen a diferentes texturas muy diferentes a la que podría hallarse en una superficie de rodamiento original, ya que la misma, en términos relativos, puede considerarse “lisa” [3,4].

Luego del fresado, corresponde disponer un riego de adherencia, consistente en la aplicación de una emulsión bituminosa, con el objetivo de conseguir su unión con la capa de revestimiento que se vaya a ejecutar con posterioridad para establecer una adecuada interfase [6]. Se debe profundizar, por ello, el análisis de la aplicación de dichos riegos sobre las capas bituminosas fresadas, dadas las condiciones particulares que éstas presentan, de acuerdo a lo que se ha expuesto. Se encara entonces el análisis necesario correspondiente, el cual tiene como campo de aplicación la rehabilitación con capas bituminosas de firmes, constituyentes de las políticas de conservación y mantenimiento llevadas adelante por las reparticiones públicas en sus redes viales urbanas y rurales; o por empresas privadas en la materialización de estas tareas en redes viales de parques industriales, terminales de transporte, barrios cerrados, etc.

2. LA REHABILITACION DE LOS FIRMES BITUMINOSOS

2.1 La dotación del riego de adherencia

La cantidad de ligante bituminoso residual sobre la superficie del firme es el factor más importante en la obtención de un vínculo adecuado entre la superficie del firme existente y la nueva capa de mezcla bituminosa en caliente. En consecuencia, la tasa de aplicación de una emulsión bituminosa utilizada como riego de adherencia debe basarse en la cantidad deseada del residuo bituminoso estipulada por las Especificaciones Técnicas

Particulares de la obra. En tal sentido, cabe acotar lo establecido para vías de su jurisdicción por la Dirección Nacional de Vialidad de la Argentina (DNV) en su “Pliego de especificaciones técnicas generales para riegos de liga con emulsiones asfálticas”, donde se estipula que la emulsión a utilizarse sea del tipo CRR-0 o CRR-1 (encuadrando en la Norma IRAM 6691 como emulsión catiónica de curado rápido), con una dotación que arroje un resultado de al menos 0,7 MPa en el ensayo de adherencia entre capas de rodadura del proyecto de norma UNE-EN 12697-48 (ensayo de corte sobre testigos, Leutner o de SBT) y que se ubique en el rango de 0,25 kg/m² a 0,40 kg/m² [8]. Estos valores sólo deben tomarse a los efectos del presente trabajo como indicativos, pues al implementar una metodología de ensayo que incluye algunas adaptaciones relacionadas con los objetivos en específico establecidos, las resistencias al corte esperables durante su ejecución no son directamente comparables a lo especificado.

2.2 El empleo del fresado en la rehabilitación

El equipo de fresado puede dar origen a diversos resultados de textura superficial. En cuanto al rango de texturas obtenibles, se puede establecer en vistas a los estudios a realizarse que, si se quisiera contar con una escala de seis casos patrones a ser considerados, los mismos podrían fijarse en los valores que se observan en la Tabla 1 [5,6,9,10].

Tabla 1. Casos patrones de fresado a ser analizados

Caso	Distancia entre surcos (mm)	Profundidad fresado (mm)
1	0,8	1,0
2	11,4	2,4
3	14,8	3,8
4	18,2	5,2
5	21,6	6,6
6	25,0	8,0

3. RESPUESTA MECANICA DE LA INTERFASE

La consideración estructural de la interfase que se realice en un caso en particular, estará condicionada al modelo estructural de análisis que se emplee, pues puede ser abordada des-

de diversos puntos de vista [11,12]. En los firmes flexibles multicapas, las tensiones generadas por la acción del tráfico son introducidas en la estructura a través de la capa de rodamiento y transmitidas, a través de ésta, hacia las capas inferiores de la estructura y la subrasante [13,14]. Las mejoras en los procesos de análisis, incluyendo un adecuado modelado de la interfase, llevan a reducir costos de mantenimiento y rehabilitación [15]. Por esto, es necesario estudiar el modelado del paquete estructural reforzado y analizar de ser posible la incidencia del fresado, abarcándose los rangos de profundidad de surcos y separación de los mismos, que presentan físicamente diferencias en la constitución de la interfase [16].

Los ensayos de corte son un buen y efectivo método para analizar la adherencia en interfases de firmes bituminosos [17]. La incógnita que surge se relaciona entonces en cuanto a cuál podría ser una forma de reflejar los niveles de adherencia que pueden darse en las interfases y, más específicamente, en las interfases entre capas bituminosas ante la existencia de tareas de fresado en las mismas.

Ante sollicitaciones estáticas hasta rotura, Romanoschi (1999) ha obtenido gráficas de las curvas típicas de esfuerzo de corte vs. desplazamiento y esfuerzo normal vs. desplazamiento al corte, en su estudio de interfases entre capas bituminosas [15]. De éstas, dada la naturaleza cíclica de la carga en las interfases de firmes, sólo los sectores elásticos y el sector de fricción del ensayo estático hasta rotura son empleables en la descripción de las condiciones de la interfase. El modelo constitutivo de interfase propuesto que describe la interfase entre capas bituminosas es entonces un modelo de dos etapas. En la primera etapa, el desplazamiento de corte o el desplazamiento relativo de las dos capas en la interfase es proporcional a la fuerza de corte (modelo de Goodman), proporcionalidad proveniente del módulo de reacción de la interfase K en la dirección horizontal (Ecuación 1).

$$\tau = K \cdot du \quad (1)$$

En la mayoría de los casos, cuando el diámetro de la probeta es igual al del zuncho, el primer sector puede analizarse directamente un módulo de reacción de la interfase K en el modelo constitutivo, hasta el Esfuerzo de Corte Máximo (S_{max}). Si se considera que las variaciones de resultados obte-

nibles a diferentes temperaturas pueden ser acotadas si se toma una temperatura de referencia, adoptada como representativa, el análisis simplificado de la situación puede llevarse adelante. Por otro lado, en los antecedentes analizados se puede ver que en los casos de muestras sin riego de adherencia se ha observado que el módulo de reacción de la interfase K difiere más fuertemente con el nivel del esfuerzo normal aplicado que en los casos con riego de adherencia. Como mayoritariamente en este trabajo se analizan situaciones con riego de adherencia, puede pensarse entonces en un modelo resumido, en donde la primera etapa de la curva esfuerzo/deformación al corte se da cuando el esfuerzo al corte es menor que la resistencia al corte de la interfase (punto de falla S_{max}), dado que la interfase no ha llegado a su rotura; lo cual se da a un determinado Desplazamiento al Corte (TD). Una vez que la interfase ha fallado, y la segunda etapa comienza, la interacción entre capas puede ser descrita como de fricción simple, caracterizada por el coeficiente de fricción μ , aunque la determinación de este parámetro queda por fuera del alcance del presente trabajo. Este modelo constitutivo simplificado para la interfase entre capas bituminosas puede ser representado entonces como se observa en la Figura 1.

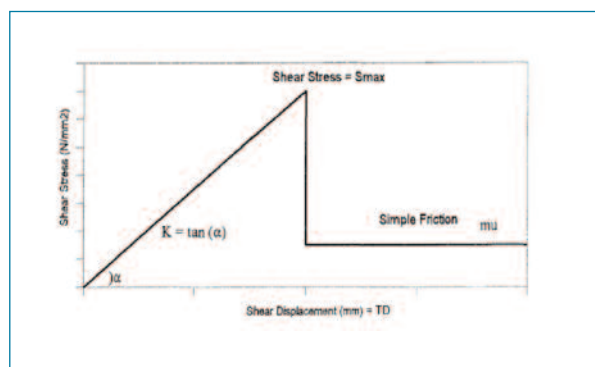


Figura 1. Modelo constitutivo simplificado de la interfase asfalto-asfalto [18]

4. EL ENSAYO AL CORTE DE LA INTERFASE

El ensayo al corte se aproxima a la sollicitación real en la que se encuentra sometido el riego de adherencia en una estructura de un firme. El valor de adherencia que se obtiene se ve influenciado por la resistencia friccional que aportan los agregados pétreos de ambas caras de las superficies adheridas y la textura de dichas caras [13]. El ensayo seleccionado para su aplicación en el presente trabajo es el que sollicita al corte di-

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

recto por tracción en forma paralela a la interfase del riego de adherencia. En la Figura 2 puede observarse una imagen de la realización de este ensayo.



Figura 2. Ensayo seleccionado para el estudio

En función de los datos recabados y de las experiencias efectuadas por Delbono (2014) y Ricci (2011) en las propias instalaciones del LEMaC, se decide generar el esfuerzo cortante en el plano a evaluar, utilizando una prensa capaz de ejercer el esfuerzo de tracción a una velocidad de avance controlada de 1,27 mm/min [3,7]. Se decide además establecer la temperatura de ensayo en los 20 °C, por reflejar una temperatura representativa de la región utilizada en experiencias previas, y que puede ser fácilmente obtenible y mantenida mediante sistemas sencillos de acondicionamiento, tanto de las probetas como del ambiente de ensayo. Se establece para las experiencias un plazo mínimo de acondicionamiento a esa temperatura de 4 horas.

Para este trabajo, las probetas a ensayarse, denominadas como “probetas dobles” (compuestas por espesores de 50 mm tanto de base como de capa de refuerzo), se moldean siguiendo el procedimiento de:

- Colocar en un juego de base y molde (de 100 mm de diámetro interno y altura mínima de 100 mm), acondicionado en estufa a 140 °C durante 15 minutos, la mezcla bituminosa en la cantidad necesaria para lograr una capa compactada de 50 mm de espesor (para el caso en estudio aproximadamente 1000 gr), calentada hasta la temperatura correspondiente a una

viscosidad del ligante bituminoso de $2,8 \pm 0,3$ poises (para el caso en estudio 140 °C).

- Se acomoda la mezcla con una cuchara, se coloca un papel de filtro en la parte superior y se la compacta con el pisón Marshall mediante 100 golpes por única vez en su cara superior, asegurándose la limpieza y temperatura del pisón.
- Se retira del molde la probeta (previo inmersión en agua durante 4 minutos), se la deja secar y se aplica sobre la cara que estuvo en contacto con la base del molde el tratamiento en estudio, si lo hubiera (en este caso, la simulación del fresado en laboratorio que se explica más adelante, por ejemplo).
- Se introduce la probeta con la cara tratada hacia arriba, sobre una base, en un nuevo molde de 101 mm de diámetro interno y altura mínima de 130 mm.
- Se aplica, mediante pincel y por pesado hasta alcanzar los valores de cálculo correspondientes, la dotación de riego de adherencia en estudio, dejando una hora de reposo en estufa a 60 °C, para que se produzca el corte y curado de la emulsión.
- Se acondiciona el conjunto de moldes en estufa a 140 °C durante 15 minutos.
- Se introduce en el molde mezcla bituminosa en la cantidad necesaria para lograr una nueva capa compactada de 50 mm de espesor (para el caso en estudio aproximadamente 1000 gr), en las mismas condiciones que la capa inferior. Se acomoda la mezcla con una cuchara y se coloca un papel de filtro en la parte superior. Se compacta con 100 golpes del pisón Marshall en su cara superior, asegurándose la limpieza y temperatura del mismo. Terminada la compactación se deja enfriar en agua por un lapso de 4 minutos y se desmolda.
- Se deja secar y enfriar la probeta obtenida a temperatura ambiente.

Otra aclaración respecto del ensayo a ser empleado puede ser realizada, dado que para permitir el desarrollo de la interfase fresada se ha decidido separar los zunchos que toman la parte superior e inferior de la probeta doble unos 30 mm. Esto genera que además de la deformación propia registrada en la interfase durante el ensayo se tenga una deformación relacionada con ambas partes de la probeta en este sector. Se obtiene de esta forma, mediante el ensayo a ser utilizado, una defor-

mación tangencial diferente a la obtenible con el ensayo de corte SBT citado en la especificación técnica aplicable, y tensiones de corte también diferentes a las obtenibles cuando estos zunchos se encuentran separados una distancia mínima. Por lo expuesto, los resultados de TD y de Smax a ser obtenidos en este trabajo, son sólo comparables en forma relativa entre sí, y no con los especificados u obtenibles con otras metodologías de ensayo.

5. ANALISIS DEL INCREMENTO DE AREA DE INTERFASE POR FRESADO

Las diversas fuentes consultadas asignan a la superficie dentada, generada por el fresado, diferentes perfiles típicos y dimensiones. Más allá de cual sea el tipo de perfil que se decida tomar como representativo, puede observarse que al fresar se genera el aumento de superficie implicada por área tratada en planta, con la necesidad de establecer el incremento de riego a aplicarse por ello. La causa de esto reside en que la dotación de un riego de adherencia se especifica para una superficie lisa, como la obtenida en una capa de recientemente ejecución. Pero dado que cuando se aplica un fresado se da lugar a una superficie con un perfil no plano, se observa un incremento de ésta respecto de su componente proyectada.

En busca de estimar este incremento señalado, se ha visto como factible dirigir los esfuerzos a la adaptación de un método de ensayo de amplia difusión en el medio vial, como es el caso del Ensayo del Parche de Arena, el cual es originalmente empleado en la medición de la macrotextura de un firme.

Al contar con los resultados de los incrementos de área $\Delta(\text{Area})$ registrados ante diversas combinaciones de ancho y profundidad del surco (es decir sus valores medios y dispersiones), se pueden hallar los modelos de regresión que permitan la estimación en futuras aplicaciones de dicho $\Delta(\text{Area})$ a partir de los diámetros obtenibles del empleo de una metodología de ensayo análoga a la del Parche de Arena. Se plantea específicamente llevar la determinación de los $\Delta(\text{Area})$ mediante técnicas de simulación numérica. Siguiendo esta línea de trabajo, los autores de la presente divulgación, a partir del análisis una de las siluetas de fresado adoptables, han logrado establecer que la fórmula que permite estimar el Coeficiente del Incremento del Area (CIA) en función del Diámetro del Parche de Arena (DPA) resultante para un volumen de arena de 40 cm³, es la que se observa en la Ecuación 2.

$$CIA = 5,03 DPA^{-0,41} \quad (2)$$

Esta correlación ha sido además corroborada con los resultados obtenibles al menos en laboratorio. Las memorias de las tareas llevadas adelante en tal sentido pueden consultarse en el trabajo "Metodología para estimación de dotación de riego de liga en refuerzos asfálticos sobre superficies fresadas", presentado en el XIX Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto llevado a cabo en noviembre de 2017 en Medellín, Colombia [18]. Vale señalar en tal sentido que esa corroboración se efectuó sobre probetas de los 6 casos representativos establecidos, confeccionadas con la mezcla bituminosa utilizada en el estudio, la cual se describe más adelante, y moldeadas con el equipo de Roller Compact. Sobre esas probetas se simuló mediante el aserrado con una hoja diamantada los distintos grados de fresado (en la Figura 3 se observa la probeta colocada sobre la mesa deslizante de la máquina de aserrado utilizada), estableciéndose luego los diámetros de parche de arena DPA en forma ortogonal y promedio (Tabla 2) a ser tomados de referencia más adelante para cada uno de los casos de estudio.



Figura 3. Simulación fresado probeta Caso 1

Tabla 2. Diámetros de Parche de Arena

Caso	D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	DPA (cm)
1	23,8	24,5	24,2
2	20,0	19,6	19,8
3	16,0	16,1	16,1
4	12,8	13,1	13,1
5	11,7	11,7	11,6
6	10,2	10,1	10,2

Finalmente cabe acotar que como conclusión de dicha publicación, además, se arriba a la Tabla 3 con los valores repre-

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

sentativos basados en observaciones de campo de las dimensiones de los casos a ser considerados y su variabilidad, definidos por las medias μ y su desvío estándar σ de las dimensiones que se observan en la Figura 4.

Tabla 3. Dimensiones de los casos representativos

Caso	h_1		h_2		h_3	
	μ (mm)	σ (mm)	μ (mm)	μ (mm)	σ (mm)	σ (mm)
1	2,9	0,8	8,0	1,0	0,4	
2	4,1	1,1	11,4	2,4	0,9	
3	5,3	1,4	14,8	3,8	1,4	
4	6,5	1,7	18,2	5,2	1,9	
5	7,8	2,0	21,6	6,6	2,4	
6	9,0	2,4	25,0	8,0	3,0	

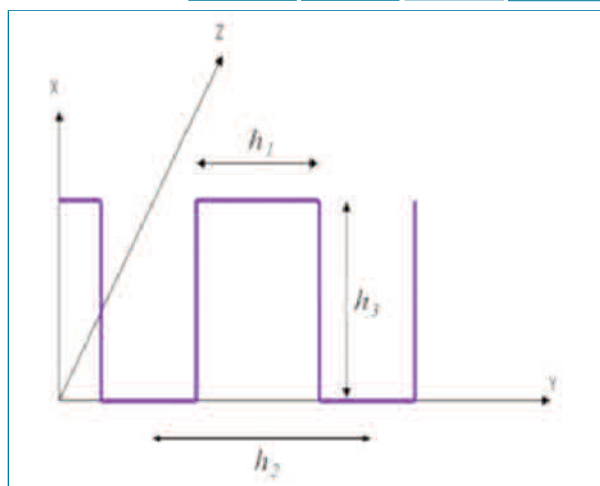


Figura 4. Dimensiones del perfil dentado

6. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE RIEGO DE ADHERENCIA PARA SUPERFICIE NO FRE-SADA

Para poder analizar la influencia del incremento de superficie de la interfase en los sistemas abordados, dada la existencia del fresado, se debe contar con una dotación de riego de adherencia en estudio representativa, que posibilite luego el arribo a conclusiones por el análisis comparativo de los resultados que se obtengan. Se aborda entonces la obtención de esta dotación para el caso de la no existencia del fresado en la interfase

(superficie "lisa"), que será luego utilizada con diversas afectaciones en el análisis de las situaciones de interfase con fresado.

La emulsión bituminosa a ser empleada en los ensayos y análisis constituyentes de este estudio, es del tipo catiónica de corte rápido.

La mezcla bituminosa seleccionada para la investigación, tanto para la constitución del sustrato inferior como superior, es un Concreto Asfáltico en Caliente convencional Denso con Tamaño Máximo de sus agregados de 19 mm (CAC-D19). Se utiliza una muestra tomada de la producción de una planta asfáltica de la zona de la ciudad de La Plata.

Se decide efectuar el análisis con probetas dobles constituidas por estos materiales, con el empleo del ensayo de corte directo establecido como de referencia, buscando el contenido óptimo que arroje los máximos valores de resistencia ante la sollicitación aplicada. Dados los entornos de dotaciones recomendados por la bibliografía de consulta, se decide analizar los contenidos de riego de adherencia, expresados como su residuo asfáltico por unidad de superficie, de 0,0 l/m², 0,1 l/m², 0,2 l/m², 0,3 l/m² y 0,4 l/m². Estableciendo un número de 3 probetas por contenido, se procede a moldear y ensayar las 15 probetas a ser analizadas. Puede elaborarse luego el resumen de resultados de la Tabla 4 con los valores promedios de la tensión de corte máxima S_{max} y de desplazamiento al corte en la rotura TD. Se establece como dotación óptima a 0,25 l/m².

Tabla 4. Valores promedio obtenidos versus dotación de riego de adherencia

Dotación (l/m ²)	S_{max} (MPa)	TD (mm)
0,0	0,268	13,0
0,1	0,300	11,1
0,2	0,318	9,9
0,3	0,327	10,1
0,4	0,303	11,3

7. ANALISIS MEDIANTE ENSAYOS EN CASOS CON SUPERFICIES FRESADAS

Dada la dotación óptima de riego de adherencia establecida para la interfase de superficies lisas entre las capas en estudio, resta ahora analizar desde el punto de vista mecánico si en

el caso de las superficies fresadas resulta efectivamente necesario incrementar la dotación en forma proporcional al incremento de área generado por la textura resultante después del fresado. Esta duda surge, entre otros aspectos, porque es probable que un incremento excesivo en la dotación del riego de adherencia no se distribuya en forma homogénea sobre la superficie fresada, debido a la fuerza de gravedad actuante durante la distribución del riego y el grado de fluidez de la emulsión, pudiéndose generar un depósito de mayor espesor en el valle de los surcos.

Para efectuar entonces el análisis de esta situación se decide, a partir del contenido óptimo de riego de adherencia de 0,25 l/m² determinado para los materiales empleados en esta experiencia, estudiar cuatro situaciones. Estas situaciones representan un incremento de esa dotación en 3/3, 2/3, 1/3 y 0/3 de proporción del incremento del área de contacto en la interfase por el fresado, para la Situación 1 a la Situación 4, respectivamente. Para establecer las respuestas ante los ensayos de corte directo instrumentados, de los 6 casos de simulación de fresado, empleando los incrementos de riego calculados como necesarios, se procede al moldeo de las probetas dobles a ser analizadas, utilizando a tal fin el procedimiento diseñado y estableciendo un número de 3 probetas por caso y por situación. Luego de moldeadas las bases se procede al aserrado superficial de las probetas, de acuerdo a los parámetros ya establecidos para los 6 casos de simulación. En la Figura 5 se observa el proceso de aserrado de una probeta correspondiente al Caso 5.



Luego de la simulación del fresado y la aplicación del riego correspondiente se procede al moldeo de las probetas dobles, siguiendo el procedimiento ya descrito oportunamente. En la Figura 6 se observan las probetas moldeadas para la Situación 4, a manera de ejemplo.



Figura 5. Aserrado de una probeta del Caso 5

Cabe destacar aquí que dado que la flexión principal del firme se da en su sentido longitudinal y que el fresado presenta su superficie dentada también en este sentido, se decide efectuar los ensayos con la probeta doble dispuesta de acuerdo a la orientación que puede observarse en la Figura 7.

Los resultados obtenidos permiten desarrollar la Tabla 5, en la cual se vuelcan los valores promedio de S_{max} para los correspondientes valores de coeficiente de incremento del riego (CI), en cada Caso y cada Situación. Los cálculos en tal sentido se realizan a partir de los valores representativos de diáme-



Figura 6. Probetas de la Situación 4

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

tro de parche de arena DPA de cada caso, volcados en la Tabla 2, utilizando la Ecuación 2 y las proporcionalidades explicadas al definir la Situación 1 a 4.

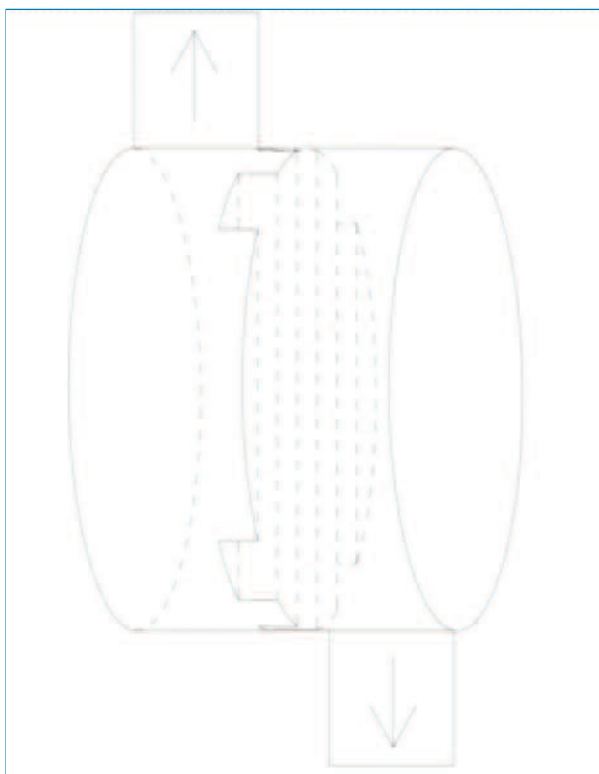


Figura 7. Orientación del fresado en el ensayo

$$DRI = CIR \cdot DR \quad (3)$$

Para arribar a los coeficientes de incremento del riego CIR en función de los diámetros de parche de arena DPA, resta entonces correlacionar a los valores obtenidos para cada caso, volcados en la Tabla 2, con los coeficientes de incremento CI óptimos establecidos (asumidos ahora como los coeficientes de incremento del riego CIR). En la Tabla 6 se observan los valores de ambas variables a ser correlacionadas y en la Figura 8 la gráfica con la correlación obtenida.

Tabla 6. Valores de CIR versus DPA

Caso	CIR	DPA (mm)
1	1,121	24,2
2	1,160	19,8
3	1,204	16,1
4	1,253	13,0
5	1,280	11,6
6	1.315	10,2

Tabla 5. Resumen de resultados de Smax para ensayos sobre superficie fresada

	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4		Caso 5		Caso 6	
	CI	Smax (MPa)	CI	Smax (MPa)	CI	Smax (MPa)	CI	Smax (MPa)	CI	Smax (MPa)	CI	(MPa)
Situación 1	1,363	0,187	1,479	0,227	1,612	0,235	1,760	0,214	1,841	0,257	1,945	0,202
Situación 2	1,242	0,263	1,319	0,286	1,408	0,256	1,507	0,263	1,561	0,270	1,630	0,325
Situación 3	1,121	0,334	1,160	0,313	1,204	0,355	1,253	0,308	1,280	0,329	1,315	0,348
Situación 4	1,000	0,151	1,000	0,215	1,000	0,256	1,000	0,247	1,000	0,269	1,000	0,300

Dado que se obtiene para todos los Casos que la Situación 3 implica los coeficientes de incremento CI óptimos, se puede proceder ahora a establecer el Coeficiente de Incremento de Riego (CIR), que permitiría finalmente, mediante la Ecuación 3, establecer la dotación de riego incrementada DRI, partiendo de una dotación de riego para la interfase lisa DR.

Como se observa en la Figura 8, se puede ajustar por regresión a la nube de puntos una función del tipo potencial, la cual permite obtener un coeficiente de determinación R² de 0,99, acorde al umbral empírico generalmente establecido para estudios de esta índole de 0,90 [19].

La fórmula que permite finalmente establecer el coeficien-

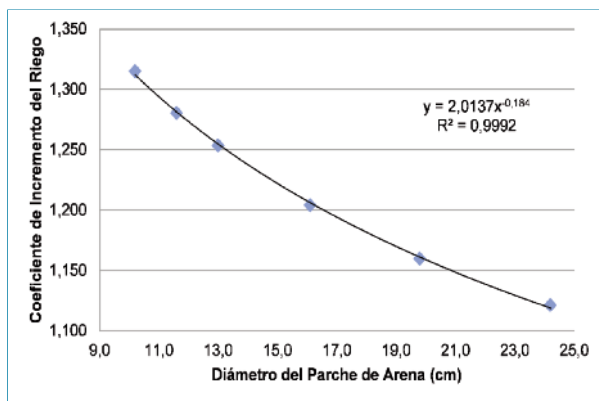


Figura 8. Gráfica de CIR versus DPA

te de incremento de riego CIR en función del diámetro del parche de arena DPA, resultante para un volumen de arena de 40 cm³, es la que se observa en la Ecuación 4.

$$CIR = 2,014 \cdot DPA^{-0,184} \quad (4)$$

Una idea de partida con que se cuenta es que en una obra, es posible que se registren diversos tramos homogéneos de superficie fresada a ser reforzada, ya sea porque se realiza esta tarea con diferentes equipos, con un mismo equipo al que se le han ido modificando partes, por ejemplo por razones de mantenimiento (cambio de puntas de fresado, modificación del tambor de fresado, etc.), por la variabilidad misma en el empleo de dicho equipo y de su operador, etc. La metodología de análisis resultante, a partir de esta consideración, puede emplearse allí partiendo de la determinación por algún medio directo de la dotación óptima a utilizarse en el caso de una interfase entre superficies lisas. Luego se procede al ajuste de dicha dotación en función de la realización de mediciones con la metodología análoga al Parche de Arena y la aplicación del modelo desarrollado, en cada tipología de tramo homogéneo registrada en obra. La otra forma de empleo, es que en cada tramo representativo de los materiales de la obra se extraigan testigos de la carpeta de rodamiento existente luego de haber sido aplicado un fresado sobre dicha superficie y de haberse realizado las mediciones correspondientes con la metodología análoga al Parche de Arena desarrollada, a la manera de “tramo de prueba”. Se confeccionan con estos testigos y con el material a ser empleado en el refuerzo las probetas dobles necesarias y se determina el contenido óptimo de riego de adherencia para la interfase con esa textura de fresado. Esto permi-

te entonces aplicar sobre esa dotación establecida el modelo desarrollado en forma inversa, de manera tal de establecer virtualmente cuál sería la dotación óptima de riego de adherencia si el ensayo se hubiera realizado en el caso de la interfase lisa. Alcanzada esta dotación, se procede luego al ajuste de la misma en función de la realización de mediciones con la metodología análoga al Parche de Arena y la aplicación del modelo desarrollado en cada tipología de tramo homogéneo registrada en obra, tal cual en la primera opción.

8. CONCLUSIONES

En función de los estudios realizados, puede concluirse que:

- El establecimiento de la dotación de un riego bituminoso de adherencia en la interfase entre capas bituminosas de un firme en rehabilitación, donde la capa previamente existente es sometida a un fresado superficial, es un tema que no había sido estudiado profundamente, al menos en lo que respecta a los materiales existentes en la Argentina.
- Para abordar esta temática es útil partir del conocimiento del grado de textura generado por el fresado, dado el espectro relevado existente en tal sentido, para lo cual puede adoptarse una sistemática de ensayo desarrollada análoga a la del Ensayo de Parche de Arena.
- Mediante los resultados de dicha aplicación es posible establecer, gracias al modelo arribado, el Coeficiente del Incremento del Riego a emplearse para afectar al contenido óptimo de riego de adherencia aplicable en el caso de que la interfase fuera lisa (sin fresado).
- Existen procedimientos variados, abordados en el trabajo, que permiten la aplicación en tramos homogéneos de fresado de obras viales de la metodología de análisis producto de los estudios llevados adelante.

9. REFERENCIAS

- [1] NCHRP. (2004). Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures, National Research Board, 1-37A team, EEUU.
- [2] Miller, J., Bellinger, W. (2003). Distress identification ma-

Cálculo de la dotación de riegos de adherencia en rehabilitaciones sobre firmes bituminosos sometidos a fresado superficial

- nual for the long-term pavement performance program, fourth revised edition. Report No. FHWA-RD-03-031, Washington DC, EEUU.
- [3] Delbono, H. L. (2014). Estudio de Grillas Poliméricas en Sistemas Anti-reflejo de Fisuras bajo Solicitaciones Dinámicas, Tesis Doctoral en Ingeniería mención Materiales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (inédita), 379 p. La Plata, Argentina.
- [4] Wirtgen. (2015). El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen, Wirtgen Group Company, Alemania.
- [5] Bussard, M. (2014). Milling & Micro Milling, P.R. Systems Inc., EE UU.
- [6] Montetrusque, M., Bernucci, et al. (2015). Avaliação da aderência de geogrelhas entre camadas asfálticas, Memorias XVIII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, ISBN 978-950-630-031-9, Bariloche, Argentina.
- [7] Ricci, L. A. (2011). Evaluación de adherencia entre capas asfálticas con intercapa de geosintético, tesis de Maestría en Ingeniería en Transporte – Orientación Vial, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- [8] DNV. (2017). Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semicaliente del tipo densos, Dirección Nacional de Vialidad, Argentina. [Consultado en julio de 2017 en: http://www.vialidad.gov.ar/sites/default/files/PETG_1.pdf]
- [9] The Asphalt Contractor. (2011). How Micromilling is Saving States Money on Asphalt Road Repairs, The Asphalt Contractor Magazine, EEUU. [Consultado 12 de diciembre de 2016 en: <http://www.forconstructionpros.com/article/10456001/how-micromilling-is-saving-states-money-on-asphalt-road-repairs>]
- [10] Wirtgen. (2013). Wirtgen cold milling manual. Technology and application, Wirtgen GmbH, Alemania.
- [11] EICAM. (1998). Curso de actualización de diseño estructural de caminos, método AASHTO93, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
- [12] Uzan, J., Livneh, M., et al. (1978). Investigation of adhesion properties between asphalt concrete layers, Proc. Assoc. Asphalt Paving Technologists, St. Paul, Minn, 47, 495-521, EEUU.
- [13] Giovanón, O., Buono, F. (2008). Riego de liga su importancia estructural y análisis tensional, XXXV Reunión del Asfalto, Comisión Permanente del Asfalto, Rosario, Argentina.
- [14] Yaacob, H., Hainin, M.R., et al. (2014). Information for the Malaysian asphalt industry towards better pavement interlayer bonding, Sains Malaysiana, n 43, vol 3, pp 467-474, Malasia.
- [15] Romanoschi, S.A. (1999). Characterization of Pavement Layer Interfaces, Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College, EEUU.
- [16] Brown, S. F., Brunton, J. M. (1984). The influence of bonding between bituminous layers, Highways Transportation, 31(5), 16-17, EEUU.
- [17] D'andrea, A., Tozzo, C., et al. (2013). Interfase roughness parameters and shear strength, Modern Applied Science (ISSN 1913-1844), Canadian Center of Science and Education, vol 7, n 10, Canadá.
- [18] Rivera, J., Bianchetto, H., et al. (2017). Metodología para estimación de dotación de riego de liga en refuerzos asfálticos sobre superficies fresadas, Trabajo 049, XIX Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Medellín, Colombia.
- [19] Bello, M. (2016). Apuntes de la capacitación sobre predicción y bondad de ajuste, Capacitaciones Software-Shop, Colombia.

UNE-EN 12697-36:2003

Método para la determinación del espesor de pavimentos bituminosos.

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

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

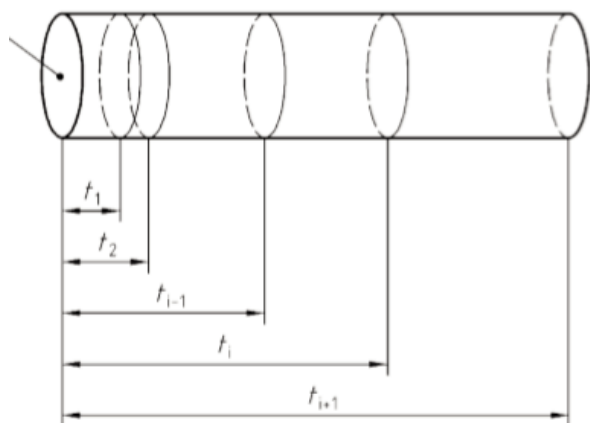
Padecasa

1. Objeto y principio del ensayo

Determinación del espesor de un pavimento empleando mediciones sobre uno o varios testigos extraídos del pavimento o sobre testigos extraídos de placas de mezcla bituminosa (método destructivo) o también determinando el espesor mediante procedimientos de medida electromagnéticos (método no destructivo).

2. Método operativo

Las mediciones se deben realizar entre el plano superior e inferior, perpendicularmente al plano superior del testigo, en 4 mediciones separadas entre si y con aproximación de 1 mm. Se marcan las líneas sobre la superficie exterior del testigo en perpendicular al plano superior, marcando posteriormente líneas limítrofes de las capas.



Comenzando por la parte superior, se procede a la medición de las distintas capas de mezcla bituminosa. Si el ángulo es superior a 5°, se coloca sobre una superficie plana y se mide sobre la vertical del plano.

El método de medición con el equipo electromagnético se basa en el principio de corrientes parásitas o Foucault (conductor que atraviesa un campo magnético variable, causando una circulación de electrones o corriente inducida dentro del conductor y creando campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado), para su medida se fija previamente un antipolo con una banda de papel de aluminio en el pavimento antes de aplicar el material de la capa a medir. La medición debe ser realizada en el punto medio del antipolo y de forma acumulativa de las capas, debiendo realizar al menos 4 mediciones. En el informe de resultados se debe incluir el espesor de cada capa y el espesor total. El espesor final es el promedio de las 4 mediciones.

UNE-EN 12697-36:2003 Método para la determinación del espesor de pavimentos bituminosos

3. Equipamiento

Aparato electromagnético, calibrado previamente a realizar la medición con anillos de calibración.

4. Puntos Críticos

No se deben emplear testigos dañados o con defectos (agrietados, rotos, etc...) que puedan influir en los resultados obtenidos, por lo que es conveniente adjuntar una fotografía del testigo medido para verificar el estado del mismo.

Los testigos, según indica la norma, no deben tener una inclinación superior a 5° respecto al eje.

Algunos materiales tienen propiedades eléctricas o magnéticas, especialmente los áridos, que se deben tener en cuenta al realizar la medición por electromagnetismo para lo cual es recomendable realizar al menos 1 ensayo de contraste con el método destructivo.

El método destructivo permite verificar el espesor una o varias capas de mezcla bituminosa en el laboratorio pudiendo comprobar visualmente el estado de cada una de las capas, pero precisa la extracción previa de los testigos. El procedimiento no destructivo, por electromagnetismo, aporta resul-

tados del espesor de capa in situ en la obra, pudiendo realizar las mediciones tras el proceso de compactación de la mezcla y obtener por tanto resultados con mayor rapidez.

La selección de las zonas de muestreo que sean representativas del lote a medir suele ser el principal inconveniente de este ensayo.

La repetibilidad que indica la norma es de 1,2 mm (N=10) y la reproducibilidad de 1,8 mm (N=22).

5. Bibliografía

- UNE-EN 12697-33 Compactación de rodillo.
- UNE-EN 12697-36. Determinación del espesor de mezclas bituminosas.

Ensayo utilizado para la determinación del espesor de una capa de mezcla bituminosa o de una probeta-testigo. El procedimiento por electromagnetismo permite comprobar en la obra el espesor de mezcla de forma rápida y sin necesidad de extraer testigos en el mismo. Al igual que en otros ensayos, es muy importante realizar una adecuada selección de las zonas de muestreo.

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

En esta sección se lista la actualización de la legislación y otras disposiciones, las normas EN que se han publicado, así como las nuevas normas que se han incluido para su revisión y que se encuentran en proyecto, para diferentes materiales relacionados con las mezclas bituminosas (áridos, ligantes bituminosos y mezclas).

En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 22 de agosto hasta el 4 de noviembre de 2019

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 13074-2 (Publicada en octubre de 2019)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Estabilización después de la recuperación por evaporación

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN 13358 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las características de destilación de los betunes fluidificados y fluxados fabricados con fundentes de origen mineral
- **PNE-prEN 13614 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE-EN 12697-30 (Publicada en octubre de 2019)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 30: Preparación de probetas mediante compactador de impactos
- **UNE-EN 12697-44 (Publicada en septiembre de 2019)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas en caliente. Parte 44: Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular
- **UNE-EN 13880-6 (Publicada en octubre de 2019)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 6: Método para la preparación de muestras de ensayo
- **UNE-EN 13880-10 (Publicada en octubre de 2019)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 10: Método de ensayo para la determinación de la adherencia y de la cohesión después del alargamiento y compresión continuados
- **UNE-EN 13880-13 (Publicada en octubre de 2019)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 13: Método de ensayo para la determinación del alargamiento discontinuo (ensayo de adherencia)

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- **PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras
- **PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **PNE-prEN 12697-1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble
- **PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- **PNE-EN 12697-3/prA1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- **PNE-EN 12697-5 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima
- **PNE-prEN 12697-6 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-8 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-11 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún.
- **PNE-prEN 12697-14 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- **PNE-prEN 12697-19 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- **PNE-prEN 12697-20 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- **PNE-prEN 12697-21 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
- **PNE-prEN 12697-22 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-prEN 12697-28 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría
- **PNE-prEN 12697-29 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-31 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de probetas mediante compactación giratoria
- **PNE-EN 12697-32 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 32: Preparación de probetas mediante compactador vibratorio
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
- **PNE-prEN 12697-34 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- **PNE-prEN 12697-39 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- **PNE-prEN 12697-40 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- **PNE-EN 12697-42 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado
- **PNE-prEN 12697-45 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12697-46 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- **PNE-FprCEN/TS 12697-50 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12697-53 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-55 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-56 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva)** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-1 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-EN 13108-31 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-EN 13285 (última publicación año 2010)** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-EN ISO 13473-1 (última publicación año 2006)** Caracterización de la textura de pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad media del perfil
- **PNE-EN 13880-7 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 7: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- **PNE-EN 13880-8 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión en carburante
- **PNE-EN 14187-5 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la resistencia a la hidrólisis
- **PNE-EN 14187-7 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la resistencia a la llama
- **PNE-EN 14187-9 (última publicación año 2007)** Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 9: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005)** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío
- **PNE 41260-1 IN (norma nueva)** Materiales para firmes de carreteras. Mezclas bituminosas. Parte 1: Utilización de cal hidratada como polvo mineral de aportación

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE 41265-1 (norma nueva)** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 1: Control térmico de mezclas bituminosas
- **PNE 41265-2 IN (norma nueva)** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146)

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 933-2 (última publicación año 1999)** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
- **PNE-prN 1097-2 (última publicación año 2010)** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-prEN 1097-8 (última publicación año 2012)** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004)** Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otra zonas pavimentadas
- **PNE-EN 16236 (Norma nueva)** Evaluación y verificación de la constancia de prestaciones (EVCP) de los áridos. Ensayo de tipo iniciales y control de producción en fábrica

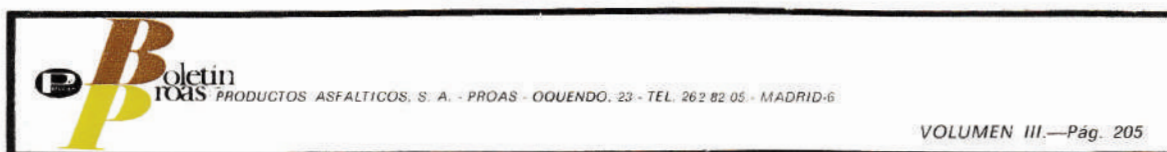
COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

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

- Para ligantes bituminosos
 - o Se ha publicado la norma para extracción del ligante residual de emulsiones por el método de estabilización después de evaporación
 - o Se ha incluido la norma EN 13614 sobre la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua en proceso de tramitación después de su revisión. Destacar que esta norma forma parte de las características esenciales requeridas a las emulsiones bituminosas
- Para mezclas bituminosas
 - o Destacar la publicación de la norma de preparación de probetas mediante compactación por impacto
 - o Se encuentra en revisión la norma para la determinación de la cantidad de materia extraña de asfalto recuperado

Mirando al pasado

Documento publicado en Septiembre -octubre de 1975.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

En repetidas ocasiones nos hemos referido en estos «Comentarios de actualidad» a la red de carreteras secundarias de nuestro país, a su gran importancia en nuestro desarrollo y economía por muchos motivos, y a la necesidad de mejorarla tanto como las circunstancias económicas lo hagan posible.

El día 1 de julio pasado tuvo lugar en Madrid una Jornada Técnica sobre las carreteras secundarias y su problemática actual, organizada por la Asociación Española de la Carretera, en la que se resumieron perfectamente los argumentos que justifican el dispensar a las carreteras secundarias una atención quizás mayor que la que hasta ahora se les ha prestado, los problemas que su administración y construcción plantean y, desgraciadamente, las limitaciones que el factor económico establece para este mejoramiento, por todos

admitido como deseable pero no siempre reliazable.

Aun siendo sabidos de todos, creemos vale la pena repetir una vez más algunos argumentos fundamentales en pro de una decidida mejora de nuestras carreteras secundarias:

1. La mejora de las carreteras secundarias puede suponer un apreciable mejoramiento de la productividad de la agricultura, mejorando las comunicaciones y facilitando los servicios que necesitan los agricultores.
 2. Desde el punto de vista del turismo exterior e interior, la mejora de las carreteras secundarias facilitaría el acceso a numerosas bellezas naturales o artísticas de nuestro país, aumentando de hecho el atractivo turístico de las zonas mejoradas.
 3. Desde el punto de vista del transporte de mercancías, hay que tener en cuenta que en un porcentaje elevadísimo de los casos, el transporte se inicia y termina en puntos servidos por carreteras secundarias, por lo que es importantísimo mejorar éstas, disminuyendo o eliminando por completo el número de casos en que son necesarios transbordos que encarecen apreciablemente los transportes.
- Afortunadamente, parece que en un futuro no muy lejano se logrará una mejora muy apreciable de nuestras vías secundarias a través de diversas actuaciones administrativas que se encuentran en preparación o en estado de ejecución más o menos avanzada.



LA CARRETERA DEL FUTURO

www.eiffageinfraestructuras.es

Noticias del sector

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

Distinciones y medallas de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Durante el año 2019 la ATC ha instaurado las denominadas Medallas de Aportación Técnica a la Carretera.

Con estas medallas se pretende reconocer la dedicación personal de los profesionales que pertenecen a los Comités de la ATC para la mejora de la movilidad en las carreteras de España, mediante sus contribuciones técnicas en materia de seguridad, calidad, eficiencia y durabilidad.

Estas medallas se entregarán anualmente e irán acompañadas de un diploma acreditativo.

En esta primera entrega se ha nombrado un nuevo Socio de Honor; dos nuevos socios de Mérito y se han entregado un total de 12 Medallas a la Aportación Técnica a la Carretera.

La Junta Directiva de la ATC ha aprobado las siguientes distinciones:

Socio de Honor: **D. Pablo Sáez Villar**

Socios de Mérito: **D. Oscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez**

D. Alfredo García García

Medallas a la Aportación Técnica a la Carretera:

- **Dña. Patricia Amo Sanz**
- **Dña. Ana Isabel Arranz Cuenca**
- **D. José del Pino Álvarez**
- **D. Ignacio del Rey Llorente**
- **D. Javier León González**
- **D. Francisco José Lucas Ochoa**
- **D. José Enrique Pardo Landrove**
- **Dña. Laura Parra Ruiz**
- **Dña. Belén Peña Sanz**
- **D. Manuel Rodríguez Sánchez**
- **D. Javier Sainz de los Terreros**
- **D. Carlos Sánchez Macías**

En el mismo acto se procedió a la presentación del nuevo logo de la ATC. Es el siguiente:



Celebrado el XXVI Congreso Mundial de la Carretera "Conectando Culturas, Fortaleciendo Economías"

El Departamento de Transporte de Abu Dabi fue seleccionado para albergar el pasado mes de octubre de 2019, la 26ª edición de este prestigioso Congreso con el lema "Conectando Culturas, Fortaleciendo Economías"; para establecer debates multilaterales como una forma innovadora de determinar nuevas ideas para un mejor entendimiento de los trabajos en el sector de las carreteras, las infraestructuras y el transporte.

El objetivo de este Congreso fue que los Ministerios, gobiernos, el sector privado, administraciones y organizaciones del sector de las carreteras y del transporte, universidades, proveedores de soluciones, expertos y profesionales de la industria de todo el planeta, compartieran conocimientos sobre las mejores técnicas, innovaciones, estrategias políticas, tendencias y desarrollos, mejores prácticas y experiencias alrededor de todo el mundo en el sector de las carreteras.

El Ministerio de Fomento del Gobierno de España, representado por la Dirección General de Carreteras, presentó en este encuentro de relevancia internacional, una detallada panorámica de la gestión y de la evolución de la Red de Carreteras del Estado desde 1970 hasta nuestros días.

El Programa del Congreso incluía Sesiones magistrales, de dirección estratégica, de

Proyectos Especiales y Sesiones Técnicas. Estas últimas sirven para compartir actividades específicas y los principales

logros de los Comités Técnicos y de los Grupos de Estudio de PIARC durante el periodo actual entre 2016 y 2019. Además, en las sesiones se debatieron temas vinculados a las últimas tecnologías y se lanzó la propuesta a seguir para el próximo periodo desde 2020 a 2023 según las estrategias debatidas durante las Sesiones de Dirección Estratégica.

También hubo sesiones de Poster, especiales y talleres.

A este importante Congreso asistieron más de 5000 delegados de todo el mundo y hubo más de 300 expositores que se dieron cita en el Abu Dhabi National Exhibition Centre (ADNEC) del pasado 6 al 10 de octubre de 2019.

La 30ª Semana de la Carretera analizó las innovaciones en pavimentación

El presidente de ASEFMA, **Juan José Potti**, intervino en calidad de moderador de la mesa redonda sobre **innovaciones en pavimentación** de la Semana de la Carretera que se celebra en Santiago de Compostela que se celebró a finales del mes de octubre. Dicha mesa estuvo formada por **Rosario Comejo**, directora técnica de la Dirección General de Carreteras del **Ministerio de Fomento** y presidenta de la **Asociación Técnica de Carreteras (ATC)**, quien realizó una Ponencia, y participaron en la mesa de debate:

- **Alberto Badesi**, director de la **Asociación Técnica de Carreteras (ATC)**,
- **Daniel Andaluz**, director gerente de la **Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB)**,
- **Breixo Gómez**, director técnico de la **Asociación Europea de Asfalto y Pavimento (EAPA)**,
- **Jesús Díaz**, director de tecnología del **Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)**.
- **José Manuel Blanco**, decano de la **Demarcación del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Extremadura**.

La mesa sobre **“innovaciones en pavimentación”** tuvo lugar el pasado día 30 de octubre en Palacio de Congresos y Exposiciones de Santiago de Compostela, que acogió esta trigésima edición de la Semana de la Carretera y en la que se contó con la presencia de casi medio millar de expertos de toda España. Un debate que pudo seguirse online desde la plataforma del instituto técnico ITAFEC (www.itapec.com), entidad encargada de la emisión del stre-

aming.

ASEFMA, entidad colaboradora del evento, también estuvo presente en la sesión inaugural, presidida por **Alberto Núñez Feijóo**, presidente de la **Xunta de Galicia**, a quien le acompañaron el alcalde de **Santiago de Compostela**, **Xosé Sánchez**, el presidente de la **Asociación Española de la Carretera**, **Juan Francisco Lazcano**, el presidente de **ACEX**, **Luis Fernández**, el presidente de **ASEFMA**, **Juan José Potti** y la presidenta de la **ATC**, **Rosario Comejo**.

ASEFMA suscribe un acuerdo con AENOR para impulsar la formación y conocimiento de las normas en el sector del asfalto

Los socios de ASEFMA ya pueden disfrutar de un descuento del 20% en la compra de normas UNE. Estas normas técnicas (estándares) establecen un nivel de base en aspectos de calidad y seguridad de los productos y servicios, gozando de reconocimiento institucional para el establecimiento de acuerdos internacionales, que ayudan a las empresas a afrontar los retos vinculados a la digitalización y contribuyen a generar valor en el marco de la responsabilidad social corporativa.

Este mismo descuento del 20% se aplicará en los cursos presenciales y online que imparte AENOR Formación. Las soluciones formativas de las que se beneficiarán los miembros de ASEFMA incluyen más de 160 cursos de áreas como gestión de riesgos, gestión administrativa y legal, gestión de la calidad, gestión ambiental, gestión de la energía, economía circular, seguridad y salud en el trabajo, normalización e I+D+i, entre otras.

Para acceder a los beneficios contemplados en el acuerdo suscrito: los socios deben registrarse en el área privada de la web de ASEFMA y desde allí acceder a la pasarela habilitada hacia la plataforma online de AENOR.

La X Jornada de ensayos de ASEFMA desarrollará un taller práctico sobre diseño de mezclas bituminosas

La capital madrileña acogerá el próximo 12 de marzo 2020 la **décima edición** de la **Jornada de caracterización de mezclas bituminosas**, un evento de referencia nacional que

está considerado como el principal escaparate de los trabajos científicos realizados en España en el campo de la **experimentación con mezclas asfálticas** relacionadas con metodologías de evaluación de mezclas bituminosas y pavimentos asfálticos. En esta ocasión, se ampliará el programa que habitualmente se venía desarrollando en horario de mañana para ofrecer durante la tarde un **seminario práctico sobre diseño de pavimentos**.

Expertos, académicos, técnicos y personal de la Administración encontrarán sesiones teóricas dedicadas a ensayos de mezclas asfálticas, conclusiones de los trabajos desarrollados por ALEAS y la presentación de comunicaciones libres no expuestas durante la XIV Jornada de ASEFMA. Por la tarde, se realizará un taller práctico sobre diseño de mezclas y pavimentos basado en la monografía número 19 de ASEFMA sobre metodología de diseño de mezclas bituminosas y la Guía de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico.

Los socios de LIFE SOUNDLESS anuncian la jornada final del proyecto

El antiguo convento Santa María de los Reyes, situado en la calle Santiago número 33 de Sevilla, acogió el pasado 17 de octubre un seminario informativo sobre nueva generación de aglomerados asfálticos con materiales de altas prestaciones acústicas y durabilidad. Unas jornadas que ponen el punto y final al proyecto LIFE SOUNDLESS, seleccionado por la Comisión Europea en la convocatoria del año 2014 y que pertenecía al Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima.

Durante el evento se explicaron los resultados obtenidos durante el proyecto que estaba destinado a diseñar mezclas bituminosas con adición de diferentes residuos que sean capaces de reducir la contaminación acústica en origen. También se abordaron experiencias similares en monitorización y caracterización acústica de firmes de carretera, presentadas en el marco normativo de los residuos en la economía circular y se finalizó con la exposición sobre la problemática del ruido de tráfico en las ciudades.

ASEFMA lanza sus nuevos estudios monográficos sobre mezclas asfálticas

Los ocho últimos estudios monográficos promovidos por ASEFMA vinculados a la fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas están disponibles en formato impreso y en versión digitalizada en soporte DVD. Con estos nuevos volúmenes, la entidad que agrupa los fabricantes de asfalto españoles y lidera la promoción de la I+D en el sector completa una colección de veinte monografías técnicas de alto valor para cuantos trabajan en el sector del asfalto y la pavimentación.

El resultado de las investigaciones desarrolladas por los grupos de trabajo de ASEFMA en formato monográfico ha sido presentado en el XXVI Congreso Mundial de la Carretera que se ha celebrado en Abu Dabi el pasado mes de octubre de 2019 bajo el lema "Acercando culturas, fortaleciendo economías". Dicha presentación ha tenido lugar en el stand de ASEFMA ubicado en el área de exposiciones del evento.

España ha presentado a Europa su experiencia en técnicas de reciclado y uso de ligantes con rejuvenecedores

El coordinador del GT-6 de ASEFMA participó el pasado 11 de septiembre en el seminario internacional sobre rejuvenecedores de mezclas que celebró EAPA en Padua, Italia. Allí puso de manifiesto que "España acumula más de 30 años de experiencia en las técnicas de reciclado y en el uso de ligantes con rejuvenecedores" y explicó la trayectoria española en la materia y los avances en esta línea. Dicha intervención tuvo lugar durante la segunda sesión técnica donde también intervino Edvards Pavloskis, de la empresa letona Binders; Xavier Carbonneau, de la federación francesa Routes de France; Henrik Arnerdal, de la Administración de Transporte (Traffikverket) de Suecia; y Rob Hofman, de la Dirección General de Obras Públicas y Gestión del Agua (Rijkswaterstaat) de los Países Bajos.

Varias fueron las ideas que dejó patentes José Luis Peña en las que hizo ver que "el asfalto contribuye plenamente a alcanzar los objetivos europeos de sostenibilidad y economía circular; ya que al final de su vida útil puede ser reutilizado al 100% para construir nuevas carreteras", como insiste

EAPA. "Las tecnologías actuales permiten la construcción de nuevas carreteras con un contenido de asfalto reciclado de hasta 90% en mezclas templadas y calientes y hasta el 100% en reciclaje en frío", algo que se manifestó desde la Asociación Europea del Asfalto y Pavimento, de la que también es parte ASEFMA. Uno de los mayores hitos tecnológicos para lograrlo ha sido el uso de rejuvenecedores que permiten restaurar la flexibilidad, resistencia a la rotura y propiedades reológicas de la mezcla, utilizando grandes cantidades de asfalto recuperado.

Según José Luis, "tan importante como la selección del ligante rejuvenecedor es el procedimiento de fabricación que garantice un correcto mezclado", algo que dejó claro durante toda su exposición acerca de la experiencia española en el reciclado de pavimentos asfálticos. En esta línea, EAPA publicó en 2018 un documento que recogía los conocimientos y experiencias de diferentes países en el uso de rejuvenecedores en el reciclado de mezclas bituminosas.

ATEB lanza en su página web la herramienta TRACC

Después de finalizar la fase piloto de lanzamiento, la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) pone a disposición del sector la herramienta TRACC, acrónimo en francés de Técnicas de conservación y construcción de carreteras adaptadas al cambio climático. Se puede acceder a la misma gratuitamente en la home de <http://ateb.es/>

Esta guía, fue desarrollada en el marco del proyecto del suroeste europeo "TRACC", cuyo objetivo fue promover el uso de técnicas de construcción y conservación de carreteras adaptadas al cambio climático. Ideada como herramienta informática, permite a los usuarios, en función de su perfil, necesidades y objetivos, acompañarle en la elección de un determinado número de técnicas TRACC. Dispone de una base de datos de más de 100 técnicas TRACC que se aplican en el territorio de tres países del suroeste europeo como son Francia, España y Portugal.

Al finalizar el pilotaje con la herramienta, se incluye una encuesta de satisfacción que se solicita cumplimentar con el fin de poder mejorar la herramienta en futuras revisiones.

ASEFMA acude a la entrega de los Premios Potencia 2019

Madrid acogió el pasado 7 de noviembre la XIII Edición de los Premios Potencia 2019. Un acto en el que el Grupo TPI vuelve a galardonar a la maquinaria y equipamiento para la construcción y a los proyectos de infraestructuras y más destacados en su incesante labor por reconocer la labor de los agentes involucrados en la industria de la obra pública. En esta ocasión, la organización ha querido incluir nuevas categorías que tratan de responder a las tendencias actuales del sector y la simplificación de las tradicionales categorías por tipología de maquinaria. Sin duda, una velada agradable en la que no faltó ASEFMA.



Representación de ASEFMA en los Premios Potencia 2019

Calendario de eventos

AÑO 2019

25-29 de Noviembre ACEX	2019, Feria Carretera y Nieve	Ezcaray-La Rioja www.acex.eu
25-29 de Noviembre AMAAC	XXCILA; #XXCILA2019	Guadalajara (México) www.amaac.org.mx
26-27 de Noviembre EAPA	Conference Asphalt Pavements 2019	República Checa www.eapa.org
27-29 de Noviembre EAPA	Colloquium Asphalt, Bitumen and Pavements	Slovenia www.eapa.org

AÑO 2020

12-16 de enero PIARC	99 Reunión Anual TRB	Washington, DC (EUA) www.piarc.org
20-23 de enero ISSA	2020 Slurry Systems Workshop	Las Vegas (EUA) www.slurry.org
2-5 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Hawaii (EUA) www.eapa.org
17-21 de febrero AEMA-ARRA-ISSA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Texas (EUA) AEMA-ARRA-ARRA
12 de marzo ASEFMA	X Jornada de Ensayos de ASEFMA	Madrid (España) www.asefma.es
12-14 de mayo EUROBITUMEN-EAPA	The 7 th Eurasphalt & Eurobitume Congress	Madrid (España) www.eapa.org
12-16 de junio	TRB 99th Annual Meeting TRB	Washington DC(EUA) www.trb.org
4-6 de noviembre AEMA	International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia (EUA) www.aema.org/

AÑO 2021

7-10 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Orlando, DC (EUA) www.eapa.org
17-21 de febrero AEMA-ARRA-ISSA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	San Antonio-Texas-(EUA) www.aema.org
21-23 de febrero AEMA-ARRA-ARRA	2020 International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia-(EUA) www.aema.org

AÑO 2022

23-26 de enero NAPA	2022 NAPA Annual Meeting	The Phoenician (EUA) www.eapa.org
------------------------	--------------------------	--



ADVANTAGE 05: Safe for racing #AsphaltAdvantages

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO ➡

DICIEMBRE 2019



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	24/31	25	26	27	28	29

#CalendarioAsefma

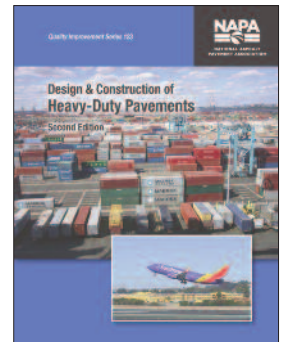
CALENDARIO 2019

¿Qué nos ahorra
una buena conservación
de los firmes de carretera?

Lecturas recomendadas

Publicación “Design & Construction of Heavy-Duty Pavements. 2nd edition”. NAPA. 2019. 74 p.p.

Aquellos pavimentos en los que el número o la intensidad de las cargas, estáticas o dinámicas, excede los criterios de diseño habituales requieren procedimientos específicos de dimensionamiento y caracterización. En 2002 NAPA publicó la primera edición de la guía “Design & Construction of Heavy-Duty Pavements.” y en 2019 ha vuelto a publicar una nueva edición. A pesar de que la metodología y factores utilizados son propios de los usos de EE.UU, gran parte de la información sí que puede ser útil para los técnicos que deban abordar el diseño de un pavimento adecuado para dichas funcionalidades.



<https://store.asphaltpavement.org/index.php?productID=777>

Publicación “Proposed Performance-Prediction Equations and Threshold Triggers for Thin-Overlay Treatments Using the Long-Term Pavement Performance Database”. FHWA. 2018. 36 p.p.



El equipo de investigación que ha elaborado el estudio propone una metodología que analiza los datos de la encuesta sobre el estado de los pavimentos para determinar el momento óptimo para aplicar una capa delgada para lograr el objetivo de extender la vida útil del pavimento. Diferentes zonas climáticas, niveles de tráfico y condiciones de pavimento existentes fueron considerados, investigando la eficacia de los tratamientos con capas delgadas.

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar correlaciones y/o parámetros en la carretera para determinar el momento más apropiado para aplicar los tratamientos de capa fina basados en el estado del pavimento existente.

Los resultados demostraron que el umbral de actuación se basa en el agrietamiento longitudinal en la trayectoria de las ruedas y la gravedad de la formación de roderas se puede utilizar para seleccionar el momento más apropiado para aplicar una capa delgada

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/ltp/17111/index.cfm>

Publicación “NCAT Report 16-04. Phase V (2012-2014) NCAT TEST TRACK FINDINGS”. NCAT. 2018. 223 p.p.

La pista de pruebas del Centro Nacional de Tecnología de Asfalto (NCAT) ha sido un proyecto exitoso durante los últimos 15 años. La pista de prueba ovalada de 1.7 millas es una pista de ensayos acelerados única, ya que combina la construcción de pavimentos a escala real con la alta velocidad y el uso de tráfico pesado para el análisis detallado de pavimentos asfálticos a escala real.



Vista aérea de la pista de ensayo del NCAT

Hay 46 secciones de prueba diferentes en la pista. Cada sección tiene una longitud nominal de 200 pies. En algunos casos, una sección de prueba puede dividirse en dos subsecciones. Veintiséis secciones están localizadas en los dos tramos rectos de la vía, y 10 tramos en cada una de las dos curvas.

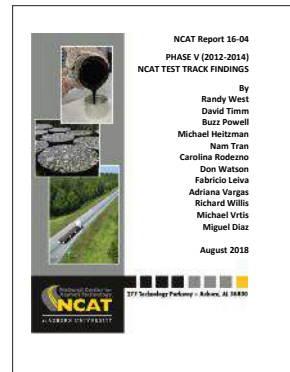
Las secciones de prueba están patrocinadas en ciclos de tres años. Cada ciclo consta de tres partes principales. En la primera parte de cada ciclo comienza con la construcción o sustitución de las secciones de prueba, lo que normalmente lleva unos seis meses. La segunda parte de cada ciclo incluye el tráfico de las secciones de prueba, la recolección de datos de rendimiento de campo y de respuesta del pavimento, y pruebas de laboratorio de los materiales producidos y muestreados durante la construcción.

El tráfico se realiza con una flota de vehículos pesados que proporcionan aproximadamente 10 millones de ejes equivalentes (ESAL'S) de 18.000 en un período de dos años.

La parte final del ciclo se centra en el análisis forense de las secciones dañadas para determinar los factores que pueden haber contribuido a la aparición de los fallos.

Este informe resume las principales conclusiones de los ciclos anteriores y documenta los experimentos, y las conclusiones del quinto ciclo de pruebas realizadas entre 2012 y 2014.

<https://eng.auburn.edu/research/centers/ncat/files/technical-reports/rep16-04.pdf>



I+D+i. Proyecto PAV-DT “Real-time pavement inspection”

<https://www.pav-dt.eu/>



El IRI está siendo utilizado por numerosas administraciones de carreteras como un indicador del grado de deterioro del firme y no tan solo como un indicador de la calidad de servicio relacionado con la seguridad y el confort.

Su medida y registro implicaba hasta hace poco la necesidad de medios técnicos relativamente complejos, especialmente para correlacionar con precisión las zonas auscultadas y las mediciones.

El desarrollo y popularización de la tecnología de geolocalización ha permitido simplificar y mejorar este tipo de actuaciones por lo que ahora se puede disponer de mapas de alta precisión con información de los firmes y otros elementos que configuran las carreteras.

Para las administraciones de carreteras locales el disponer de datos de IRI podía considerarse un lujo asociado a la red de alta intensidad de tráfico sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías permite ahora realizar mediciones de IRI utilizando los propios vehículos de servicio de las administraciones públicas o de las empresas concesionarias de la conservación integral.

El proyecto PAV-DT, en el que participan Becsa, Applus, Microsensors, Minds&Sparks y la Universidad Politécnica de Valencia, ha desarrollado un conjunto de tecnologías que permitirán a las administraciones de carreteras disponer de información relativa al IRI para los sistemas de gestión de firmes. La información puede ser, incluso, más detallada ya que no solo facilita promedios, como es lo propio del IRI, sino que puede localizar fallos puntuales con alta precisión lo que facilita la toma de decisión para el mantenimiento de los firmes, pudiendo ser gestionada toda la información desde una plataforma albergada en la nube.

El proyecto PAV-DT se presentó en el evento Innovacara 2019 siendo galardonado con el premio al mejor demostrador tecnológico.



Entrega del premio al mejor demostrador en Innovacarretera 2019



Vehículo sobre el que se ha montado el equipo PAV-DT

EL GRAN ESPECTÁCULO DE LAS VEGAS

NO SE LO
PUEDE
PERDER



LA MAYOR FERIA DE LA
CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA
CONEXPOCONAGG.COM

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



Garantía en firme

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

Use nuestra energía y ¡manos a la obra!

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

galp.es

galp  energía crea energía