

ASFALTO

y pavimentación

Número 23 · Volumen VI · Cuarto trimestre · 2016

número **23**





CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

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

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 337 60 00** o en **cepsa.com/asfaltos**



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.



Número 23 · Volumen VI
Cuarto trimestre · 2016

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

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

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

José Carlos Cámara

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

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

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189
Depósito Legal: M21967-2011

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

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

Sumario

Número 23 · Volumen VI · Cuarto trimestre · 2016

Editorial

A quien corresponda. Reflexiones sobre el futuro
de las carreteras

05

Tribuna

José Antonio Soto

07

Emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua en varias secciones de firme utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

Alberto Moral Quiza, Luis Couceiro Martínez,
Ángel Sampedro Rodríguez

09

La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático. Repercusión en las mezclas asfálticas

Juan José Campos López

19

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

Andrés Costa

29

Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles

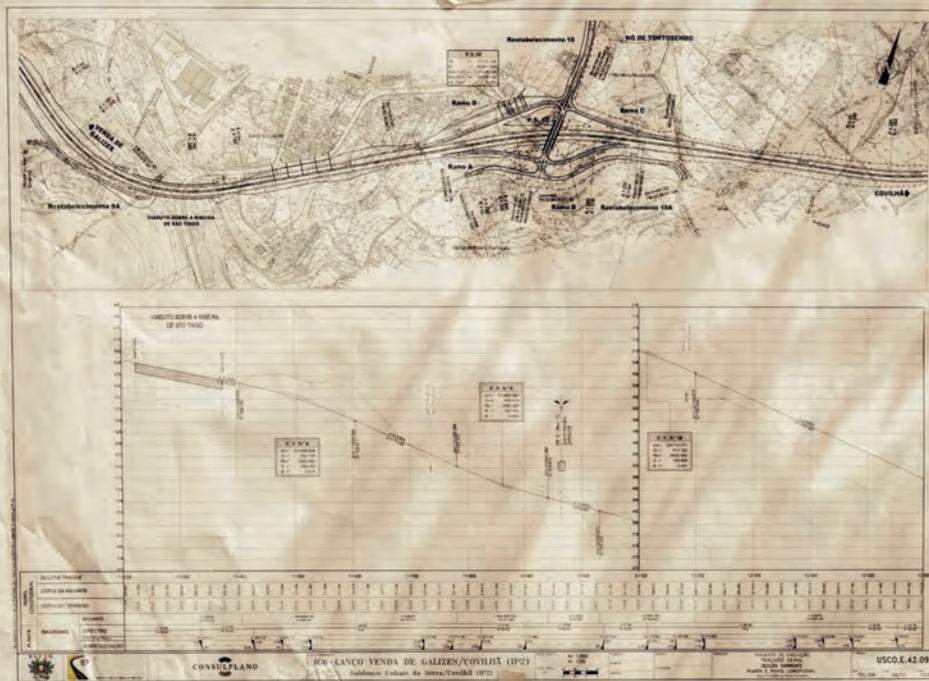
José Ramón Marcobal Barranco

37

Secciones fijas

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

39



1/4 de obra es obra nuestra

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

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



A quien corresponda. Reflexiones sobre el futuro de las carreteras

El impulso a la reactivación económica por parte de las administraciones públicas es un elemento clave para poder salir de la severa crisis económica, que España ha sufrido de una forma especialmente aguda. Sin embargo, cuando desde algunos sectores económicos se solicita una mayor inversión en infraestructuras la opinión pública es muy escéptica sobre la rentabilidad global de dichas inversiones. Ha llegado el momento de demostrar el valor que aporta a los ciudadanos la construcción y, muy especialmente, la conservación y la rehabilitación de la red de carreteras que todos utilizamos en nuestro día a día. Uno de los primeros pasos, que no excluye la necesidad de mayores inversiones en el mantenimiento de las carreteras, puede darse en la forma en la que las licitaciones se están llevando a cabo.

Si hubiese que hacer una lista de requisitos que debieran cumplir esas licitaciones algunos de sus principales elementos serían: agilidad, transparencia, capacidad de identificar las propuestas que aporten mayor “valor” a los ciudadanos, apoyo efectivo a la innovación e inclusión de criterios de sostenibilidad. Los dos últimos elementos son también esenciales al evaluar la “creación de valor”, pero por desgracia casi nunca se tienen en cuenta o se consideran con escasa convicción.

La Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública apoya de forma inequívoca el concepto “value for money”, que en español se devalúa al traducirse a menudo de manera simplista como “relación calidad-precio” o “rentabilidad”. Esperemos que la aún pendiente trasposición de la Directiva al ordenamiento jurídico español genere un cambio sustantivo en la forma en que son llevadas a cabo las licitaciones en el sector de la carretera. La inclusión y valoración de criterios relacionados con la innovación y la sostenibilidad (“compra pública verde”) pueden ser un revulsivo que permita a las empresas que invierten en estos dos aspectos ver recompensados sus esfuerzos y, simultáneamente, las administraciones recibir productos y servicios con el mayor valor añadido posible.

Centrándonos en el campo de la pavimentación asfáltica, dos son los aspectos en los que se puede empezar a aplicar la filosofía del “value for money”. Mientras las prescripciones vigentes incluyen criterios técnicos muy básicos a la hora de definir las calidades mínimas de las mezclas asfálticas, en el sector se dispone de métodos de ensayo que permiten definir sus características fundamentales y cuantificarlas. Además, esta concreción de las propiedades se puede hacer mediante documentación estandarizada, como las declaraciones de prestaciones del mercado CE. Las administraciones públicas deberían empezar a valorar las ofertas que incluyesen requisitos técnicos superiores a los mínimos establecidos en las prescripciones, persiguiendo de forma muy especial la mayor durabilidad de las obras. Bien es cierto que incluir nuevos criterios exigirá un consenso sectorial, pero la tecnología disponible ofrece las bases para dicho consenso. De esta manera tal vez se pueda romper lo que es un círculo vicioso: “calidad mínima por un precio mínimo”.

El segundo aspecto en el que hay mucho terreno para avanzar es el del uso de la “compra pública verde”. Uno de los problemas crónicos de las evaluaciones ambientales ha sido la falta de criterios objetivos que permitan a las administraciones valorar de forma neutra las propuestas recibidas. Sin embargo, la reciente publicación de reglas de categoría de producto por parte de NAPA (National Asphalt Pavement Association) en EEUU o el también reciente documento de EAPA (European Asphalt Pavement Association), que va a ser trasladado al Comité Europeo de Normalización, son ejemplos de cómo se pueden sentar las bases para que las empresas elaboren declaraciones ambientales de producto que puedan ser correctamente valoradas entre los criterios técnicos de las licitaciones.

En definitiva, hay que empezar ya mismo a poner los cimientos de una nueva forma de entender las relaciones contractuales entre las administraciones de carreteras y el mercado. Sin duda es una senda con un prometedor futuro, ya que se basa en la consecución de beneficios mutuos.



Colección de Monografías, en papel, de Asefma

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

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

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

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

MONOGRAFÍAS ASEFMA

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

También disponibles en formato DVD

Qué esperan los ciudadanos de las carreteras



José Antonio Soto
Vocal de la revista
Asfalto y Pavimentación

El objetivo de esta tribuna no es incidir en aspectos técnicos sobre cómo está construida una carretera ni con qué productos. Estos temas se los reservamos a los expertos, por lo que nos centraremos en aquello que a un 'ciudadano de a pie', usuario de esas carreteras por las que circula normalmente alguna vez cada cierto tiempo, le afecta directamente, como es el confort y la seguridad.

Cuando se inaugura una carretera, o una antigua se mejora sustancialmente en su trazado y en su pavimento, a los automovilistas, futuros usuarios de la misma, nos hace una gran ilusión circular cuanto antes por ella, por hacer ese recorrido en el que antes tardábamos cuatro veces más de tiempo de lo que vamos a tardar ahora, para comprobar si realmente la sonoridad es tan baja como han dicho y que el primer día de lluvia no nos salpica el coche de delante. En fin, por comprobar que nuestros impuestos han sido bien empleados.

Y efectivamente, es tal y como nos lo imaginábamos: recorrido seguro, bien señalizado, bandas sonoras que nos avisan de una zona peligrosa, señalización horizontal y vertical reflectante por la noche y sin baches... todo un lujo. ¡Ah! Y con un coste de un 50% inferior al presupuestado por la administración.

(Cinco años después)

Han pasado cinco años desde que nuestra carretera fue inaugurada, hace dos que nuestro ciudadano cambió de coche y continua circulando por la misma vía. Sin embargo, algo ha cambiado. La primera señal de ese cambio la notó el

primer día de lluvia, a la vuelta de vacaciones después de un seco verano. El agua ya no se filtraba de la superficie de la carretera como antes; las salpicaduras de los coches recordaban a las de la antigua; había charcos en las zonas bajas del pavimento, por lo que era necesario agarrar fuerte el volante para no salir de la trayectoria. En fin, se había perdido esa conducción segura.

No sólo fue esa situación la que hizo pensar al usuario que su carretera no estaba como antes. Por la noche, a pesar de conocer bien el tramo por el que circulaba, estuvo a punto de saltarse una desviación, ya que el cartel indicador de la salida no lo vio hasta unos cincuenta metros antes. Había perdido su reflectancia. A partir de ahora tendría que ir mucho más atento, pues ya no era tan fácil la conducción ni tan relajada, era menos segura.

Y poco a poco fueron apareciendo otros problemas a partir de los primeros días del invierno: pequeñas grietas en la superficie que enseguida se convirtieron en una especie de malla rota, que daba lugar a algún desprendimiento y terminó por degenerar en un bache, haciendo la conducción menos confortable.

Las frenadas ya no eran tan seguras. Parecía como si el pavimento tuviera menos agarre y, de la noche a la mañana, aparecieron nuevas señales como 'pavimento deslizante', 'tramo de concentración de accidentes', 'recomendación y/o limitación de velocidad'...

A partir de estos hechos empieza a surgir una serie de preguntas y algunas posibles respuestas de los usuarios que ven cómo, en cortos periodos de tiempo, esa carretera, *su carretera*, se va transformando de nuevo en aquella otra, ya olvidada, que se reparó hace algo más de cinco años.

Ante esta situación, las preguntas que le se le ocurren al sufrido usuario podrían ser: ¿por qué el pavimento dura tan poco tiempo en su estado inicial?; ¿por qué la administración, tan diligente para inaugurar, es tan lenta para conservar?; ¿por qué esta obra se adjudicó a una empresa que se comprometió a realizarla con un 50% de rebaja sobre el presupuesto calculado por los ingenieros de la administración?

Qué esperan los ciudadanos de las carreteras

Ante esto surge otra pregunta ¿qué ingenieros se han equivocado? o ¿es posible hacer bien una obra con esa bajada en la subasta?, creo que se llama así a la puja por precio más bajo. Lo barato siempre sale caro.

¿Es que en este país nadie valora la calidad de lo bien hecho? Estoy seguro de que, en el sector de construcción de carreteras, habrá, como en todos los sectores, empresas que invierten más en investigación que otras y disponen de mejores especialistas, que, en resumen, son más de fiar a la hora de hacer una obra. Por eso, la administración deberá controlar más los trabajos realizados por según qué empresas para evitar desaguados a corto plazo.

Ante todas estas dudas, al usuario de a pie, o mejor dicho de vehículo, no le queda otra cosa que... no sé qué le queda, quizás enfadarse, pero ¿contra quién?

Si alguien ve solución a estos problemas y sabe contestar a esas preguntas, por favor, le ruego que lo diga por la seguridad de todos, por el buen estado de nuestras carreteras y, por supuesto, por lo que nos corresponde pagar de nuestros bolsillos.

#50

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas que combinan técnicas de baja temperatura y de reciclado permiten una mayor reutilización de RAP, consiguiendo grandes ahorros de energía y de recursos y gran reducción de emisiones” (Art. Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún, número 21)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua en varias secciones de firme utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

Alberto Moral Quiza, albmor@cartif.es

CARTIF Centro Tecnológico

Luis Couceiro Martínez, lmartcou@uax.es

Ángel Sampedro Rodríguez, sampedro@uax.es

Universidad Alfonso X el Sabio

Las secciones de firme son una parte vital dentro del sistema global denominado “carretera”. En el presente trabajo se ha realizado un estudio del impacto ambiental de varias secciones de categoría de tráfico T00 a T2, utilizando como indicadores ambientales las emisiones de gases de efecto invernadero (kg CO₂e) y el consumo de agua (m³ agua). Dicho estudio se ha llevado a cabo utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida (ACV), considerando un enfoque “cradle to construction”, es decir, incluyendo todos los impactos asociados a la sección desde la extracción de materias primas constituyentes hasta la puesta en obra de la sección.

Este estudio ha permitido determinar los principales impactos ambientales de las secciones, ofreciendo la oportunidad de valorar nuevas estrategias de mejora en dichos impactos.

Palabras clave: Sección de firme, Análisis del Ciclo de Vida, emisiones de CO₂, consumo de agua

Pavement sections are an important part of a whole system called “road”. This study has developed an environmental assessment of several pavement sections from different traffic categories (T00 to T2), using the emissions of greenhouse gases and water consumption as environmental indicators. The environmental tool Life Cycle Assessment (LCA) has been used for developing this study, considering a “cradle to construction” approach, from the raw materials of the section to the construction works that ends with the section ready to be used by the vehicles.

The key environmental impacts have been detected, offering the possibility to focus efforts on diminish the global impact of the pavement section acting on the higher environmental impact life cycle stages and pavement structural parts.

Keywords: Pavement section, Life Cycle Assessment, CO₂ emissions, water consumption

Emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua en varias secciones de firme utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

1. Introducción

Se define como firme a un conjunto de capas superpuestas horizontalmente, compuestas por distintos tipos de materiales, bien sueltos (granulares) o bien aglomerados por algún tipo de conglomerante o ligante, capaz de soportar adecuadamente las cargas del tráfico y proteger al resto de la infraestructura viaria.

La Normativa Española prescribe las características de las secciones de firme de acuerdo a la Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1 IC "Secciones de firme", de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003) [BOE 2003]; y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3, de acuerdo a su última actualización mediante Orden FOM/2523/2014 de 12 de enero de 2014 [BOE 2015].

La importancia de este elemento estructural hace imprescindible la caracterización ambiental de las secciones de firmes a lo largo de su ciclo de vida y en base a distintos indicadores ambientales.

Aunque ya han sido realizados varios trabajos en torno a la caracterización ambiental de varios elementos componentes de la carretera, el presente trabajo se centra en la evaluación de la sección del firme en su conjunto, determinando los impactos ambientales asociados por etapa del ciclo de vida y por elemento estructural de la sección.

El presente artículo se basa en parte del trabajo realizado por uno de los autores en el marco de su tesis doctoral "La herramienta ambiental análisis del ciclo de vida en el estudio de secciones de firme. Evaluación ambiental de varias secciones de firme de categoría de tráfico T00 a T2 conforme a la Norma 6.1-IC" [Moral, A. 2016], desarrollada bajo la supervisión de los otros autores y presentada en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Alfonso X el Sabio (UAX).

2. La herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

Las Normas ISO 14040 [UNE EN ISO 14040, 2006] e ISO 14044 [UNE EN ISO 14044, 2006] establecen que el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es "una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto mediante: la compilación de un inventario de en-

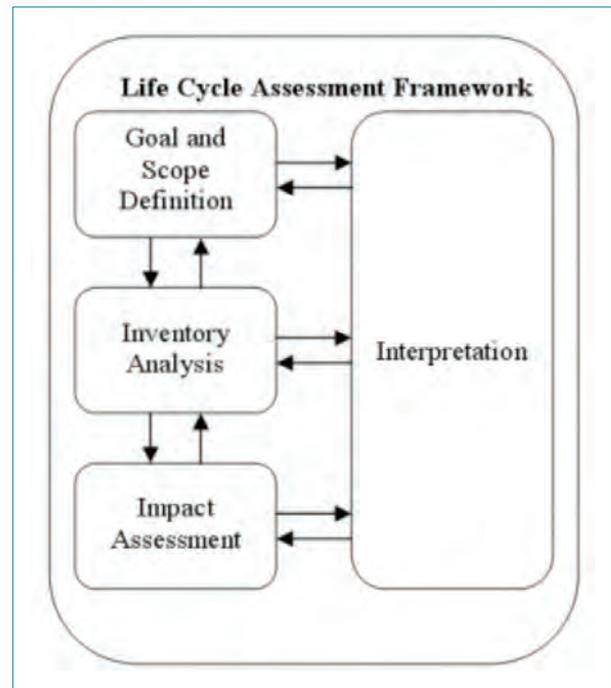


Figura 1. Etapas del Análisis del Ciclo de Vida (ISO 14040).

tradas y salidas del sistema, la evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados a estas entradas y salidas, y la interpretación de los resultados de las fases de inventario y de impacto con relación a los objetivos del estudio".

De acuerdo a la norma, el ACV consta de cuatro etapas bien diferenciadas:

Definición de objetivo y alcance

Esta primera etapa debe dar respuesta a una serie de cuestiones que determinarán la naturaleza del ACV y que constituyen el objetivo, tales como las razones que llevan a realizar el estudio, el público previsto y público objetivo o la aplicación prevista.

Por otro lado, dentro del alcance del ACV, se define una serie de criterios que marcarán el curso del ACV. Se debe proporcionar información del producto que se va a estudiar, la función del mismo, cuáles son los límites del sistema y cuál va a ser la unidad funcional de estudio o cómo se asignarán las cargas ambientales.

También debe especificarse qué categorías de impacto y metodología van a ser usadas, el tipo de datos que se van a utilizar y cuál es la calidad de los mismos, o cuáles son las limitaciones e hipótesis que se llevarán a cabo.

Cobra especial importancia el término Unidad Funcional (UF). Este queda definido como el desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia a la cual se relacionan las entradas y salidas.

En contra de lo que pudiera parecer, esta es la fase fundamental, pues de ella depende todo lo demás, incluyendo el rigor y la validez del análisis realizado.

Análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV)

En esta etapa se recopilan los datos y procedimientos de cálculo que darán lugar a la cuantificación de las entradas y salidas del sistema.

Dentro de los datos recopilados, se puede hacer referencia a entradas de energía, materias primas u otro tipo de entradas, generación de productos, co-productos, subproductos o residuos, emisiones al aire, suelo y agua.

Estos datos deberán ser validados y perfectamente documentados, determinando su origen y fecha de adquisición, para garantizar la trazabilidad de los mismos. Todos los cálculos necesarios para su vinculación a la unidad funcional deberán también estar justificados.

En esta etapa deben también quedar claras las reglas de asignación. Estas reglas se encargan de vincular los impactos a un sistema determinado, así como de determinar los criterios elegidos para dicha asignación.

Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La tercera etapa del ACV se encarga de determinar la cuantía del impacto asociado a los datos recopilados en la fase de inventario del ciclo de vida. Los datos de inventario quedarán relacionados con las categorías de impacto seleccionadas en el estudio y con sus correspondientes indicadores.

Por lo tanto, la secuencia que la norma exige para esta etapa incluye la selección de categorías de impacto y modelos de caracterización, la asignación de los resultados del ICV y el correspondiente cálculo de resultados de indicador de categoría. Estos pasos terminan en los resultados del indicador de categoría y los correspondientes resultados de la evaluación del impacto del ciclo de vida.

Interpretación del Ciclo de Vida

En esta fase se extraen todos los resultados derivados de las dos etapas anteriores, en la línea de los objetivos y alcance del estudio, y que puedan proporcionar conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones en lo relativo a estrategia de producto.

3. Secciones de firme objeto de evaluación. Ámbito de estudio

El objetivo de este estudio ha sido la evaluación ambiental de 10 secciones de firme incluidas en la norma 6.1 IC, quedando excluidos los pavimentos rígidos, y abarcando secciones dentro de las categorías de tráfico T00, T0, T1 y T2.

La unidad funcional seleccionada ha sido el m² de sección de firme. Y los límites del sistema que se establecen coinciden con el enfoque de la cuna a la construcción (*cradle to construction*), quedando por tanto incluidas las siguientes etapas:

- Extracción de materias primas
- Transporte de materias primas
- Procesos de fabricación
- Distribución hasta la obra
- Puesta en obra

Pese a que el ciclo de vida debería incluir las etapas de mantenimiento y fin de vida de las secciones de firme, estas dos etapas han sido eliminadas del alcance del estudio. El principal motivo ha sido debido a la incertidumbre asociada a las mismas. El mantenimiento de una sección de firme está condicionado por muchos factores imponderables para los autores (diseño de la sección, adecuación de la sección al tráfico real, presupuesto disponible para conservación de infraestructuras, etc.); mientras que el fin de vida de las secciones también es confuso en el sentido en que las secciones se perpetúan a lo largo del tiempo mediante sucesivos refuerzos y operaciones de conservación de menor o mayor intensidad. Debido a este motivo, los esfuerzos de los autores se han centrado en un estudio parcial del sistema, con el citado enfoque "*cradle to construction*", pero con una mayor robustez y fidelidad de la realidad.

Con respecto a las secciones de firme evaluadas desde el punto de vista estructural, los elementos que quedan incluidos en el estudio han sido:

Emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua en varias secciones de firme utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

- Capa sub-base: zahorra artificial, suelo-cemento y grava-cemento
- Riego entre capa sub-base y capa base
- Capa base: mezcla bituminosa (incluidos riegos entre diferentes tongadas)
- Riego entre capa de base y capa intermedia
- Capa intermedia: mezcla bituminosa (incluidos riegos entre capa intermedia y capa de rodadura)
- Riego entre capa intermedia y capa de rodadura
- Capa de rodadura: mezcla bituminosa

Las secciones de firme que han sido evaluadas han sido, en función de la categoría de tráfico:

- T00: 0031, 0032 y 0033
- T0: 031, 032 y 033
- T1: 131 y 132
- T2: 231 y 232

Tal y como se aprecia, todas las secciones seleccionadas están apoyadas sobre explanada tipo 3, debido a que es la única explanada que soporta las cuatro categorías de tráfico seleccionadas, y porque se considera que proporciona igualdad de condiciones de partida a las secciones estudiadas.

En la Figura 2 se observa el diseño estructural de las 10 secciones de firme objeto de estudio.

La capa base seleccionada ha sido una mezcla AC 22 35/50 BASE G para las secciones 0031, 0032, 031 y 131, mientras que el resto de secciones incluye una mezcla tipo AC 32 35/50 BASE G. Para la capa intermedia se ha considerado una mezcla tipo AC 22 35/50 BIN S, mientras que la capa de rodadura en todos los casos ha sido una BBTM 11B 45/80 -65.

Los indicadores ambientales seleccionados para expresar los resultados ambientales de este estudio han sido:

- las emisiones de gases de efecto invernadero expresadas en kg CO₂e

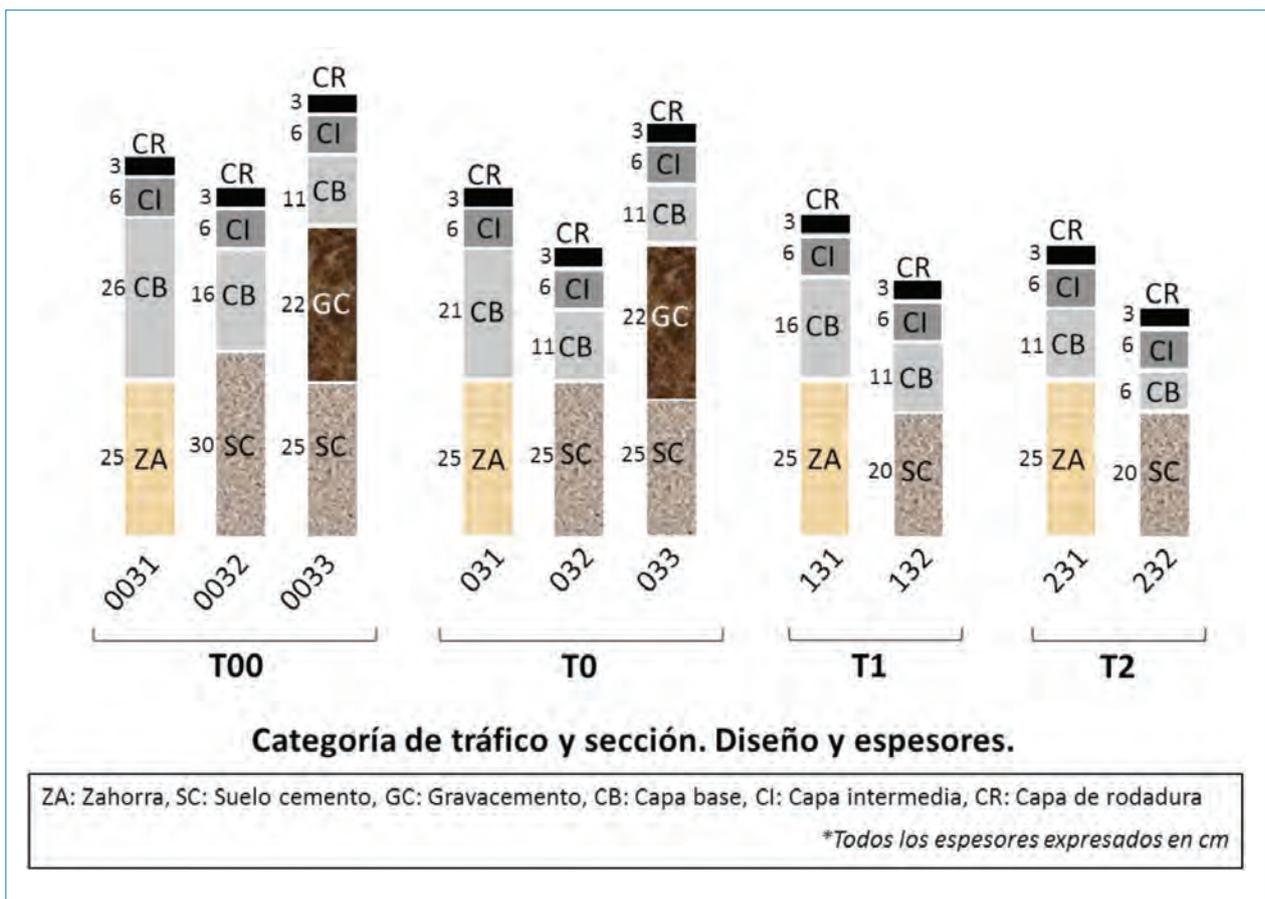


Figura 2. Descripción de las Secciones de firme objeto de estudio y categoría de tráfico correspondiente.

- el consumo de agua expresado en m³ de agua

La base de datos utilizada ha sido Ecoinvent 3.1 [Weidema et al, 2013]. Mientras que el consumo de agua ha sido directamente obtenido a partir de los inventarios de los distintos flujos seleccionados, las emisiones de CO₂ e se han obtenido mediante el método IPCC GWP 100 yr. El software empleado para realizar este estudio ha sido SimaPro® [Pre-sustainability.com 2015].

4. Análisis de inventario

Todos los datos de inventario están basados en datos reales proporcionados por la empresa constructora PAVASAL [Pavasal.com 2015].

Con el fin de evitar el típico enfoque de caja negra (black box), en el que resulta muy complejo determinar y ubicar los impactos ambientales y su trazabilidad, se ha recurrido a una matriz de doble entrada, tal y como se refleja en la Figura 3.

Esta matriz permite identificar la ubicación de los impactos ambientales en función de la etapa del ciclo de vida estudiada y en función del elemento estructural considerado.

5. Resultados ambientales

Una vez establecido el inventario, se procedió a la modelización ambiental del sistema. En esta etapa, con la ayuda del software comercial SimaPro, se procedió a seleccionar todos los flujos y procesos relativos al inventario previamente obtenido.

Los resultados obtenidos se presentan en varios modos de desagregación, de manera que sea posible identificar claramente los impactos más importantes, ubicándolos de forma sencilla en la etapa del ciclo de vida o elemento estructural correspondiente.

A continuación se muestran los resultados ambientales obtenidos, expresados de acuerdo a los dos indicadores ambientales seleccionados.

La Tabla 1 muestra los resultados para cada una de las secciones, expresados en emisiones de gases de efecto inver-

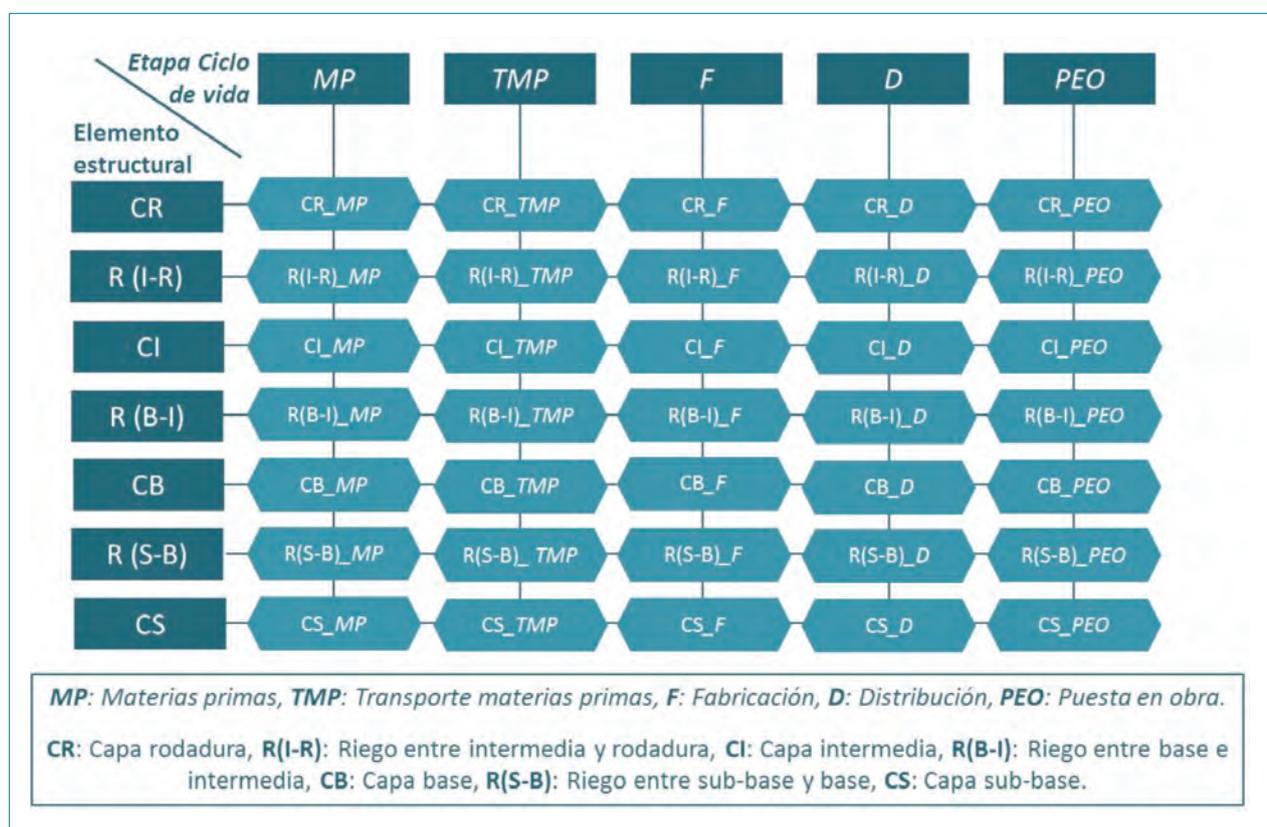


Figura 3. Matriz de doble entrada para inventario y expresión de resultados.

Emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua en varias secciones de firme utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

nadero y desagregados en función de la etapa del ciclo de vida y el elemento estructural.

La Figura 4 muestra gráficamente los resultados obtenidos para las diez secciones de firme en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Por otro lado, los resultados en términos de consumo de agua quedan representados en la Tabla 2. Análogamente al caso anterior, los resultados se presentan desagregados por etapa de ciclo de vida y por elemento estructural para cada una de las secciones de firme.

Tabla 1. Emisiones de gases de efecto invernadero en función de etapa del ciclo de vida y elemento estructural (kg CO₂e / m² sección).

Categoría /sección	Etapa del ciclo de vida					Total	Elemento estructural							
	MP	TMP	F	D	PEO		CR	R (I-R)	CI	R (B-I)	CB	R (S-B)	CS	
T00	0031	18,91	6,96	15,20	8,95	2,08	52,10	5,94	0,27	8,22	0,19	32,26	0,53	4,69
	0032	30,63	8,97	10,87	7,75	2,06	60,28	5,94	0,27	8,22	0,19	19,83	0,29	25,54
	0033	40,85	10,37	8,76	9,10	2,17	71,25	5,94	0,27	8,22	0,19	13,32	0,29	43,02
T0	031	16,68	6,27	13,01	8,13	2,03	46,12	5,94	0,27	8,22	0,19	26,28	0,53	4,69
	032	25,13	7,71	8,73	6,11	1,63	49,30	5,94	0,27	8,22	0,19	13,32	0,29	21,07
	033	37,04	9,49	7,87	8,16	2,15	64,71	5,94	0,27	8,22	0,19	10,96	0,29	38,84
T1	131	14,30	5,56	10,83	7,30	1,68	69,67	5,94	0,27	8,22	0,19	19,83	0,53	4,69
	132	22,17	7,11	8,73	5,73	1,56	45,29	5,94	0,27	8,22	0,19	13,32	0,29	17,06
T2	231	11,76	4,87	8,71	6,49	1,34	33,16	5,94	0,27	8,22	0,19	13,32	0,53	4,69
	232	20,04	6,40	5,97	4,90	1,51	38,81	5,94	0,27	8,22	0,19	6,84	0,29	17,06

MP: Materias primas, TMP: Transporte materias primas, F: Fabricación, D: Distribución, PEO: Puesta en obra.

CR: Capa rodadura, R (I-R): Riego entre intermedia y rodadura, CI: Capa intermedia, R(B-I): Riego entre base e intermedia, CB: Capa base, R(S-B): Riego entre sub-base y base, CS: Capa sub-base.

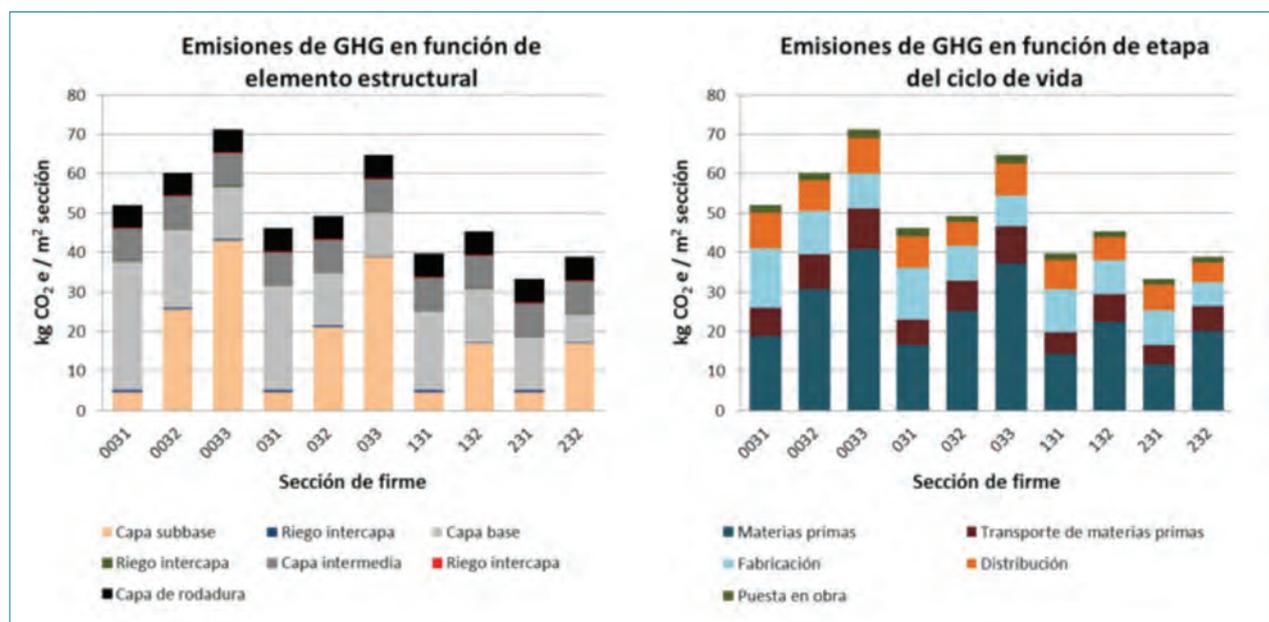


Figura 4. Expresión gráfica de los resultados ambientales en términos de emisiones de gases de efecto invernadero en función de etapa del ciclo de vida y de elemento estructural de la sección.

Tabla 2. Consumo de agua en función de etapa del ciclo de vida y elemento estructural (m³ agua / m² sección).

Categoría /sección	Etapa del ciclo de vida					Total	Elemento estructural							
	MP	TMP	F	D	PEO		CR	R (I-R)	CI	R (B-I)	CB	R (S-B)	CS	
T00	0031	48,71	7,73	15,86	10,05	0,71	83,06	7,64	0,71	11,95	0,52	47,64	1,61	12,99
	0032	72,12	9,97	11,59	8,72	0,70	103,10	7,64	0,71	11,95	0,52	29,20	0,81	52,27
	0033	96,80	11,55	9,54	10,23	0,81	128,88	7,64	0,71	11,95	0,52	19,61	0,81	87,64
T0	031	43,82	6,93	13,15	9,12	0,81	73,84	7,64	0,71	11,95	0,52	34,82	1,61	12,99
	032	59,24	8,57	9,31	6,89	0,55	84,57	7,64	0,71	11,95	0,52	19,65	0,81	46,29
	033	87,42	10,55	8,58	9,16	0,72	116,43	7,64	0,71	11,95	0,52	16,07	0,81	78,73
T1	131	38,39	6,14	11,32	8,20	0,57	64,62	7,64	0,71	11,95	0,52	29,20	1,61	12,99
	132	51,97	7,93	9,29	6,46	0,52	76,17	7,64	0,71	11,95	0,52	19,65	0,81	34,89
T2	231	32,80	5,38	9,11	7,33	0,46	55,07	7,64	0,71	11,95	0,52	19,65	1,61	12,99
	232	47,09	7,13	6,97	5,50	0,50	67,20	7,64	0,71	11,95	0,52	10,67	0,81	34,89

MP: Materias primas, TMP: Transporte materias primas, F: Fabricación, D: Distribución, PEO: Puesta en obra.

CR: Capa rodadura, R (I-R): Riego entre intermedia y rodadura, CI: Capa intermedia, R(B-I): Riego entre base e intermedia, CB: Capa base, R(S-B): Riego entre sub-base y base, CS: Capa sub-base.

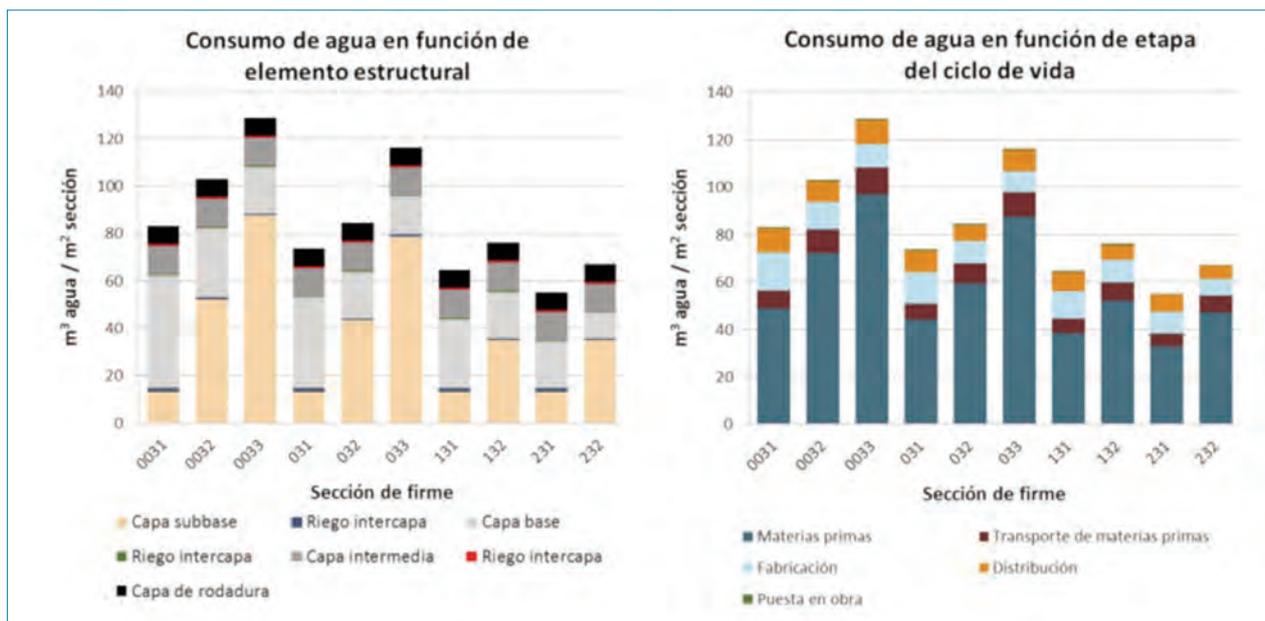


Figura 5. Expresión gráfica de los resultados ambientales en términos de consumo de agua en función de etapa del ciclo de vida y de elemento estructural de la sección.

La Figura 5 proporciona información acerca del consumo de agua para cada una de las secciones en función de la etapa del ciclo de vida estudiada y el elemento de la sección estructural que compone la misma.

Tras la obtención de los resultados ambientales expresados en término de emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua, se observa que existe una gran similitud en el perfil de ambos.

Emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua en varias secciones de firme utilizando la herramienta ambiental Análisis del Ciclo de Vida

Se aprecia, de forma general, que los impactos ambientales disminuyen según disminuye la categoría de tráfico estudiada. Esto es lógico, dado que se reducen las necesidades de prestaciones estructurales del firme

Desde el punto de vista de los componentes estructurales de las secciones, dentro de una misma categoría de tráfico se penalizan más aquellas que incluyen sub-bases con materiales tratados con cemento.

En todos los casos, haciendo referencia a las capas de mezclas bituminosas o asfálticas (capa de base, intermedia y de rodadura), es precisamente este orden jerárquico el que rige los impactos de mayor a menor entidad. Los riegos no representan impactos relevantes para ninguna de las secciones estudiadas. Esto también tiene su lógica, debido al espesor de los diferentes tipos de capas.

Si se atiende a las distintas etapas del ciclo de vida evaluadas, se observa de forma muy evidente que la etapa de obtención de materias primas es, para todas las secciones e independientemente del indicador utilizado, la etapa con mayores impactos.

La etapa de fabricación de los distintos materiales también presenta impactos relevantes, mientras que los resultados asociados a los transportes de materias primas y la distribución deben ser tomados con cautela, ya que son datos que dependen mucho del caso concreto de estudio.

La puesta en obra, si bien tiene una importancia fundamental desde el punto de vista de ejecución de la obra y calidad técnica del producto final, no ha demostrado ofrecer un impacto ambiental excesivamente relevante, siendo la etapa menos impactante de todas las estudiadas.

La similitud existente entre los resultados obtenidos en los dos indicadores ambientales estudiados queda patente en la Figura 6. Un estudio de este tipo, en el que, tras la valoración de distintos tipos de indicadores, se obtienen resultados que permiten ubicar de manera tan concreta los impactos ambientales, tanto a nivel estructural como a nivel de etapa de ciclo de vida, ofrece la posibilidad de establecer estrategias de mejora focalizadas, para invertir los esfuerzos en aquellas etapas o procesos con mayor impacto, con el fin de disponer así de un margen de mejora más elevado.

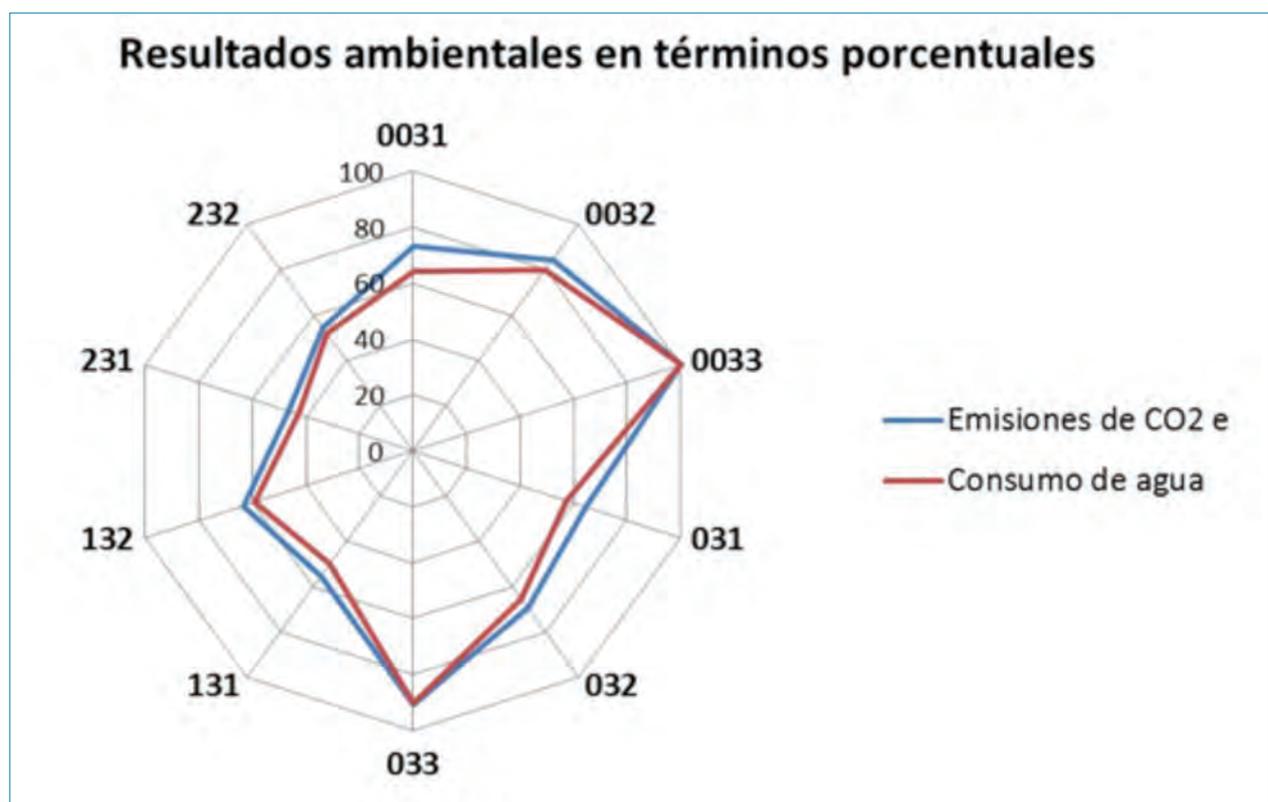


Figura 6. Expresión de los resultados ambientales en términos porcentuales para el consumo de agua y emisiones de gases de efecto invernadero.

6. Conclusiones

La principal conclusión de este estudio es que la herramienta ambiental "Análisis del Ciclo de Vida" ha demostrado ser adecuada para la valoración de distintas secciones de firme desde el punto de vista de la sostenibilidad.

La desagregación a la hora de realizar el inventario y los posteriores resultados ambientales han permitido ubicar y jerarquizar las etapas y procesos más impactantes en términos de emisiones de GEI y consumo de agua.

Los dos indicadores utilizados arrojan resultados muy similares, lo que aumenta la robustez del estudio.

Las etapas de materias primas y fabricación son las que más impacto generan en el enfoque "*cradle to construction*", por lo que los esfuerzos para las mejoras ambientales deben centrarse en ellas.

Es necesario realizar trabajos complementarios, centrados fundamentalmente en la evaluación de los escenarios de conservación más frecuentes para cada una de las secciones, ya que eso permitiría completar el ciclo de vida del producto y tener, por tanto, una visión más completa del impacto global.

También es importante abordar el fin de vida del producto, no tanto desde el punto de vista de fin de servicio, sino el de retirada de material en operaciones de conservación, ya que la reciclabilidad de los materiales puede jugar un papel crucial a la hora de minorar el impacto global de la sección.

Por último, falta realizar un estudio sobre la consideración de la durabilidad, pues es el factor que determina la sostenibilidad que pueden suponer, realmente, las soluciones que quieran compararse de forma directa.

Estos aspectos, y otros, se están considerando en otros estudios sobre estos temas que, aprovechando el trabajo investigador desarrollado por el autor principal, se siguen desarrollando en la Universidad Alfonso X el Sabio (UAX).

7. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa PAVASAL, personalizando dicho agradecimiento en D. Jesús Felipo Sanjuán y D. José Ramón López Marco, así como a D. José Luis Peña, por las distintas aportaciones y recomendaciones de la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC).

8. Bibliografía

- Ministerio de Fomento, Gobierno de España (2003). Orden FOM/3460/2003 por la que se aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de firme" de la Instrucción de Carreteras. Madrid.
- Ministerio de Fomento, Gobierno de España (2015). Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos. Madrid .
- Moral, A. (2016). La herramienta ambiental análisis del ciclo de vida en el estudio de secciones de firme. Evaluación ambiental de varias secciones de firme de categoría de tráfico T00 a T2 conforme a la Norma 6.1-IC. Tesis Doctoral. Universidad Alfonso X el Sabio. Villanueva de la Cañada (Madrid).
- Pavasal, empresa constructora (2015). Último acceso: 30/04/2015. Disponible en: <http://www.pavasal.com>.
- Pre-sustainability.com (2015). SimaPro-World's Leading LCA software package / PRéSustainability [online]. 2015. [Último acceso 30/04/2016]. Disponible en <http://www.pre-sustainability.com/simapro>.
- UNE EN ISO 14040, 2006. Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida, Principios y marco de referencia. AENOR. Madrid.
- UNE EN ISO 14044, 2006. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. AENOR. Madrid
- Weidema et al, (2013). The ecoinvent data base: Overview and methodology, Data quality guide line for the ecoinvent data base version 3, www.ecoinvent.org.

www.itafec.com

Los tiempos están cambiando
Entra en la web y regístrate



Lucía Miranda
"Me parece una forma moderna y eficaz de acceder a los archivos del sector"



Miguel Ángel del Val
"Reconozco que inicialmente la idea me sorprendió, pero ahora estoy plenamente convencido"



Ángel Sampedro
"Es un camino nuevo al que me uno y animo a otros a que hagan lo mismo"

Ya hay más de **5.000 usuarios**

¿A qué esperas?



[Acceder a mi cuenta](#)

[INICIO](#) • [SERVICIOS](#) • [EVENTOS](#) • [TIENDA](#) • [NOTICIAS](#) • [CONTACTO](#)

Español ▾



Mayor impacto a través de las redes sociales

Antes, durante y después del evento

Desde la gestión de las redes sociales Facebook, Twitter y LinkedIn, **itafec** dará a conocer previamente, a toda su red de contactos, cuándo se va a realizar el evento, congreso o jornada, potenciando las inscripciones y la presencia en los medios de comunicación pero además, el evento no termina en la clausura



Retransmisión Online

Visualización en directo en nuestro portal: con un solo click usted podrá asistir al evento desde cualquier parte del mundo

[MÁS INFORMACIÓN](#)

Gestión y Coordinación

Itafec dispone de una pasarela de pago y TPV para facilitar las inscripciones desde cualquier lugar del mundo

[MÁS INFORMACIÓN](#)

Comunicación

Por medio del gabinete de comunicación experto de Itafec lanzamos una campaña de información previa del evento

[MÁS INFORMACIÓN](#)

Tienda de recursos

La grabación del evento genera unos archivos digitales que, junto a textos y presentaciones del evento, pueden ser alojados y comercializados en Itafec

[MÁS INFORMACIÓN](#)

Noticias Recientes

[#XVII Congreso CILA, un ejemplo de gestión 2.0 con tiempos muy ajustados](#)

12 / 12 / 2013

La gestión del Social Media del XVII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA) a tan solo 37 días del mayor evento del sector de las carreteras en Iberoamérica fue para ITAFEC una oportunidad pero, ante todo un gran reto...

Agenda de Eventos

DICIEMBRE 2013



Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
						1
2	3	4	5	6	7	8

La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático. Repercusión en las mezclas asfálticas

Juan José Campos López, jcampos@ciccp.es

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Integrante del grupo de expertos en carreteras en el informe "Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España"

El estudio del cambio climático es un campo muy complejo, pero existen evidencias científicas de que se está produciendo y que está causado por el hombre. Ante esta amenaza global y el riesgo de catástrofe que supone la inacción, lo sensato es actuar con precaución y tomar las medidas necesarias para luchar contra sus efectos.

El artículo expone algunos de los trabajos realizados por la Administración española sobre los efectos del cambio climático en las infraestructuras del transporte, centrándose en el titulado Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España, el cual aborda específicamente los impactos sobre estas infraestructuras. El artículo resalta los efectos esperados del cambio climático en las mezclas asfálticas para terminar concluyendo en la necesidad de revisión de las normas 6.1-IC y 6.3-IC y alentando a la innovación en materiales capaces de hacer frente al nuevo escenario climático.

Palabras clave: cambio climático, mezclas asfálticas, impacto climático, adaptación al clima, nuevos materiales

The study of climatic change is a very complex field, but there exists scientific evidence that it is occurring and that it is caused by man. Faced with this global threat and a risk of catastrophe if no action is taken, man should act with caution and take precautionary measures to fight against its effects.

This article presents some of the works carried out by the Spanish Public Administration about the effects of climatic change on transportation infrastructures focusing in the following Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España specifically relating to the impact of climatic change on said infrastructures. The article highlights the expected effects of climatic change on asphalt mixtures and comes to the conclusion that NORMS 6.1-IC and 6.3-IC should be revised, therefore encouraging innovation in materials that are capable of confronting a new climatic scenario.

Keywords: climatic change, asphalt mixtures, climate impact, climate adaptation, new materials

La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático.

Repercusión en las mezclas asfálticas

1. Introducción

El clima se comporta como un sistema complejo no lineal, cuyo estudio se caracteriza por una gran dificultad y cuya dinámica evolutiva está sometida a la incertidumbre inherente a los sistemas complejos. Existen evidencias científicas de que la temperatura media global (TMG) ha subido en el último siglo y que esta subida se explica con una probabilidad superior al 90% por los gases de efecto invernadero (GEI) causados por la actividad del hombre. Este incremento de temperatura junto con la modificación del resto de parámetros que configuran el sistema climático es lo que se conoce como cambio climático. La modificación del clima afecta en mayor o menor medida a ecosistemas, sectores, sistemas y a nuestro entorno en general. La rapidez y magnitud de la variación determinará los impactos a nivel local, regional y mundial. Por tanto el cambio climático constituye una de las principales amenazas globales a las que debemos hacer frente. Incluso considerando las previsiones más optimistas sobre las futuras emisiones de GEI, los estudios científicos revelan que un cierto grado de cambio en el clima es ya inevitable. Estas conclusiones vienen avaladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)¹ creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) cuya función es la evaluación exhaustiva, objetiva e independiente de la literatura científica, técnica y socioeconómica que se genera en el mundo en relación con el cambio climático y cuyos informes son un referente a nivel mundial.

Ante esta situación, y ante el riesgo de catástrofe que supone la inacción, lo sensato es actuar con precaución y tomar las medidas necesarias para la lucha contra los efectos del cambio climático. Esta visión ha sido ratificada de forma casi universal por 197 países mediante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)² (1992), de la que fue testigo la Cumbre de Río (1992) y en el

que se enmarca el Protocolo de Kioto (1997), y cuya última reunión tuvo lugar a finales de 2015 en París (COP 21), que terminó con un acuerdo histórico de lucha contra el cambio climático. La toma de conciencia del problema a escala global se ve reflejada en las iniciativas políticas que se están adoptando a escala nacional y regional por todo el planeta.

2. La adaptación al cambio climático

Dos son las estrategias de lucha contra los efectos del cambio climático:

- La **mitigación** de las causas frenando la acumulación de GEI en la atmósfera mediante la reducción de las emisiones y la retirada de gases ya emitidos.
- La **adaptación** a los efectos minimizando los riesgos e impactos derivados del cambio climático y aprovechando, en lo posible, las nuevas condiciones que este planteará

Desde el enfoque de la adaptación al cambio climático España aprobó en el año 2006 el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)³. El PNACC es el marco de referencia para la coordinación entre las Administraciones Públicas en lo relativo a la evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los distintos sectores potencialmente afectados. El PNACC se concibe como un instrumento que facilita la elaboración de diagnósticos y la elaboración de medidas más efectivas para la adaptación.

Un aspecto clave del plan es la consideración del cambio climático como un fenómeno complejo con efectos a corto, medio y largo plazo en el que la incertidumbre asociada a su conocimiento debe considerarse mediante la aplicación del principio de cautela en las políticas de adaptación al fenómeno.

En esta línea de generación de conocimiento sobre el efecto del cambio climático en sectores específicos y en relación con las infraestructuras del transporte se destacan los siguientes estudios:

¹ Portal del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) donde se depositan los informes sobre evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta, los cuales proporcionan base científica para el establecimiento de políticas. <http://www.ipcc.ch/>

² Portal del UNFCCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

³ Portal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/planificacion_seguimiento.aspx

- a) La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas – aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte (2012)⁴. Informe técnico elaborado por el CEDEX para el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) en el que se propone pautas para la integración de la mitigación y la adaptación al cambio climático en la toma de decisiones en el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica de Planes y Programas relacionadas con infraestructuras del transporte.
- b) Efectos del cambio climático sobre las interacciones entre infraestructuras del transporte y la biodiversidad. (2013)⁵. Informe técnico elaborado por el CEDEX para el MAGRAMA en el que se analiza los efectos de cambio climático en la interacción entre infraestructuras del transporte y la biodiversidad.
- c) Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España (2013)⁶. Trabajo coordinado por el CEDEX a iniciativa de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) e impulsado por el Ministerio de Fomento y el MAGRAMA. Se trata de un análisis preliminar sobre cuales pueden ser las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras del transportes

3. La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático

Este último trabajo, Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en

⁴ Portal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas – aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte. http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/documentos-de-interes/Inf_EAE%26CC%26IT2012_tcm7-233472.pdf

⁵ Portal del MAGRAMA. Efectos del cambio climático sobre las interacciones entre infraestructuras del transporte y la biodiversidad. (2013). http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/documentos-de-interes/51-309-5-001_A4-T116_Febrero_2013_tcm7-321387.pdf

⁶ Portal del MAGRAMA. Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España (2013). http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/documentos-de-interes/ACC%26IT_tcm7-308026.pdf

España (2013), es el que aborda de forma específica y sistematizada la vulnerabilidad, los impactos y las necesidades de adaptación al cambio climático de las infraestructuras del transporte, aunque sea de forma preliminar y circunscrito a la red trocal. El trabajo ha sido coordinado por el CEDEX e impulsado por el Ministerio de Fomento y el MAGRAMA para dar respuesta al interés suscitado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) por conocer según contexto geográfico los impactos en los diferentes modos de transporte y al sistema de transporte en su conjunto y como los distintos afectados afrontan los impactos. Cuenta con la colaboración de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la Oficina Española para el Cambio Climático (OECC), ADIF, RENFE, AENA, Puertos del Estado e INECO.

Se explica a continuación de forma resumida el proceso de elaboración del trabajo y las principales conclusiones referidas a los pavimentos asfálticos:

El informe fue realizado por un grupo de trabajo formado por unidades de los organismos participantes en el proyecto con el apoyo de cuatro grupos de expertos, uno por cada uno de los cuatro modos de transporte analizado: carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos.

Siguiendo el esquema de trabajo que se representa en la Figura 1 se pudo establecer de forma secuencial los principales aspectos del estudio:

a) **Ámbito de estudio**

El ámbito estudio se centró en carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos con un marcado carácter estructurador del territorio a escala nacional. En carreteras se ha tenido en cuenta la red de titularidad estatal y las no estatales incluidas en la propuesta del Gobierno para la Red Transeuropea de Transporte (RTT).

El alcance del análisis son aquellos componentes de las infraestructuras que pueden resultar vulnerables al efecto del cambio climático a lo largo de las fases por las que pasa: planificación, diseño, construcción y explotación.

b) **Variables climáticas y componentes afectados**

En esta etapa se determinaron los componentes infraestructurales que resultan afectados y las variables climá-

La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático. Repercusión en las mezclas asfálticas

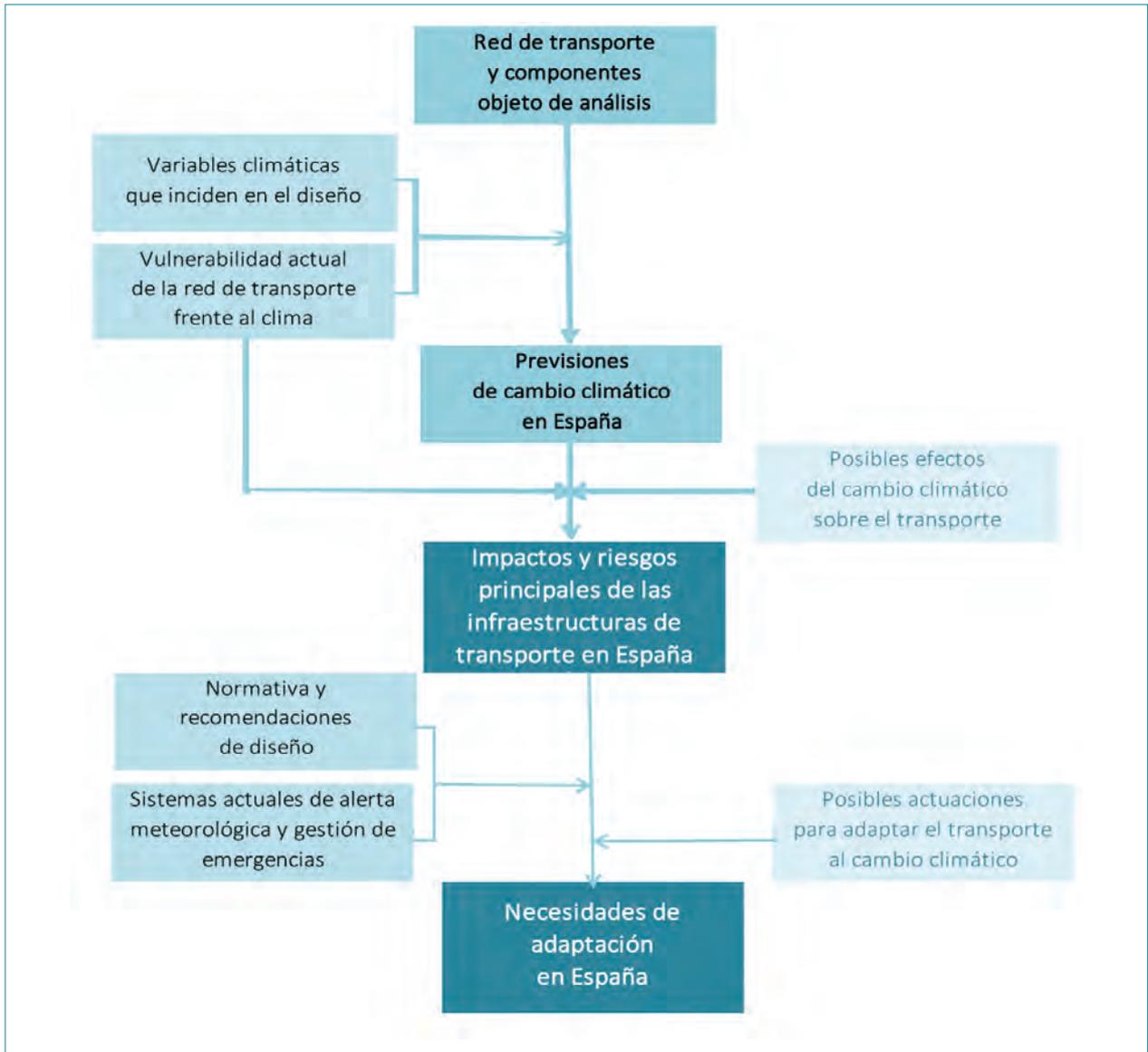


Figura 1. Esquema de trabajo.

ticas que les afectan tanto en fase de proyecto como operativa mediante la revisión de la normativa de diseño y la recopilación de datos de la vulnerabilidad de la red española frente eventos climáticos como los que se muestran en las figuras 2 y 3.

En la Tabla 1 se detallan las variables climáticas y las infraestructuras sobre las que impactan.

c) Previsiones de cambio variables climáticas.

Identificadas las variables climáticas que impactan en las infraestructuras el siguiente paso es el conoci-

miento de las previsiones de su evolución hasta final de siglo. El procedimiento se fundamenta en la regionalización de las previsiones de cambio climático a nivel global. Las previsiones de cambio climático se realizan mediante modelos matemáticos globales en que la atmósfera y el océano interactúan de forma acoplada (Atmosphere-Ocean General Circulation Model, AOGCM) a los que se añade la concentración prevista de GEI. Para ello el IPCC ha establecido cuatro escenarios (SRES) que tienen en cuenta la evolución de la demografía, la tecnología, la economía y la sociedad. Los escenarios de peor a mejor

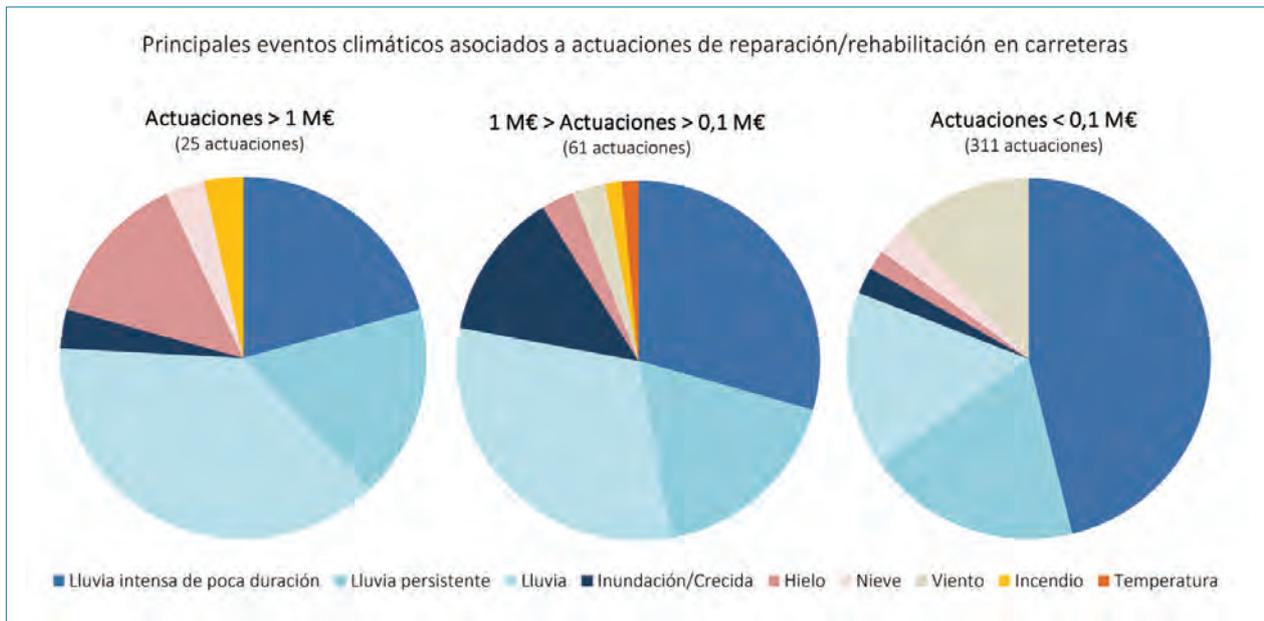


Figura 2. Gráficos de eventos climáticos asociados a actuaciones en carreteras, elaborados a partir de encuestas a 29 unidades de carreteras.

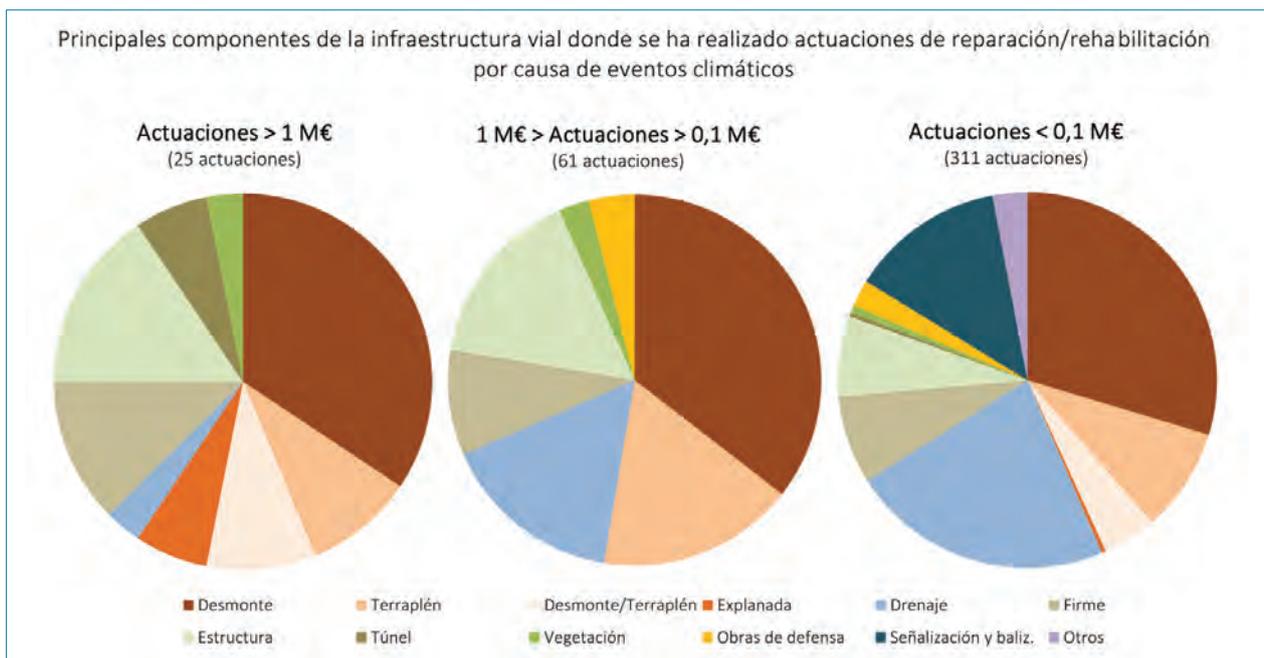


Figura 3. Gráficos de componentes de la carretera donde se han realizado actuaciones por eventos climáticos, elaborados a partir de encuestas a 29 unidades de carreteras.

son: A2, A1B, B1 y E1, siendo el A2 el más pesimista y el E1 el de mitigación. La escasa resolución espacial de los modelos globales obliga a hacer proyecciones regionalizadas (*downscaling*) de los resultados globales para su uso a nivel nacional. Con esta información AEMET, organismo al que el PNACC

identifica para las elaboraciones de proyecciones regionalizadas, obtiene los gráficos y mapas de proyecciones como los representados en la Figura 4, que pone a disposición a través de su página web⁷.

⁷ http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat

La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático. Repercusión en las mezclas asfálticas

Tabla 1. Variables climáticas que afectan a las infraestructuras del transporte

Variable climática		Carreteras	Ferrocarriles	Puertos	Aeropuertos
Temperatura del aire	Temperatura media	•	•		•
	Temperatura máxima diaria	•	•	•	•
	Oscilación térmica diaria	•	•		
	Días de helada	•	•		•
	Olas de calor	•	•	•	•
Humedad relativa					•
Nubosidad y techo de nubes					•
Precipitación	Precipitación media anual	•	•		•
	Intensidad de lluvias extremas	•	•	•	•
	Duración de lluvias fuertes	•	•	•	•
	Inundaciones	•	•		•
	Sequías	•	•		
Tormenta eléctrica			•		•
Nieve		•	•		•
Avenidas		•	•		
Nivel freático		•	•	•	•
Niebla	Intensidad de la niebla	•	•	•	•
	Frecuencia de nieblas intensas	•	•	•	•
Viento	Frecuencia de vientos fuertes	•	•	•	•
	Dirección del viento	•	•	•	•
	Variabilidad en la dirección del viento				•
Oleaje	Altura de ola			•	
	Dirección			•	
Nivel del mar	Nivel medio			•	•
	Variación por temporal			•	
Corrientes marinas	Velocidad			•	
	Dirección			•	
Temperatura del agua de mar				•	

Asumiendo un escenario medio la previsión para la península tenida en cuenta en el análisis fue la que se muestra en la Tabla 2.

d) Impactos esperados y conclusiones del trabajo

La identificación de impactos se ha realizado de forma eminentemente cualitativa sobre la base de juicio ex-

perto teniendo en cuenta la probabilidad de impacto y el coste tanto de reparación como de impacto sobre el nivel de servicio/ seguridad de la infraestructura para el usuario. Por ello la reflexión se ha centrado en los impactos adversos, aunque también puede tener impactos positivos.

El resultado de la reflexión es un catálogo de impactos donde se refleja el componente de la infraestructura

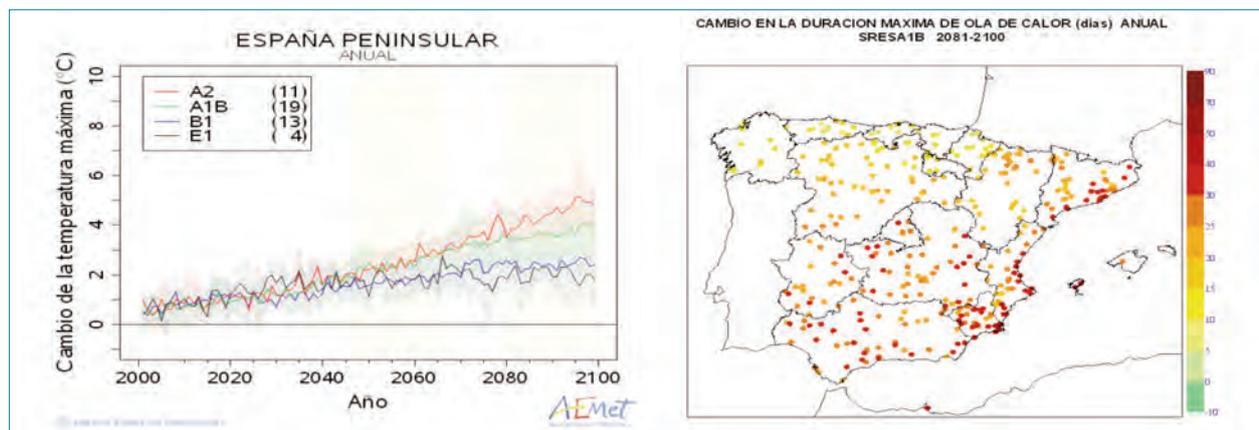


Figura 4. Gráfico de evolución y Mapa de proyección.

Tabla 2. Previsión para la península.

Propiedades		Rodadura	Hamburgo
Temperatura	Media	↑ 1° C	Algo superior en verano que en invierno, y en el interior y sur peninsular
	Máx. diaria	↑ 1,3° C promedio anual	Mayor en verano (↑ 0,5-1,0° C) y en el interior y sur peninsular (Otro ↑ 0,2° C). Incremento menor en las Islas Canarias
	Mín. diaria	↑ 0,8° C	↑ ligero del gradiente térmico diario. ↓ 10 días al año con temperatura < 0° C
Olas de calor		↑ 50-75% duración	Olas de calor algo más intensas. Más intensas en el sur y este peninsular
Días cálidos en un año		↑ 10-15%	
Precipitación	Media anual	↓ 5% Norte y Levante ↓ 10% Suroeste	Descenso algo más acentuado en Canarias
	Duración	↓ días con precipitación > 20 mm	
	Lluvias intensas de corta duración	↓ Frecuencia ↑ Intensidad	Fenómenos convectivos en verano-otoño, especialmente en norte y sureste peninsular
Tormenta eléctrica		↓ Frecuencia ↑ Intensidad	Consistente con el comportamiento de las lluvias intensas de corta duración
Nieve		↓ Frecuencia ↓ Intensidad	
Viento	Velocidad media	↓ ligero descenso	
	Racha máxima	↓ ligero descenso	Salvo en verano, en zonas de Galicia y valles del Ebro, Duero, Guadalquivir y Estrecho. Salvo los asociados a episodios intensos convectivos
Niebla		¿? Frecuencia ¿? Intensidad	
Humedad relativa		↓ 5%	
Nivel del mar	Nivel medio	↑ 10-20 cm	
Altura de ola	Ola significativa	¿? Costa atlántica ≡ Costa mediterránea	
Salinidad del agua de mar		¿? Costa atlántica ↑ Costa mediterránea	

La adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático.

Repercusión en las mezclas asfálticas

afectada, el impacto/riesgo sobre el componente, el ámbito geográfico específico y el nivel de impacto.

La consecuencia de esta reflexión fue una propuesta de medidas de adaptación que se pueden sintetizar en las siguientes:

Con carácter general:

- Llevar un registro de incidentes producido por el clima.
- En las obras lineales identificar y caracterizar los tramos vulnerables a partir de la explotación de estos registros.
- Evaluar la idoneidad de los planes de contingencias y los procedimientos de actuación ante emergencias climáticas, al objeto de proceder – si fuera necesario – a su adecuación
- Considerar el cambio climático al aplicar criterios bio-climáticos para el diseño de nuevos edificios (edificios técnicos).
- Investigar y desarrollar nuevos materiales y componentes que puedan ser empleados bajo condiciones climáticas más severas,
- Promover innovación tecnológica para la adaptación de procesos constructivos al cambio climático.

Específicas respecto a la necesidad de mejorar la disponibilidad de previsiones de cambio climático en España:

- Reducir progresivamente las incertidumbres
- Acercar la interpretación de las variables que proporcionan los modelos climáticos a los parámetros con los que está familiarizado el gestor de la infraestructura (ejemplo: Nivel freático o régimen hidrológico) .
- Incorporar, en los modelos predictivos algunas variables que pueden ser particularmente relevantes para el transporte (como el régimen de vientos o la niebla) y otorgar una atención especial a los fenómenos extremos.
- Hacer un esfuerzo para proporcionar predicciones a escala más local.

En materia de carreteras:

- Revisar la normativa y recomendaciones de diseño de las obras de tierra, con objeto de reducir la vulnerabilidad de los taludes en desmonte y terraplén frente a fenómenos

combinados de sequía y precipitaciones más intensas y a avenidas extraordinarias más severas.

- No descuidar aquellas tareas de vigilancia y mantenimiento preventivo que permiten garantizar unas condiciones adecuadas de vialidad y seguridad vial y preservar la integridad de determinados componentes de la carretera frente a fenómenos climáticos adversos.
- Mejorar los sistemas de alerta meteorológica empleados por el gestor de la carretera.
- A medio plazo, valorar la oportunidad de revisar las normas 6.1-IC y 6.3-IC, con objeto de adaptar el diseño de las secciones y rehabilitación de los firmes bituminosos al aumento de temperaturas máximas y al descenso de la precipitación media previstos.
- Revisar las recomendaciones actuales para el proyecto y la realización de plantaciones, y los catálogos de especies vegetales.

4. La adaptación de las mezclas asfálticas al cambio climático

El firme de la carretera es uno de los componentes infraestructurales objeto del estudio que se verá afectado por el cambio climático. A medio plazo las conclusiones del estudio con respecto a las mezclas asfálticas se refieren esencialmente a la revisión de las normas 6.1-IC y 6.3-IC en los siguientes aspectos:

- Adaptación de las secciones de firme al aumento de las temperaturas máximas y al descenso de la precipitación media previstos
- Revisión del mapa de zonas térmicas estivales en función del cual se elige el tipo de ligante bituminoso y la relación filler/betún para prevenir el riesgo de aparición de roderas y la oxidación prematura del ligante debido al incremento de temperaturas.
- Revisión del mapa de zonas pluviométricas que indican las zonas donde se puede utilizar mezclas drenantes por el riesgo colmatación de huecos por contaminación causada por la falta de lluvia
- Revisión de los 1.200 m de altitud como límite para el uso de las mezclas drenantes por el incremento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones de nieve. (Este sería un impacto positivo del cambio climático)

5. Conclusión

El principio de precaución obliga a estar preparados ante el problema del cambio climático. El trabajo expuesto en este artículo se enmarca en la estrategia de adaptación al cambio climático y constituye una reflexión preliminar sobre cuales pueden ser las necesidades de adaptación de la red troncal en España que no pretende agotarla, sino iniciarla, enriquecerla y completarla ampliando los estudios no solo a la red troncal sino al resto de la red de transportes, particularizando los trabajos en zonas concretas del territorio a medida que las predicciones del clima a escala local sean mas precisas y profundizando en los impactos en cada componente constituyente de la infraestructura.

A partir de ahora el reto del cambio climático introduce una nueva variable que habrá de considerarse en el estudio de los firme. Pero este reto puede convertirse en una oportunidad para la innovación y el estudio de nuevos materiales que enriquezca el ya de por sí gran avance que en los últimos años se ha producido en materia de ligantes, aditivos, áridos o tipos de mezclas.

#51

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Los pavimentos asfálticos proporcionan la mejor visibilidad de las marcas viales”

#CONFORT_Y_SEGURIDAD

LET US CARE YOUR ROAD

Asphalt

Especialistas en productos Químicos y mejoras Tecnológicas para la industria asfáltica global, con dedicación exclusiva y asesoramiento personalizado.

Total compromiso con la innovación y desarrollo de alternativas ecológicas.

Fabricación y suministro de Aditivos para mezclas bituminosas y ligantes asfálticos.



Especialidades para aplicaciones asfálticas

Fibras de celulosa granulares, **Ceras** y **Tensoactivos** para la fabricación de mezclas semicalientes, **Activantes de adhesividad** (a+p), **Pigmentos de alto rendimiento** para mezclas en caliente, **Ligante sintético** granular, **ECO-aditivo** para la fabricación de mezclas en frío ensacables, **Asfalto natural** y endurecedores de ligante, **Antiadherentes vegetales** y limpiadores alternativos al gasóleo, **Polímeros**, **Caucho NFU** y **resinas**, **Rejuvenecedores** (RAP), aditivo **Antihielo**, **Emulgentes**, **Acidificantes**, dispersiones SBR (**Látex**), **Solventes ecológicos**, revestimientos **Antiqueroseno**, **Pinturas** decorativas resistentes al tráfico, **sistemas para Impresión** de pavimentos, tratamientos **Protectores** de gran desempeño, **Estabilizantes** para suelos, tratamientos **Antipolvo**...



Campi y Jové

Member of



c/ Venezuela, 103 • 08019 Barcelona • Tel. +34 934 769 220 • asfaltica@cyjgroup.com • www.cyjgroup.com
ESPAÑA • ARGELIA • FRANCIA • HOLANDA • MARRUECOS • POLONIA • PORTUGAL • RUMANIA • TUNEZ

También presentes en ARGENTINA • BOLIVIA • BRASIL • COLOMBIA • CHILE • GUATEMALA • MEXICO • PARAGUAY • PERU



Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas:

4. Extendido de la mezcla bituminosa (2)

Andrés Costa

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

Sistema de nivelación

Los sistemas de nivelación deben determinar si la posición de la regla se ajusta a lo deseado en cada punto de la traza de la obra. Para ello, debe establecerse cuál es la posición de la regla y compararla con una referencia que puede ser fija o dinámica.

La posición de la regla quedará definida cuando se conozca la altura de la misma en dos puntos, o bien la altura en un punto y su pendiente transversal. En función de ello, la referencia que se ha de seguir deberá contemplar dos líneas longitudinales o una combinación de una línea longitudinal y el peralte en cada punto.

Los sistemas de nivelación pueden ser analógicos o digitales. Los primeros son más precisos, pero no permiten el filtraje de errores de medición. Los digitales posibilitan el descarte de mediciones no deseadas y el promediado de diferentes medidas. Puede incluso combinarse un sensor digital y uno analógico, controlando cada uno de ellos un lado de la máquina.

Las referencias fijas (hilo o cable, rigolas, capas contiguas) se emplean cuando prima la obtención de una cota determinada frente a otros condicionantes.

Si el objetivo principal que se persigue es una buena regularidad superficial del pavimento, es conveniente optar por el empleo de referencias dinámicas, cuya misión es regularizar



Distintos tipos de sensores digitales.



Sistemas de referencia fijas.

la capa subyacente mediante la promediación de larga distancia.

En este caso, la nivelación de la máquina ya no depende de la perfección de la referencia sino que, de manera dinámica, determina el espesor de capa más adecuado para mejorar la rasante existente. Empleado este sistema en todas las capas, se consiguen valores de IRI inferiores a 1 sin necesi-



Sensor analógico.



Sistemas de nivelación por láser o por ultrasonido.

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

dad de tender la línea de referencia. Con todo ello, se mejora la calidad del acabado y se reduce el tiempo de preparación previa al extendido.

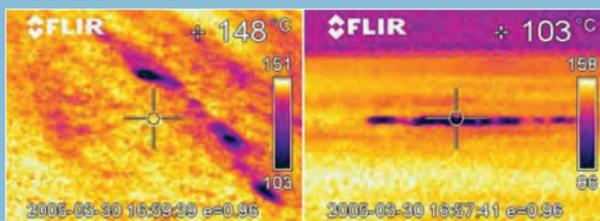
2. Problemas de la actuación

Los responsables del equipo de extendido deben estar atentos a una serie de factores que pueden dificultar la correcta ejecución del extendido de la mezcla bituminosa. Entre los distintos factores, los más importantes e influyentes son los siguientes: **la mezcla bituminosa que se va a extender, el proceso de paso de la mezcla del transporte a la extendidora, la regularidad superficial y limpieza de la capa subyacente sobre la que transita la extendidora y la geometría del trazado por extender.**

- **Mezcla asfáltica a extender**

La mezcla asfáltica sufre durante el transporte un enfriamiento en todo el contorno, incluida la zona de contacto con la caja del camión. El gradiente térmico entre la mezcla y la atmósfera se encuentra entre los 160°C y los 130°C, en función de la temperatura exterior. Por lo tanto, la pérdida de calor se produce independientemente de la bondad del clima. Si bien el espesor de la corteza fría crecerá de forma continuada, la progresión de su avance se producirá de manera más rápida en los primeros instantes, hasta que el efecto protector que la corteza fría ejerce sobre el resto de mezcla bituminosa situada en el interior del volumen transportado vaya ralentizando su propia evolución. De ahí que la mayor pérdida de calor se genere durante el inicio del transporte y, aunque el recorrido sea corto, se produce siempre una cierta segregación térmica de la mezcla.

Desde los años 90, son varios los estudios que alertan sobre la relevancia que la segregación térmica tiene en la



Heterogeneidad térmica en la capa de mezcla bituminosa extendida.

durabilidad de la mezcla. Entre ellos, el trabajo ganador del II Premio Internacional a la Innovación en Carreteras “Juan Antonio Fernández del Campo”, titulado: **“Efecto de la temperatura de compactación sobre el módulo resiliente de las mezclas asfálticas”**, presentado por técnicos de la empresa SURFAX SA (México), de la Universidad Politécnica de Cataluña (España) y del Instituto Mexicano del Transporte (México), cuya lectura es recomendable, como otros muchos en esta misma línea.

La heterogeneidad térmica tendrá consecuencias tanto en la densidad, módulo, resistencia a la fatiga y textura de la mezcla, y como consecuencia en la durabilidad del firme, así como en la regularidad superficial, pues afectará a las condiciones de equilibrio que determinan la posición de la regla.

- **Descarga de la mezcla bituminosa en la extendidora**

Cuando la alimentación de la extendidora se realiza con descarga directa desde camión, además de la segrega-



Aproximación del camión a la extendidora. Abajo, dispositivo en la extendidora que avisa al conductor del camión en la aproximación

ción térmica localizada que se evidenciará en el firme al cabo del tiempo, otro factor distorsionador son los cambios de velocidad de la extendedora producidos durante la maniobra de aproximación del camión para la descarga así como los frecuentes impactos que sufre la extendedora. Como se ha descrito anteriormente, las modificaciones en la velocidad de extendido afectan a la posición de la regla y su corrección, en la que intervendrá el sistema de nivelación, no se llevará a cabo hasta que los sensores hayan detectado una desviación entre la posición teórica y la real.

El acarreo de la mezcla puede comprometer el avance continuado de la extendedora cuando la cantidad de camiones precisos para abastecerla no se ha calculado convenientemente o la periodicidad entre ellos no es regular. Las paradas de la extendedora suponen un punto crítico en la calidad de la rasante donde se concentran los efectos de los cambios de velocidad asociados a la detención y reinicio del avance de la máquina, con el efecto de un enfriamiento de la mezcla situada frente a la regla.

- Estado de la capa subyacente sobre la que se extiende la mezcla bituminosa

La superficie de apoyo de la extendedora marcará la necesidad de corrección del ángulo de ataque de la regla para mantener su correcta posición. Una base irregular provocará desplazamientos verticales de la unidad tractora que afectarán al ángulo de ataque de la regla y a su posición en altura.

Derrames de mezcla asfáltica realizados por delante de la extendedora u otros elementos que dificulten el tránsito suave de esta tendrán el mismo efecto pernicioso sobre la regularidad de la rasante obtenida. Es recomendable que la tolva receptora de la extendedora disponga de unos dispositivos, en buen estado, para contener la mezcla bituminosa y evitar su derrame por la parte delantera de la máquina.

El sistema de nivelación corregirá los cambios de posición de la regla pero no sin antes haber detectado una desviación con relación a la referencia.

Cuando se emplea un elemento físico como referencia para el sistema de nivelación, su posición se define en una



A la izquierda, tolva receptora de la mezcla bituminosa. A la derecha, derrame incontrolado de mezcla bituminosa.



Esquema de la regla de extendido.

serie de puntos, donde está sujeta a errores y, entre ellos, se efectúa una interpolación que escapa al control del equipo de extendido.

- **Geometría del trazado sobre el que se extiende la mezcla**

En lo referente a la geometría de la obra, la anchura a extender determinará el tipo de regla y número de máquinas precisas. Cuando se empleen reglas de ancho variable, el punto de solape entre la regla base y los tramos extensibles puede ocasionar marcas en la superficie de la capa. El espesor de capa requerirá un ajuste de los sistemas de compactación de la regla, en especial cuando este espesor sea muy variable, trabajos de regularización, y cuando sea muy reducido.

3. Recomendaciones para la actuación

- **Eliminación de segregaciones en la mezcla**

Como ya se ha explicado anteriormente, la utilización de cualquier dispositivo de transferencia que permita la rehomogenización granulométrica y térmica de la mezcla a extender, permite mejorar sensiblemente el comportamiento mecánico y la durabilidad de la capa de mezcla bituminosa construido, además de mejorar la regularidad superficial, aunque para esto último también existen otros posibles procedimientos.

- **Calentar convenientemente la regla**

Antes de iniciar el extendido, asegúrese que la regla de extendido ha alcanzado la temperatura de la mezcla. Así



Vertido incontrolado de mezcla bituminosa delante de la extendidora.

evitará el arrastre de la mezcla que deteriora la textura del firme.

- Regular el ángulo de ataque de la regla base y las extensiones

Cuando se emplean reglas de ancho variable con extensiones telescópicas, es probable que aparezca una marca en el la mezcla recién extendida, coincidiendo con el extremo interior de dichas extensiones. Para corregir este defecto, debe modificarse el ángulo de ataque de la extensión con respecto a la regla base. Las reglas cuentan con dispositivos mecánicos a tal efecto. Este ajuste deberá verificarse cada vez que se cambie de espesor de capa de manera sustancial.

- Mantener un nivel constante de mezcla bituminosa frente a la regla

Es conveniente que la regla no se vea forzada a arrastrar una cantidad excesiva de material que, además de provocar un excesivo consumo de combustible y un innecesario desgaste de la máquina, puede conllevar la generación de segregaciones en la mezcla y un deficiente acabado del firme.

En el lado opuesto, un insuficiente aporte de material puede provocar una falta de espesor en la capa extendida o una incorrecta densidad resultante.

Dada, pues, la relevancia de un buen aporte de material en todo momento, es aconsejable el empleo de sistemas automáticos para garantizar este aspecto.

Los sensores pueden situarse fijos en la tractora o solidarios a la cortina de la regla. Empleando esta última disposición, se asegura además que, en caso de modificar la anchura de extendido, la alimentación continuará siendo la correcta, sin necesidad de actuar sobre los sensores. Estos pueden ser de brazo palpador o ultrasónicos. Estos últimos, al no estar en contacto con el material, posibilitan un control mucho más fiable y una duración mayor de los mismos.

En algunas extendedoras se puede modificar la altura de los sinfines según el espesor de capa a extender, reduciendo así la segregación granulométrica.

Es conveniente mantener el nivel de mezcla bituminosa por debajo de la parte superior del sinfín. El sinfín debe prolongarse cuando se utilizan extensiones en la regla de extendido.

- Analizar y corregir (si es necesario) la irregularidad de la capa subyacente

Salvo labores de fresado, la capacidad de actuación en la superficie sobre la que discurrirá la extendidora está limitada. Sin embargo, sí se debe tener extremo cuidado en eliminar todos aquellos resaltes que puedan dificultar un avance suave de la extendidora. Debe evitarse el derrame de mezcla frente a las orugas o ruedas de la extendidora y, si se produce, eliminarlo de inmediato.

Si no es posible evitar que la traza de las ruedas u orugas de la extendidora pase sobre tapas de registro u otros resaltes, debe suavizarse la entrada y salida a los mismos mediante rampas. De este modo, la reacción del equipo de nivelación podrá ser más progresiva.

Cuando la capa de apoyo es muy irregular, es conveniente emplear un sistema de nivelación con promediación de larga referencia.

Para ello, se equipa la extendidora con un conjunto de vigas telescópicas que abarcan distancias de cobertura de 4 a 14 m sin necesidad de desensamblar pieza alguna ni detener la extendidora y, siguiendo el mismo concepto, se han confeccionado vigas especiales de hasta 18 m de longitud.



Si se opta por emplear una línea como referencia, debe tenerse en cuenta el tipo de hilo empleado y tener especial esmero en tensarlo adecuadamente y no distanciar en exceso los puntos de apoyo para reducir el efecto catenaria entre ellos. Actualmente, los sensores más habituales emplean células de ultrasonidos para detectar la distancia a la referencia. Esto hace que los cables de acero empleados anteriormente dejen de ser el sistema más adecuado. Para obtener un rebote adecuado de la onda sónica emitida por el sensor, la referencia debe ser gruesa y debe evitar las secciones perfectamente circular que disipan la energía de la onda sonora en todas direcciones. Un hilo trenzado de material ligero y con una sección igual o superior a los 3 mm ofrecerá una adecuada superficie de reflexión a las ondas y minimizará el efecto catenaria al reducir su peso propio. Si se emplea una rigola como referencia y sensores ultrasónicos se debe alejar la vertical del sensor del bordillo contiguo para evitar que las ondas reboten en este antes que en la rigola.

- **Parametrizar los equipos de nivelación en función de la máquina**

Las características de los sistemas hidráulicos varían en cada máquina y también con el tiempo. Un factor deter-

minante en la reacción de los equipos de nivelación es la duración del mínimo impulso transmitido a las electroválvulas cuando la desviación entre posición real y teórica es reducida. Si este parámetro no se halla convenientemente ajustado, puede dilatarse la corrección de la posición de la regla y producir un efecto de rizado en la rasante obtenida. En caso contrario, el movimiento del punto de ajuste de la regla puede ser excesivo y provocar un efecto de resonancia entre la desviación detectada y la corrección efectuada con resultados igualmente indeseables. Se aconseja revisar, al menos, anualmente este parámetro.

Los controladores más habituales empleados en la actualidad disponen de memorias de almacenamiento que permiten guardar los parámetros adecuados a cada una de las máquinas sobre las que se emplee el equipo nivelador. De este modo, solo será preciso revisar la parametrización anualmente y no cada vez que se cambie de máquina.

Si se emplean peraltímetros para controlar uno de los laterales de la regla, se debe comprobar, mediante el empleo de un nivel, que la lectura indicada por el peraltímetro coincide con la inclinación transversal real de la regla. En caso contrario, debe procederse a recalibrar el peraltímetro. Se trata de un proceso simple que puede librarnos de sorpresas desagradables.

Otro elemento que se ha de tener en cuenta es la sensibilidad del sistema de nivelación. Esta debe regularse para evitar sobreactuaciones en la corrección o correcciones excesivamente lentas.

Es muy importante que las personas del equipo de extendido que van a manejar el sistema de nivelación tengan una formación adecuada sobre el funcionamiento del mismo. Su misión es fundamental en el acabado superficial del firme y un buen uso del sistema de nivelación es una garantía de calidad.

- **Ajustar los parámetros de vibración de la regla en función de la obra**

Para capas de reducido espesor debe regularse tanto la vibración como el támara para evitar un posible rebote de la regla sobre el árido grueso de la mezcla.

Cuando se efectúen capas de regularización, donde el espesor es variable, es conveniente obtener altas precompactaciones con la regla de extendido para reducir el asentamiento diferencial producido por el tren de compactación.

La alta compactación debe transmitirse a la mezcla en la parte anterior de la regla. De este modo, la regla plancha y deja a cota una mezcla ya altamente precompactada. Si, por el contrario, la alta compactación se pretende conseguir en el extremo posterior de la regla, el asentamiento diferencial en función del espesor se producirá de la misma manera que sucedería con el conjunto de com-

pactadores. A este cometido han contribuido con éxito las reglas dotadas de doble támara.

- **Mantener una velocidad de extendido constante**

En función de la capacidad de producción de mezcla asfáltica asignada a la obra y las dimensiones de la capa que se va a extender, debe calcularse la velocidad de avance del equipo de extendido para que esta pueda mantenerse constante. Si, como se ha mencionado anteriormente, se dispone de un dispositivo móvil de transferencia que desvincule el camión de la extendedora se conseguirá que esta no deba modificar su velocidad cada cambio de camión y evitará que este la golpee.

Se debe calcular el número adecuado de camiones que deben formar la ronda para evitar las paradas de extendido por falta de suministro. En el caso que se haya visto forzado a realizar una parada prolongada, es conveniente ejecutar una junta transversal. La disposición de un importante stock intermedio proporcionado por un silo móvil en conjunción con la tolva suplementaria de la extendedora disminuirá el riesgo de sufrir una parada. Una buena rasante determina la calidad de un firme. Para conseguir buenas rasantes, la extendedora debe desplazarse a un régimen continuo sobre una mezcla uniforme. El 90% de los problemas se evitan eliminando las segregaciones granulométricas y térmicas y consiguiendo que la velocidad de la extendedora sea constante durante el extendido.



"reforzamos el firme,
consolidamos el futuro"

"by reinforcing pavements,
we guarantee the future"



asefma

La asociación del sector con más
impacto del mundo en redes sociales
(índice de Klout 60)

The asphalt industry association
with major impact worldwide on social
networks (Klout Score 60)

Síguenos en: / Follow us on:



@asefma_es

(9,700 followers)



/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



Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas.

Contexto y técnicas disponibles

José Ramón Marcobal Barranco,
jose.marcobal@upm.es

Sacyr - Universidad Politécnica de Madrid

Dentro de un contexto de inversión limitada, la rehabilitación de firmes cobra una especial importancia. En el caso de los refuerzos de pavimento de hormigón con mezclas bituminosas, la rotura controlada de losas es un conjunto de técnicas que permiten controlar el fenómeno de la reflexión de grietas. La fracturación de losas reduce la losa a trozos más pequeños mediante impacto y la desintegración convierte la losa en una base granular de altas prestaciones y se puede aplicar mediante impacto o resonancia por vibración. Esta publicación hace un repaso a las diferentes técnicas describiendo el equipamiento necesario. Asimismo, se introducen brevemente varios métodos de cálculo del espesor de refuerzo necesario una vez realizada la rotura controlada de losas.

Palabras clave: rehabilitación, rotura de losas, reflexión de grietas, rubblization

In a context of reduced investments, pavement rehabilitation becomes relevant. Regarding asphalt overlays on concrete pavements, slab fracturing includes treatments that enable the control of reflection cracking. Crack and seat reduces slabs to smaller pieces by impacting them while rubblization involves breaking up the concrete slab into small pieces that perform as a high -performance granular base applying impacts or a resonant vibration. This text reviews these techniques describing the required equipment. Likewise, several available design methods for obtaining asphalt overlay thickness are introduced.

Keywords: rehabilitation, fractured slabs, reflective cracking, rubblization

1. Introducción

La ingeniería de firmes en España se encuentra en un nuevo contexto de escasez de inversiones en nuevas infraestructuras donde cobra especial importancia el diseño de soluciones de conservación y rehabilitación. En los trabajos desarrollados por empresas españolas en el extranjero, también son numerosos los proyectos viales en los que el objetivo es rehabilitar o mejorar los estándares de calidad de redes de carreteras. Esta nueva situación contrasta con los retos afrontados en las

últimas décadas en España donde el foco se ha puesto en el proyecto de firmes de nueva construcción. Es un reto saber adaptarse a este nuevo contexto generando soluciones que resuelvan las necesidades de cada cliente que, en muchos casos, disponen de menores recursos económicos y de estándares diferentes.

El proyecto de rehabilitación de carreteras supone el reto más importante para la ingeniería de firmes (y de carreteras en general), mucho más complejo en ocasiones que el proyecto de una carretera de nueva construcción pues re-

Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles

quiere considerar múltiples factores y condicionantes para poder tomar la decisión óptima desde el punto de vista técnico y económico. Esto exige un trabajo multidisciplinar en conjunto de diferentes áreas como el tráfico, el trazado, el drenaje o la ingeniería de materiales. Especialmente complejo es el proyecto de rehabilitación de firmes rígidos pues un mal diseño de la solución de rehabilitación puede tener efectos muy negativos de forma inmediata, con reparaciones más costosas y de mayor complejidad que en el caso de la rehabilitación de firmes de pavimento de mezclas bituminosas. Es un hecho que en España la rehabilitación de firmes de hormigón se percibe como una actuación con un alto riesgo por diversas razones como la falta de experiencia en su ejecución o la falta de conocimiento por parte de las ingenierías sobre los criterios para estudiar estas soluciones. Esto a su vez ha generado un clima de desconfianza en los administradores públicos y privados de carreteras que dificulta la aplicación de soluciones optimizadas.

La intención de esta publicación texto es compartir algunas experiencias que Sacyr ha tenido en otros países con la técnica de rotura controlada de losas de pavimento de hormigón, que está recogida en la Norma 6.3-IC "Rehabilitación de firmes" del Ministerio de Fomento. Esta primera parte del texto pretende ubicar este tipo de actuación dentro de su contexto más amplio que es la rehabilitación de firmes de hormigón con refuerzo de mezcla bituminosa, pretendiendo que sirva para aclarar algunas dudas que puede plantear esta técnica desde un punto de vista teórico. En una segunda publicación, se presentarán aplicaciones prácticas resultado de la experiencia de Sacyr en la aplicación de esta técnica.

2. Rehabilitación de pavimentos de hormigón

Los pavimentos de hormigón más habituales pueden ser con juntas sin armar, armado con juntas y continuos armados. El paso de las cargas de tráfico y el efecto del clima provocan que estos pavimentos se deterioren apareciendo la necesidad de realizar reparaciones en función de la tipología e intensidad de los deterioros. La reconstrucción del pavimento es una actividad que habitualmente se intenta evitar por tener un elevado coste y una importante afección al usuario. Habitualmente se recurre a la rehabilitación del pavimento mediante actuaciones que pueden ser:

- Refuerzo de hormigón: adherido o no adherido
- Refuerzo de mezcla bituminosa

Refuerzo de hormigón adherido

Esta actuación consiste en una capa fina de hormigón (50 – 150 mm) sobre el pavimento de hormigón existente de forma que constituyan una estructura monolítica. El concepto fundamental de esta actuación es añadir capacidad estructural al pavimento existente. Es habitual utilizar los refuerzos adheridos como actuaciones de conservación de menor duración (p. ej. 10 años) que las vidas habituales consideradas en los pavimentos de hormigón nuevos. En esta técnica, la adherencia entre el refuerzo y el pavimento existente es esencial pues es la que asegura un comportamiento monolítico y que el pavimento antiguo continúe soportando parte de la carga. La principal ventaja de este tipo de actuación es que el espesor requerido es inferior al del refuerzo no adherido ya que la aportación estructural del pavimento existente se considera en el cálculo. No se recomienda esta actuación para pavimentos muy deteriorados ya que este deterioro puede afectar a que la adherencia sea adecuada.

Refuerzo de hormigón no adherido

Esta actuación consiste en una capa de mayor espesor de hormigón (125 mm o mayor) sobre un pavimento de hormigón. El concepto de "no adherido" simplemente indica que no es necesario que la losa superior funcione de forma solidaria con la inferior, es decir, que el método de diseño no considera la losa existente como componente estructural de la nueva losa sino que se comportará como una buena base. En comparación con los refuerzos adheridos, esta actuación es rentable para los casos en los que el pavimento existente está muy deteriorado y no se quiere optar por la demolición y reconstrucción. En esta técnica de refuerzo se coloca una capa de separación entre el refuerzo y el pavimento existente por lo que no hace falta realizar muchas reparaciones previas. El espesor de la capa de separación está entre 15 y 35 mm y su colocación permite que las estructuras del pavimento existente y el refuerzo actúen de forma independiente.

Refuerzo de mezcla bituminosa

Este tipo de refuerzos es el más habitual pues mejora la calidad de rodadura y permite abrir al tráfico en un menor tiempo que los refuerzos de hormigón. A pesar de estas ven-

tajas, su funcionamiento se ve muy afectado por la aparición de grietas por reflexión. Las grietas por reflexión son grietas que aparecen en el refuerzo de mezcla que reproducen el deterioro o las juntas que existían en el pavimento de hormigón inferior antes de colocar el refuerzo. Este tipo de deterioro es el problema principal que ha afectado a este tipo de refuerzos y sobre el que se han estudiado multitud de soluciones a lo largo de los años para intentar evitarlo o minimizarlo.

3. El problema de la reflexión de grietas en los refuerzos de mezcla bituminosa

Los refuerzos de mezcla bituminosa sobre pavimentos de hormigón tienen el inconveniente de la aparición de grietas por reflexión (también denominado reflejo de grietas). El paso repetido del tráfico, los movimientos horizontales por las variaciones térmicas y el combado de las losas producen movimientos en los bordes de las grietas y de las juntas del pavimento de hormigón que inducen tensiones en la parte inferior de la capa de refuerzo. La mezcla llega un momento que no puede soportar estas sollicitaciones y se genera la grieta de reflexión. Pese a los grandes prejuicios existentes, la aparición de algunas grietas por reflexión no es en sí un problema si se realiza una conservación adecuada con un producto de sellado de buena calidad y una ejecución correcta. En caso contrario el agua infiltrada a través de estas grietas puede disminuir la rigidez y la durabilidad de las capas granulares inferiores, disminuir la adherencia entre capas y afectar la integridad de la mezcla bituminosa. Las grietas por reflexión sí se convierten en un problema cuando el pavimento de hormigón existente tiene un mal apoyo y los trozos de losa se mueven pues esto puede generar que los bordes de las grietas reflejadas en la mezcla se vayan degradando, desconchándose y perdiendo la eficacia del sellado y la capacidad de transferencia de carga. Por tanto, independientemente de si aparecen grietas o no, es importante eliminar este tipo de movimientos mediante inyección de lechada o algún tratamiento como la desintegración de losas que permita asentar las losas y mejorar su apoyo en la base. Si se extiende un refuerzo sobre un pavimento de hormigón que se mueve, el fracaso está asegurado.

Existen varias formas de abordar el problema de la reflexión de grietas que pueden ser incluso compatibles entre sí en algunos casos. Sin tener en cuenta la solución más sencilla

de aumentar el espesor del refuerzo o demoler el pavimento de hormigón, se podrían agrupar en cinco tipos:

- Reparaciones previas
- Rotura controlada del pavimento de hormigón existente
- Diseño especial de la mezcla bituminosa
- Capas especiales de relajación de tensiones
- Refuerzo de la mezcla
- Inducir la reflexión de forma controlada

3.1 Reparaciones previas

Aunque no es un remedio definitivo, una buena preparación del soporte sobre el que se va a realizar el refuerzo puede tener un beneficio directo en el comportamiento del refuerzo. Con estas reparaciones se busca eliminar deterioros graves localizados que harían inútil cualquier actuación, mejorar el apoyo del pavimento de hormigón si existen movimientos en las losas y cualquier otra mejora que permita homogeneizar las condiciones de funcionamiento del refuerzo de mezcla.

Por tanto, antes de cualquier refuerzo se debe estudiar la necesidad de estas actuaciones que pueden consistir en:

- Reparaciones de losas
- Restitución de pasadores
- Relleno de huecos en la base mediante inyección con lechada de cemento
- Microfresado de escalonamiento
- Mejoras de drenaje

3.2 Rotura controlada del pavimento existente

El funcionamiento de un refuerzo de mezcla está directamente relacionado con el tamaño de los fragmentos de hormigón del pavimento antiguo. Los menores tamaños provocan menores movimientos y, por tanto, el tiempo que tardan las grietas de reflexión en aparecer es mayor. Todos los tratamientos de rotura intentan reducir la separación entre las discontinuidades provocadas por las grietas y juntas y, como objetivo secundario pero no menos importante, asentar el pavimento para mejorar su apoyo sobre la base inferior. En el siguiente apartado se describirán en detalle las diferentes técnicas disponibles.

Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles

3.3 Diseño especial de la mezcla bituminosa

En este caso se trata de fabricar mezclas que tengan características especiales que retrasen la aparición de grietas por reflexión. Algunos de estos diseños son:

- Mejorar las propiedades del betún, por ejemplo, usando betunes modificados con polímeros
- Aumentar el contenido de betún, por ejemplo, con betunes de alta viscosidad con alto contenido de caucho
- Aumentar la resistencia a tracción de la mezcla incorporando algún tipo de fibra sintética

Como se ha comentado anteriormente, hay que ser conscientes de que no existe ninguna mezcla capaz de resistir grandes movimientos de los trozos de pavimento de hormigón. Su éxito está muy relacionado a la estabilidad del soporte.

3.4 Capas especiales de relajación de tensiones

Estas capas suelen tener un espesor relativamente importante (superior a 7-8 cm) y aportan capacidad estructural. Pueden consistir en una mezcla bituminosa abierta con una gran cantidad de huecos (> 20%) o una base granular. En ambos casos las ventajas son las mismas. Se aísla el pavimento existente del refuerzo eliminando o reduciendo la transferencia de movimientos entre ellos. Ambos materiales además son capaces de absorber mayor movimiento antes de transmitirlo a la capa de refuerzo debido a su bajo módulo de rigidez. A pesar de todo, aunque exista más margen que con un simple refuerzo, es importante analizar la posibilidad de mejorar el apoyo del pavimento de hormigón.

3.5 Mallas

Si bien este tipo de productos están más pensados para refuerzos sobre firmes flexibles, también se pueden colocar sobre pavimentos de hormigón. Las mallas pueden ser de muchos tipos, geotextiles, mallas de fibra de vidrio, mallas metálicas, etc. Se colocan antes de extender el refuerzo de mezcla. Si existen movimientos verticales importantes por un mal asiento del pavimento del hormigón, no evitan la aparición de las grietas aunque retrasan su aparición y controlan su evolución.

3.6 Inducir la reflexión de forma controlada

Esta técnica consiste en, una vez extendido el refuerzo, serrar y sellar juntas sobre las juntas o grietas existentes en el pavimento inferior. La idea no es evitar o retrasar la aparición de la fisuración de reflexión sino controlar su evolución. Esta técnica es adecuada cuando el pavimento de hormigón no tiene grietas o estas son transversales regularmente espaciadas. La técnica tiene la misma base teórica que la prefisuración del suelocemento. La idea es controlar la localización de las grietas por reflexión de las juntas inferiores y conservar estas juntas como se hace en los pavimentos de hormigón.

4. Técnicas de rotura controlada de losas

Las técnicas de rotura de losas incluyen fracturación (*crack and seat*) y desintegración (*rubblizing*). En algunos países estas técnicas se llevan utilizando desde hace varias décadas con resultados exitosos cuando se han aplicado de forma correcta. El objetivo principal de estas técnicas es reducir el fenómeno de reflexión de grietas y juntas en el refuerzo de mezcla mediante la reducción de las losas de hormigón a trozos más pequeños y la mejora del apoyo con la base del pavimento. Existe un principio fundamental en el que se basan todas estas tareas que es, "a medida que la distancia entre grietas disminuye, la probabilidad de reflexión de grietas disminuye". La rotura del pavimento de hormigón que está debajo del refuerzo disminuye los movimientos de las losas agrietadas o rotas lo que hace que disminuyan las tensiones críticas sobre la capa de refuerzo que son las que originan la reflexión. Si estas técnicas se aplican de forma correcta, son muy efectivas y no se requiere otro tratamiento de control de fisuras. La efectividad de estas técnicas aumenta sustancialmente sobre pavimentos muy deteriorados.

4.1 Fracturación (*Crack and seat*)

Esta técnica se utiliza para reducir la losa a tamaños más pequeños (menores de 1 m) mediante impactos y de esta forma eliminar la aparición de grietas por reflexión en un refuerzo de mezcla bituminosa colocado sobre el pavimento de hormigón. La denominación comercial habitual de esta técnica es *crack and seat* o *break and seat*. El aspecto del hormigón después de esta actuación son losas agrietadas con trozos de mayor o menor tamaño (Foto 1).



Foto 1. Pavimento de hormigón fracturado (Fuente: Antigo).

El principal objetivo de esta técnica es reducir la acumulación de movimientos horizontales hasta un nivel admisible por la capa de mezcla que se extenderá como refuerzo. Para conseguir esto, se utilizan equipos que actúan por impacto golpeando las losas y reduciéndolas a trozos de 0.3-1.0 m de longitud (*crack*). Los equipos utilizados en la actualidad para la fase de fracturación (*crack*) pueden ser de tipo guillotina o de tipo martillo múltiple (Foto 2). Estos equipos son vehículos autopropulsados que elevan una masa muy pesada hasta 2,5 m de altura y la dejan caer para impactar contra la superficie del pavimento. La idea de mantener un tamaño de trozo de losa no demasiado pequeño es buscar el equilibrio entre conservar cierta capacidad estructural y minimizar los movimientos en cada junta/grieta. Lo ideal es conseguir que la fracturación genere grietas finas que permitan mantener la transferencia de carga entre sus bordes y así mantener una la mayor capacidad portante posible.



Foto 2. Equipo tipo guillotina para fracturación de pavimentos de hormigón (Fuente: Antigo)

El equipo permite un anchura de trabajo de carril completo con un rendimiento de 2.500 m² por hora. Si lo que se necesita es reducir el tamaño de los trozos al máximo (60 cm), el rendimiento baja por debajo de los 1.000 m². La capacidad de elevar la guillotina le permite abordar la fracturación de pavimentos de hormigón hasta de 90 cm de espesor.

Después de la fracturación, se asientan (de ahí la denominación, *seat*) los trozos de losa con rodillos neumáticos pesados de entre 30 y 50 toneladas (Foto 3). El asentamiento del pavimento permite asegurar que se restablezca el apoyo entre la losa y la base inferior reduciendo los posibles huecos existentes, crear un apoyo uniforme para la operación posterior de refuerzo y localizar zonas blandas en las capas inferiores que puedan necesitar una actuación puntual de saneo. El tipo de rotura en pavimentos armados es más agresivo pues es necesario separar armadura y hormigón. Si en estos casos el equipo de impacto ha dejado trozos desconchados o lajosos en superficie, puede ser necesario partirlos con rodillos metálicos especiales diseñados con protuberancias que parten esas partículas y las dejan con formas más adecuadas. Por último, se suele pasar un rodillo metálico para dejar la superficie con una regularidad adecuada.

Esta técnica se utiliza con pavimentos de hormigón donde la capacidad estructural no está seriamente afectada pero que pueden tener defectos funcionales que afecten su regularidad como desconchados, reparaciones, etc. Si la actuación se realiza sobre pavimentos con juntas armados, las cargas a aplicar son muy superiores pues es necesario romper la adherencia armadura-hormigón lo que permite disminuir los movimientos relativos en juntas y grietas. Las cargas tan altas necesarias para esta tarea tiene un efecto negativo



Foto 3. Equipo pesado de compactación para pavimentos fracturados (Fuente: Antigo)

Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles

que es la reducción de capacidad estructural que será necesario tener en cuenta a la hora de diseñar el espesor de refuerzo. Esto puede llevar a que, en algunos casos, sea preferible la opción de la técnica de la desintegración o "rubblizing". Cuando la técnica de crack and seat se realiza sobre pavimentos armados, las empresas suelen utilizar una denominación diferente (p. ej. *break and seat*) pero el procedimiento y equipos utilizados son iguales.

4.2 Desintegración (Rubblizing)

El objetivo de esta técnica es también eliminar el fenómeno de reflexión de juntas y grietas en el refuerzo de mezcla bituminosa eliminando totalmente la integridad de la losa mediante su reducción a un material granular de altas prestaciones (hasta 3.000 MPa) y, por tanto, cambiando radicalmente su forma de trabajar dentro del pavimento. La desintegración se puede aplicar a un pavimento de hormigón con juntas armado o sin armar y en cualquier estado de deterioro, pero tiene más sentido en los casos en los que se ha perdido mucha capacidad estructural. La denominación comercial de esta técnica es "rubblizing" o "rubblization". El aspecto del hormigón después de esta actuación es totalmente diferente a la fracturación (*crack and seat*) pues lo que se observan son partículas sueltas como las de una base granular (Foto 4).

Una vez la losa ha perdido su integridad, el problema de la reflexión de grietas se habrá eliminado. Con esta técnica la losa se reduce a una base granular con partículas con un tamaño entre 50 y 150 mm. Esta base tiene mayor calidad que una base granular convencional con módulos de rigidez desde 700 MPa y que pueden alcanzar valores hasta de 3.000 MPa. Lo ideal es que la forma de desintegrar el hormigón sea tal



Foto 1. Pavimento de hormigón fracturado (Fuente: Antigo).

que el material mantenga el mayor módulo de rigidez posible, el mayor coeficiente estructural y la mayor capacidad de distribución de cargas hacia las capas inferiores. Esto es uno de los aspectos que diferencia en gran medida los equipos que se pueden utilizar para aplicar esta técnica.

En el proceso de ejecución, debe asegurarse que la desintegración afecte al espesor completo de la losa de hormigón y que se elimina cualquier adherencia entre la armadura y el hormigón, asegurando que la base inferior sea dañada lo menos posible.

Esta técnica se puede aplicar mediante dos tipos de equipos basados en dos principios diferentes: por resonancia (*Resonant Frequency Breaker, RFB*) o por impactos (*Multi-Head Breaker, MHB*). Ambos equipos permiten eliminar la reflexión de fisuras pero son diferentes en varios aspectos que se comentarán a continuación.

4.2.1 Resonant Frequency Breaker (RFB)

Este equipo lo tienen disponible dos empresas estadounidenses que ofrecen sus servicios en todo el mundo: Resonant Machines Inc. (RMI) y Quasco.

Este equipo es autopropulsado y utiliza impactos de baja amplitud y alta frecuencia que mediante un tacón aplican cargas de 0,9 toneladas para desintegrar el hormigón. La amplitud se puede regular entre 32 y 38 mm y la frecuencia es siempre superior a 44 ciclos por segundo. El tacón o martillo va unido a una viga y un contrapeso que permiten alcanzar una alta frecuencia de aplicación de la carga. En el proceso de desintegración se ajustan varios de estos parámetros (tamaño del tacón, anchura de la viga, frecuencia, carga...) junto con la velocidad de avance de la máquina para obtener el resultado requerido.

Este equipo se basa en el principio de que una fuerza vibratoria se puede regular hasta alcanzar la frecuencia de resonancia del elemento al que se está aplicando la vibración. El principio de rotura es que se aplica a la losa una energía resonante con baja amplitud y alta frecuencia que provoca una tensión muy alta en su parte superior. Esto causa que la losa se fracture en planos de rotura inclinados entre 35 y 40 grados respecto a la superficie del pavimento (Figura 1). Esta forma de rotura en diagonal proporciona mayores módulos de rigidez que en el caso de líneas de rotura verticales lo que permite distribuir la carga sobre una mayor área de la capa inferior mejorando el comportamiento de la capa frente al equipo Multi-Head Breaker.

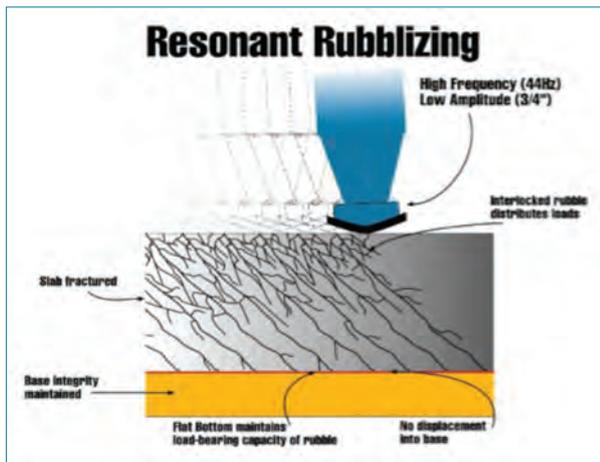


Figura 1. Patrón de rotura generado por los equipos de desintegración por resonancia (Fuente: RMI).

El coeficiente estructural de una base granular se considera habitualmente 0.14 y el del material de la losa desintegrada puede alcanzar fácilmente 0.22 y llegar en ocasiones hasta 0.28. En el proceso de desintegración además se busca que la rotura se produzca de tal forma que no existan trozos de la losa que penetran excesivamente en la base inferior para lo que se intenta limitar el movimiento entre los distintos trozos. El patrón de rotura producido por el equipo de vibración es en forma de puzzle de forma que todos los trozos están encajados unos con otros. Esto es lo que produce una mayor distribución de las cargas hacia la capa inferior ya que las piezas trabajan de forma conjunta. Esto solo se puede conseguir aplicando una carga de baja amplitud y alta frecuencia mediante vibración por resonancia. Uno de los inconvenientes de realizar esta rotura controlada del hormigón limitando el daño que se ejerce sobre él es que el espesor de losa que se puede desintegrar es limitado. En los casos habi-



Foto 5. Equipo de desintegración por resonancia. (Fuente: Sacyr).

tuales, espesores de hasta 30 cm no presentan ningún problema. Pero en el caso de refuerzos de hormigón sobre pavimentos de hormigón o en el caso de que la base sea de hormigón magro, los rendimientos pueden bajar de forma sustancial o en casos extremos, puede ser que no sea posible utilizar el equipo. Por este motivo es importante realizar un estudio previo de qué tipo de base existe y consultar con el proveedor si es posible realizar el trabajo.

La operación de desintegración se realiza habitualmente desde el centro de la calzada hacia la parte exterior. Cada pasada del equipo afecta una franja de 20 cm por lo que se requieren entre 18 y 20 pasadas para desintegrar el pavimento de un carril de 3.65 m de anchura. La producción depende del tipo de apoyo de la losa pero es habitual que alcance 1.5 km de carril por día, más de 5.000 m². Uno de los inconvenientes de este equipo es que el tacón del martillo se encuentra debajo del equipo. Esto genera, por ejemplo, que para llegar al borde de carril interior sea necesario que el equipo ocupe entre 0.9 y 1.5 m del carril contiguo por lo que debe de ser posible desviar el tráfico por el arcén del sentido contrario. Igualmente, para llegar al borde de carril exterior es necesario que exista un espacio lateral y que tenga capacidad suficiente como para que el equipo pueda apoyarse, teniendo en cuenta su elevado peso (9 toneladas por rueda). La forma en la que trabaja el equipo, dando sucesivas pasadas, también genera que tenga que circular por las franjas anteriores ya desintegradas lo que, en algunos casos, podría provocar su hundimiento si el material o la explanada inferior no es capaz de soportar el elevado peso de cada rueda. En estos casos, alguna de las empresas dispone de la posibilidad de equipar a los vehículos con neumáticos especiales que reparten en una huella más ancha la carga del equipo para minimizar este problema. Este inconveniente de la disposición de la viga también presenta sus ventajas pues hace que las ruedas circulen sobre el material desintegrado de las franjas anteriores cumpliendo las funciones del rodillo de neumáticos pesado, asentando el material y detectando posible puntos blandos. Solo es necesario, por tanto, unas pasadas de rodillo metálico liso convencional de 10 t para dejar la superficie preparada para extender el refuerzo.

4.2.2 Multi-Head Breaker (MHB)

El MHB es un equipo autopropulsado con varias masas montadas en la parte posterior del vehículo (Foto 6). Estas masas-

Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles



Foto 6. Equipo de desintegración por impacto. (Fuente: Antigo).

martillo están colocadas en dos filas y golpean el pavimento aproximadamente cada 10 cm. La altura de caída de las masas es regulable así como la cadencia con la que van cayendo. Este equipo lo ofrece la empresa Antigo Construction.

Las masas al caer rompen el hormigón por impacto por tensión de la fibra inferior de la losa. La técnica en la que se basa este equipo crea líneas de rotura verticales lo que genera un módulo de rigidez inferior que en la desintegración por vibración (Figura 2). Esto también puede provocar que trozos de las losas se incrusten en la base inferior sobre todo en los casos en los que esta o la explanada tienen una baja capacidad de soporte. Con este tipo de rotura no se genera una trabazón entre los trozos de material por lo que la distribución de cargas también es menor que en el caso del equipo de vibración. Asimismo, los tamaños del material desintegrado por impactos no son homogéneos por lo que incluso la rigidez tiene mucha variabilidad de un punto a otro. Todo lo

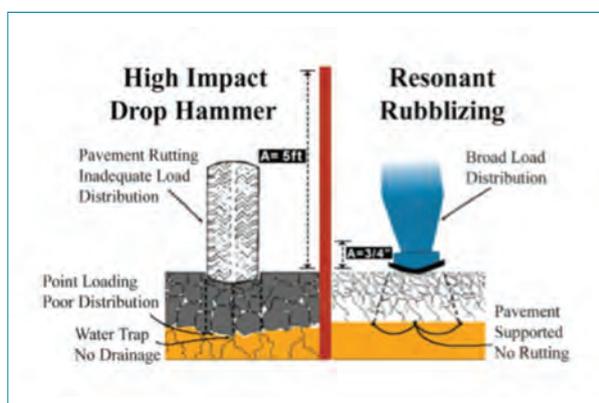


Figura 2. Comparación entre métodos de desintegración. Efecto sobre la base. (Fuente: RMI).

anterior influye de forma negativa en los espesores de refuerzo que son necesarios posteriormente.

Este equipo tiene la ventaja de poder realizar la desintegración de un carril en una sola pasada pudiendo tratar hasta 3.8 m de ancho. Su rendimiento depende del tipo de base inferior pero se pueden alcanzar 1.5 km de carril por día. Si la desintegración se realiza con este equipo hay que utilizar un rodillo especial con protuberancias que rompa las partículas lajas o alargadas que se hayan formado en superficie. Al contrario que el equipo que desintegra por vibración, este equipo no circula sobre el material desintegrado por lo que es necesario utilizar un rodillo de neumáticos pesado para asentar el material y detectar posibles puntos blandos que necesiten ser tratados. Para finalizar se emplea un rodillo metálico liso convencional para preparar la superficie para el extendido del refuerzo (Foto 7).

5. Métodos de cálculo del espesor de refuerzo con mezcla bituminosa después de la rotura controlada de losas

Cuando se diseña un refuerzo de mezcla sobre un pavimento de hormigón, se analizan varios criterios de fallo entre los que se encuentra la aparición de grietas por reflexión. Como se ha venido comentando, si se realiza una actuación previa de rotura de losas se supone que no es necesario tener en cuenta la reflexión de grietas y juntas para el diseño. De hecho, los métodos y normas existentes no abordan este modo de fallo, enfocando el problema solamente desde el punto de vista estructural. A continuación se describen los métodos que se utilizan más habitualmente para el diseño de este tipo de refuerzos.



Foto 7. Tren de trabajo con equipo de desintegración por impactos. El rodillo especial de rotura, en primer plano. (Fuente: Antigo).

Tabla 1. Espesores de recrecimiento de firmes con pavimentos de hormigón mediante mezcla bituminosa (cm).

Intensidad media diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto					
> 4000	2000 - 4000	800 - 2000	100 - 800	50 - 100	0 - 50
25	20	16	12	9	6

Tabla 2. Coeficiente estructural propuesto para pavimentos de hormigón con tratamiento de rotura de losas.

Material	Estado de las losas	Coeficiente estructural, a
Fracturación de hormigón armado (Break&seat)	Trozos mayores de 1 pie con rotura de adherencia armadura-hormigón	0.20 – 0.35
Fracturación de hormigón sin armar (Crack&seat)	Trozos de 1 a 3 pies	0.20 – 0.35
Desintegración (Rubblizing)	Trozos de menos de 1 pie	0.14 – 0.30

Tabla 3. Rango de módulos del hormigón después del tratamiento.

Tipo de rotura	Rango de módulos, ksi (MPa)
Fracturación	150 – 1000 (1.000 – 7.000)
Desintegración	50 – 150 (350 – 1.000)

5.1 Norma 6.3 IC: Rehabilitación de firmes. Ministerio de Fomento. España

El apartado 10.4.2. de la norma aborda el refuerzo con mezclas bituminosas de firmes que tengan pavimento de hormigón. Las indicaciones dadas parece que hicieran referencia a la desintegración con equipo de impactos Multi-Head Breaker (MHB). Los espesores de recrecimiento mínimos necesarios para rehabilitar estructuralmente el pavimento de hormigón desintegrado con un refuerzo de mezcla bituminosa se indican en la Tabla 1.

5.2 AASHTO Guide for design of pavement structures 1993

El documento incluye un apartado en su capítulo 5, que se denomina “AC overlay of fractured PCC slab pavement”. La guía propone los coeficientes estructurales para la capa de hormigón después del tratamiento de rotura controlada que se incluyen en la Tabla 2.

5.3 AASHTO Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, Interim Edition: A Manual of Practice (antes MEPDG)

La guía incluye la posibilidad de diseñar refuerzos de mezcla bituminosa sobre pavimentos de hormigón a los que se les haya aplicado algún tratamiento de rotura controlada de

losas (fracturación o desintegración). También existe la posibilidad de diseñar el firme si entre el refuerzo y el pavimento de hormigón existente se interpone una capa granular. Tal y como indica en el apartado 3.4 “Estrategias de diseño para pavimentos flexibles nuevos y recapados de HMA para ser utilizados con el MEPDG”, este tipo de refuerzos no se ha incluido en el estudio de calibración global y requiere una calibración local.

El método indica que para los diseños de nivel 1 se caracterice el pavimento de hormigón una vez aplicado el tratamiento de rotura de losas mediante retrocálculo a partir de datos de deflexiones. Para un diseño nivel 2 ó 3, se recomienda un rango de módulos típicos que se incluyen en la Tabla 3.

5.4 NAPA Design and construction guidelines on rubblizing and overlaying PCC pavements with hot-mix asphalt (National Asphalt Pavement Association)

Este método de diseño también se basa en un procedimiento mecanicista-empírico. El método se basa en el software libre PerRoad desarrollado por Asphalt Pavement Alliance para el diseño de pavimentos perpetuos. Dentro del software existe

Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles

la posibilidad de seleccionar como material "hormigón desintegrado" para el que sugiere un rango de módulos entre 40.000 y 700.000 psi (275 y 4825 MPa). El método incluye también una serie de tablas y ábacos para realizar diseños cuando se dispone de información menos precisa.

5.5 Federal Aviation Administration. Advisory Circular 150/5320-6E

En el apartado 406 "Thickness design for rubblized concrete pavements" se indica que en el programa FAARFIELD es posible seleccionar una capa de pavimento de hormigón desintegrado y recomienda valores de módulo entre 100.000 psi y 400.000 psi (690 – 2760 MPa). Concretamente sugiere que para la selección del valor se tenga en cuenta el espesor del pavimento de hormigón de acuerdo al siguiente criterio:

- **Espesor 6 – 8 pulgadas (15 – 20 cm):** 100-135 ksi (690-930 MPa)
- **Espesor 8 – 14 pulgadas (20 – 35 cm):** 135-235 ksi (930-1.620 MPa)
- **Espesor > 14 pulgadas (> 35 cm):** 235-400 ksi (1.620-2.760 MPa)

6. Experiencia en la aplicación práctica de la técnica

Esta publicación ha presentado aspectos generales y teóricos de la técnica de desintegración de pavimentos de hormigón (rubblization o rubblizing) que permite transformar un pavimento de hormigón en una base de altas prestaciones y eliminar el problema de la reflexión de grietas en el refuerzo con mezcla bituminosa. En una entrega posterior se expondrán algunos resultados de la experiencia práctica que Sacyr tiene en la aplicación de la técnica. En dicha publicación se comentarán aspectos que se deben tener en cuenta para garantizar el éxito de la actuación y se expondrán algunos ejemplos de proyectos en los que se ha aplicado.

7. Referencias bibliográficas

- Anderson, J., Thompson, M., Schilling D., Kohn, D. and Shinnars, G., "Runway Rubblization at Selfridge ANG", paper at DoD's Transportation Systems Workshop, Fort Lauderdale FL, 2004.
- Baladi, G. and Svasdisant, T., "Identify Causes for Under Performing Rubblized Concrete Pavement Projects – Phase II, Volumes I and II (Appendices)", Michigan State University, MDOT Research Report RC-1416, August 2002.
- Buncher, M. et al. "Airfield Asphalt Pavement Technology Program Project 04-01: Development of Guidelines for Rubblization . Final Report ." Asphalt Institute. 2008.
- Decker, D. "Design and construction guidelines on rubblizing and overlaying PCC pavements with hot-mix asphalt". NAPA, 2006.
- Galal, K., Coree, B., Haddock, J. and White, T., "Structural Adequacy of Rubblized PCC Pavements," Transportation Research Record 1684, 1999.
- Heckel, L. Rubblizing with bituminous concrete overlay – 10 years experience in Illinois. Illinois DOT, 2002.
- Kohn, S., "Nondestructive Testing Rubblized Test Sections, Taxiway W1 DTW, SME Project PP52499" Letter Report from Soil and Materials Engineers Inc to Northwest Airlines, July 2006
- Thompson, M., "Hot Mix Asphalt Design Concepts for Rubblized Portland Cement Concrete Pavements", Transportation Research Record 1684, 1999.
- Velez-Vega, E., "Rehabilitation of Airfield Concrete Pavement using the Rubblization Procedure", paper presented at the Tri-Service Infrastructure System Conference, Aug, 2005.
- Witczak, M. and Rada, G. "Nationwide Evaluation Study of Asphalt Concrete Overlays Placed on Fractured Portland Cement Concrete Pavements", Transportation Research Record 1374, pp 19 to 26, 1992.
- Wolters, A., Smith, K., and Peterson, C., "Evaluation of Rubblized Pavement Sections in Michigan", pre-print paper for Transportation Research Board, January 2007.

UNE-EN 12697-15:2003: Determinación de la sensibilidad a la segregación de las mezclas bituminosas

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

Javier Loma, jloma@ohl.es

Asfaltos y Construcciones ELSAN

1. Objeto y principio del ensayo

Determinación de la tendencia a la segregación en la composición de las mezclas bituminosas en caliente.

Segregación en una mezcla bituminosa es la variabilidad en la granulometría y el contenido de ligante tras su manipulación, que puede ser producida por un mezclado inapropiado o la carga incorrecta en la tolva en el camión o extendedora.

El ensayo es útil para mezclas con tamaño máximo de árido $D \geq 16$ mm con un tiempo de descarga desde la tolva cónica de menos de 15 s, no siendo significativo para mezclas con aditivos como polímeros, fibras, etc.

2. Método operativo

En el caso de la realización con mezcla procedente de planta asfáltica, se toma una muestra de masa superior a 30 kg según la EN 12697-27. El ensayo consiste en introducir una fracción de muestra de mezcla bituminosa de masa 10 ± 1 kg, en caliente con la dosificación de diseño o la composición de fabricación en planta a la temperatura de referencia (según indica la UNE EN 12697-35) en el equipo segregador de la figura que se adjunta. Se toma temperatura y se continúa de la siguiente forma:

- i. Se abre la compuerta deslizante inferior de la tolva cónica y se deja caer en la plataforma inferior del equipo, anotando el tiempo empleado en la descarga de todo el material.
- ii. Posteriormente se abre la trampilla de menor tamaño (140 milímetros de diámetro) situada en el centro de la plataforma y se recoge el material que pasa, que se denomina "material fino".

- iii. Seguidamente se abre la trampilla de mayor tamaño (220 milímetros de diámetro) situada en la misma zona y se recoge todo el material que pasa en un segundo recipiente, que se denomina "material intermedio".
- iv. Todo el material retenido en la plataforma se recoge en un tercer recipiente y es denominado "material grueso".

Se determina el contenido de ligante y la granulometría del material fino y del material grueso (el análisis del material intermedio únicamente se emplea para verificar la composición de la muestra inicial).

Resultados

Valor de la segregación del ligante: $SV_{\text{ligante}} = B_f - B_c$

SV_{ligante} = valor de la segregación del ligante, en porcentaje por masa.

B_f = contenido de ligante de la parte de áridos finos, en porcentaje por masa.

B_c = contenido de ligante de la parte de áridos gruesos, en porcentaje por masa.

Valor de la segregación del árido: $SV_n = B_{f,n} - B_{c,n}$

SV_n = valor de la segregación del árido para el tamiz n, en porcentaje por masa.

$B_{f,n}$ = resultado del tamizado de la parte de áridos finos en el tamiz n, en porcentaje por masa.

$B_{c,n}$ = resultado del tamizado de la parte de áridos gruesos en el tamiz n, en porcentaje por masa.

Valor de la calidad de la mezcla. Contenido de ligante de la subparte de mástico de la parte de áridos finos:

$B_{f,m} = B_f \cdot 100 / S_{f,2\text{ mm}}$

$B_{f,m}$ = contenido de ligante de la subparte de mástico de la parte de áridos finos, en porcentaje por masa.

B_f = contenido de ligante de la parte de áridos finos, en porcentaje por masa.

$S_{f,2\text{ mm}}$ = resultados del tamizado de la parte de áridos finos en el tamiz 2 mm, en porcentaje por masa.

UNE-EN 12697-15:2003: Determinación de la sensibilidad a la segregación de las mezclas bituminosas

Valor de la calidad de la mezcla. Contenido de ligante de la subparte de mástico de la parte de áridos gruesos:

$$B_{c,m} = B_c \cdot 100 / S_{c,2 \text{ mm}}$$

$B_{c,m}$ = contenido de ligante de la subparte de mástico de la parte de áridos gruesos, en porcentaje por masa

B_c = contenido de ligante de la parte de áridos gruesos, en porcentaje por masa.

$S_{c,2 \text{ mm}}$ = resultados del tamizado de la parte de áridos gruesos en el tamiz 2 mm, en porcentaje por masa.

Valor de la calidad de la mezcla: $MQ = B_{f,m} - B_{c,m}$

MQ = Valor de la calidad de la mezcla, en porcentaje por masa.

$B_{f,m}$ = contenido de ligante de la subparte de mástico de la parte de áridos finos, en porcentaje por masa.

$B_{c,m}$ = contenido de ligante de la subparte de mástico de la parte de áridos gruesos, en porcentaje por masa.

3. Equipamiento

Los equipos necesarios para realizar el ensayo son los siguientes:

- Equipo segregador (según forma y dimensiones del dibujo adjunto, Figura 1 de la Norma de ensayo).
- Recipientes de recogida (diámetro 500 mm o superior).
- Balanza de precisión $\pm 0,2$ kg.
- Dispositivo de calentamiento de la tolva de almacenamiento (pe. estufa) que pueda mantener temperaturas por encima de los 200 °C y precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Cronómetro.
- Termómetro que permita medir la temperatura de las mezclas, generalmente entre 150 y 200 °C, con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$.

4. Puntos críticos

Es un método de ensayo poco conocido, del que no existe apenas experiencia en nuestro país. Puede facilitar información de interés para mezclas bituminosas con facilidad a producir segregaciones. Solo es indicado para las mezclas con tamaños de árido grueso igual o superior a 16 milímetros.

La temperatura de ensayo debe ser verificada durante todo el proceso, ya que la variación de la misma puede alterar la manejabilidad del material a ensayar, y por tanto el resultado del ensayo.

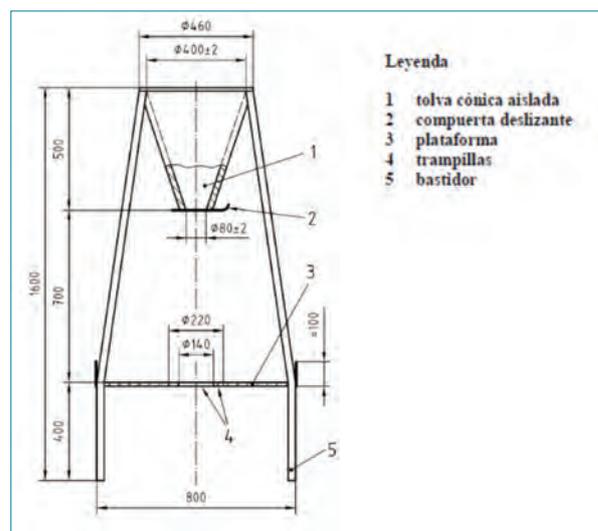


Figura 1. Equipo segregador.

5. Comentarios

Para la aplicación de capas de mezcla bituminosa con espesores superiores a 5 centímetros, generalmente se utilizan mezclas con tamaños igual o superior a 22 milímetros (AC22 o AC32). Uno de los problemas más comunes durante la fabricación, transporte y extendido de estos materiales son las segregaciones granulométricas muy visibles en el pavimento terminado.

Este método de ensayo permite identificar las mezclas bituminosas que pueden ser más o menos sensibles a esta problemática, pudiendo así intensificar la vigilancia y control durante los procesos de fabricación y puesta en obra.

6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-1. Contenido de ligante soluble.
- UNE-EN 12697-2. Granulometría de los áridos.
- UNE-EN 12697-13. Medición de la temperatura.
- UNE-EN 12697-27. Toma de muestras.
- UNE-EN 12697-35. Mezclado en laboratorio.
- UNE-EN 12697-39. Contenido de ligante por ignición.

La aparición de segregaciones granulométricas son defectos comunes en los extendidos de mezclas con tamaño máximo de árido superior a 22 mm. Este método de ensayo nos permite identificar las mezclas con mayor sensibilidad a la aparición de estas segregaciones.

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 19 de septiembre hasta el 28 de noviembre de 2016.

NORMATIVA PUBLICADA

Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **UNE EN 13924-1 (Publicada en Septiembre de 2016):** Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los betunes especiales para pavimentación. Parte 1: Betunes duros para pavimentación

NORMATIVA EN PROYECTO

Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **PNE-prEN 13302 (Última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica de los ligantes bituminosos usando un viscosímetro de rotación de aguja
- **PNE-EN 16849 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método por evaporación en termobalanza

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2)

- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **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 13108-8 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
- **PNE-EN 13108-9 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezcla bituminosa tipo AUTL
- **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

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

- En esta entrega de normativa se han incluido solamente aquellas normas que o bien se han incorporado de manera reciente a su revisión y que se encuentran en proyecto, así como aquellas que han sido aprobadas recientemente.
- Respecto a la norma UNE EN 13924-1 publicada en este periodo, es importante indicar que por el momento va a convivir con la versión del año 2010 y no se procederá a su adaptación al Mercado CE, ya que hasta la fecha no ha sido publicada en el BOE.

INFORME DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO

<http://itec.es/infoitec/eota/informe-de-la-comision-sobre-la-implementacion-del-reglamento-de-productos-de-construccion/>

En el mes de Julio de 2016 la Comisión Europea ha publicado un informe que recoge el estado de la implementación del Reglamento de Productos de la Construcción después del corto periodo de tiempo que lleva en vigor. Este documento pretende ser una vía para analizar algunas dificultades sobre aspectos detectados en la implantación así como retrasos en la adaptación de los requisitos por parte de los agentes que intervienen.

A pesar de haber detectado estas dificultades, la Comisión no tiene intención de realizar cambios sino que considera más apropiado seguir vigilantes para aclarar entre otros, los siguientes aspectos:

- Las excepciones a la emisión de la declaración de prestaciones
- El contenido de la declaración de prestaciones
- La información que acompaña el Mercado CE
- La sistemática para los procedimientos simplificados para las microempresas
- La metodología para el desarrollo de los procedimientos simplificados para productos fabricados por unidad o hechos a medida
- El seguimiento para asegurar la vigilancia del mercado
- Mejora del proceso de normalización para hacerlo más ágil
- Revisar la conversión de los DITE en los DEE para simplificar y conseguir una finalización más rápida y transparente

ÚLTIMAS ACTUALIZACIONES EN LEGISLACIÓN, NORMATIVA Y OTRAS DISPOSICIONES

- Con fecha 20 de junio de 2016 se publica en el DOG nº 116 el DECRETO 66/2016 de 26 de mayo por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras de Galicia con correcciones publicadas con fecha 3 de agosto de 2016 en el DOG nº 146 la corrección de errores del Decreto 66/2016. Este documento ha entrado en vigor el 10 de julio de 2016. Este reglamento es de aplicación a las carreteras y al resto de elementos que constituyen el dominio público viario de la Comunidad Autónoma de Galicia o de las entidades locales de su ámbito territorial.
- Con fecha 13 de octubre de 2016 se publicó la nueva convocatoria del Programa CEF (Connecting Europe Facility) que permite acceder a financiación para obras y tramos de ensayos (studies) situados en la red de carreteras incluida en el programa. La información sobre esta convocatoria se puede encontrar en el siguiente enlace <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/apply-funding/2016-cef-transport-calls-proposals>
- Los Organismos de Normalización Europeos CEN y CENELEC son los responsables de la ratificación de las normas Europeas, ambos cooperan en diversos ámbitos de interés común compartiendo además políticas comunes sobre cuestiones en las que existe un acuerdo mutuo.

Las actividades específicas de cada uno de los Organismos de Normalización son las siguientes:

CEN abarca los temas de Accesibilidad, aire y espacio, química, construcción, productos de consumo, energía y servicios públicos, medio ambiente, alimentos, salud y seguridad, salud, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), TICs, innovación, seguridad de maquinaria, materiales, medición, nanotecnologías, equipos a presión, seguridad y defensa, servicios, transporte y envasado.

CENELEC cubre la estandarización electrotécnica en sectores como Vehículos eléctricos, redes inteligentes, electrodomésticos, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), compatibilidad electromagnética (EMC), ingeniería eléctrica, comunicaciones por fibra óptica, equipos médicos, ferrocarriles, redes inteligentes, medición inteligente, energía solar (fotovoltaica), sistemas eléctricos, etc.

Como ayuda a los involucrados en la redacción de normativa, estos organismos han publicado una serie de guías que pretenden ser documentos de referencia para dar orientaciones, asesoramiento o recomendaciones sobre principios y políticas de normalización. Las guías también pueden abordar temas de interés para todos los usuarios de documentos europeos como fabricantes, diseñadores, proveedores de servicios y formadores.

Puedes tener acceso a esta información en el enlace <http://www.cencenelec.eu/standards/Guides/Pages/default.aspx>

Noticias del sector

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

Conclusiones de la III Jornada Técnica Nacional de ATEB

El pasado 20 de octubre se celebró en Madrid la III Jornada Técnica Nacional de la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB), con el título “La Emulsión Bituminosa y la conservación del patrimonio viario. Expectativas para el usuario”, en la que se trató la normativa sobre emulsiones bituminosas, buenas prácticas en ejecución de obra y la comunicación de la innovación en la asociación. Adicionalmente, tuvieron lugar dos conferencias magistrales a cargo de Alberto Bardesi y Andrés Costa, que hablaron sobre la expectativas de futuro referidas al empleo de emulsiones bituminosas y la experiencia en su empleo, respectivamente.

Las emulsiones bituminosas tienen un futuro prometedor, por su empleo en diferentes soluciones de pavimentación, mediante técnicas en frío y en templado. Estas expectativas se justifican en base a la eficiencia, ecología y economía que supone su uso, si bien son factores clave: el conocimiento de las técnicas, la innovación y el adecuado control de calidad en las aplicaciones, que redundará en las mejores prestaciones de cada técnica. El compromiso con la calidad y la innovación, la ponderación de criterios ambientales y la inclusión de las técnicas con emulsión en la normativa técnica, permitirá un crecimiento en su aplicación y la identificación de nuevos nichos de mercado, donde las técnicas con emulsión tienen que tener un lugar preferente.

Durante la Jornada tuvo lugar con un acto de entrega de placas y nombramiento de Miembros de Honor, en las personas de Alberto Bardesi y Javier Nebreda.

El broche de cierre tuvo lugar con la entrega del premio al mejor post del Blog de ATEB, en la persona de D. Luis Lozano como autor del post ¿Qué llevan las emulsiones bituminosas? Betún, agua y ¿?

El encuentro se clausuró con un resumen de conclusiones preliminares realizado por la Dirección del Comité Técnico de ATEB.

29ª Semana de la Carretera

La Asociación Española de la Carretera (AEC) celebró, entre los pasados días 24 y 26 de octubre, la 29ª Semana de la Carretera. El encuentro, celebrado a caballo entre las ciudades de Baeza y Úbeda, con el apoyo de la Junta de Andalucía, quiso dar la palabra a los profesionales de la industria viaria para que aporten sus conocimientos y soluciones más eficaces a los problemas actuales del sector.

En lo que a infraestructura se refiere, se expusieron nuevas técnicas aplicadas a los firmes como los pavimentos con propiedades descontaminantes por fotocatalisis o los materiales que disminuyen la emisión de gases NO_x en el transporte. Otras intervenciones se centraron en nuevos sistemas de inspección visual de carreteras, capaces de predecir modelos de evolución del estado de la vía, así como las estrategias más apropiadas de inversión en función de El encuentro contó con una participación muy activa de las administraciones autonómicas y provinciales. El día de la inauguración se celebró una mesa sobre Gestión de Redes en Escenarios Restrictivos, en la que participaron, además del director general de Infraestructuras de la Junta de Andalucía, Jesús Huertas, sus homólogos de la Generalitat de Cataluña, Francesc Xavier Flores; de la Junta de Castilla-La Mancha, David Merino; Cantabria, José Luis Gochicoa, y Madrid, José Trigueros.

Asefma alerta de la situación de extrema gravedad que afecta al sector

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) ha participado en la mesa sectorial de la 29ª Semana de la Carretera que se celebra en Baeza (Jaén) para subrayar la difícil situación que atraviesa el sector del asfalto y el deficiente estado de conservación de las carreteras españolas. “Tenemos un grave problema estructural”,

afirmó Juan José Potti, presidente de la asociación. “Esta situación de extrema gravedad, que afecta a las carreteras españolas y al sector del asfalto, es indefendible si consideramos el valor del patrimonio viario”.

El máximo representante de los fabricantes españoles de asfalto no ha dejado espacio al optimismo. “Las carreteras no gritan, no reclaman y no se manifiestan; nuestras empresas no están dispuestas a gritar ni a manifestarse ante la caída de actividad; las administraciones de carreteras tampoco consiguen los recursos necesarios para la conservación adecuada de nuestra red”, lamentó Potti. “La situación es insostenible”. Sobre la mesa se pusieron datos referentes a la caída de la actividad productiva del sector, que, si bien ha registrado dos años de ligero crecimiento, este 2016 podría cerrar con mínimos históricos. También se recordó el grave deterioro de los pavimentos. En esta última línea, el presidente de Asefma recordó el imperativo de “contar con indicadores precisos, datos objetivos que muestren la gravedad de la situación y sus consecuencias”. Además de promover la creación de indicadores mediáticos, la asociación también sensibiliza a la sociedad sobre el estado de conservación de la red viaria y del sector del asfalto, trabaja en la creación de un foro de carreteras urbanas que integre a administraciones (Vuelca 2016) y promueve la I+D en el sector.

España es líder europeo en uso de mezclas asfálticas mejoradas con caucho procedente de NFU

Las empresas dedicadas a la producción de asfalto en España son, respecto a sus homólogas europeas, las que más toneladas de mezclas bituminosas han fabricado utilizando polvo de neumático fuera de uso (NFU). Se estima que en España más de 1.200 kilómetros de autopistas, carreteras convencionales y viales urbanos han sido pavimentados con mezclas bituminosas incorporando caucho procedente de neumáticos fuera de uso. Sin embargo, el consumo actual de NFU está muy lejos aún del volumen potencial que tiene su aplicación en el sector viario. Así quedó reflejado en la jornada técnica “Mezclas bituminosas con polvo de neumáticos: una solución técnica y ambiental”, que ha acogido la Escuela de Administración Regional de Toledo el pasado día 30 de

noviembre. El encuentro estuvo organizado por Signus Ecovallor, en colaboración con Asefma. “España es el único país de Europa que tiene normalizado y especificado el empleo de caucho procedente de NFU en mezclas bituminosas”, afirmó Juan José Potti, presidente de Asefma, quien también señaló los avances que está realizando el sector del asfalto español en materia de I+D y recordó que “los pavimentos asfálticos contribuyen a la economía circular, el desarrollo sostenible y la reducción de emisiones de CO₂ en el transporte”.

Un estudio sobre diseño de pavimentos flexibles recibe el accésit del Premio a la Innovación en Carreteras

El trabajo “Modelización micromecánica de mezclas asfálticas para el diseño de pavimentos flexibles” ha obtenido el accésit de la sexta edición del “Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo”. Dicho galardón ha sido entregado en la sede de la Fundación de la Asociación Española de Carreteras (FAEC), en Madrid. El Jurado del certamen ha reconocido el trabajo desarrollado por el doctor ingeniero Fernando Óscar Martínez en el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (Argentina) en materia de pavimentos asfálticos. Dicho estudio propone un nuevo método de diseño de firmes que considera la respuesta estructural del pavimento (tensiones, deformaciones y deflexiones) asociada a las cargas del tráfico y las condiciones ambientales. El trabajo también relaciona el daño producido en el firme con el paso del tiempo para determinar la evolución de los deterioros (fisuras, ahuellamientos y regularidad superficial).

Por su parte, el Premio Internacional a la Innovación en Carreteras 2016 ha recaído sobre el estudio titulado “Diseño de zonas de adelantamiento para la mejora de la seguridad y la funcionalidad de carreteras convencionales”. Dicho trabajo ha sido desarrollado por Ana Tsui Moreno Chou, Carlos Llorca García y Alfredo García García, todos ellos del Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras del Instituto del Transporte y Territorio de la Universitat Politècnica de València (ITT-UPV). En él proponen una metodología para el diseño geométrico y la señalización de las zonas de adelantamiento de las carreteras convencionales que garantice una visibilidad segura.

Calendario de eventos

AÑO 2017

8-12 de enero TRB	TRB 96 th Annual Meeting	Washington DC (EEUU) www.trb.org
23-26 de enero ISSA	Slurry Systems Workshop	Las Vegas, Nevada (EEUU) www.slurry.org
29 de enero - 1 de febrero NAPA	NAPA Annual Meeting	Orlando, Florida (EEUU) www.asphaltpavement.org
14-17 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Tucson, Arizona (EEUU) www.aema.org
22-25 de febrero SITEB	Asphaltica 2017	Verona (Italia) www.siteb.it/new%20siteb/asphaltica.html
7-11 de marzo CONEXPO	CONEXPO	Las Vegas, Nevada (EEUU) www.conexpoconagg.com
8 de marzo ASEFMA	VII Jornada de Ensayos de Caracterización de las Mezclas Bituminosas	Madrid (España) www.asefma.es
10-12 de abril TRB	International Congress on Transport Infrastructure and Systems	Roma (Italia) www.trb.org
25-27 de abril TRB	International Bridge and Structures Management Conference	Mesa, Arizona (EEUU) www.trb.org
1-3 de mayo EAPA	4 th Mesat Conference on Asphalt pavements in the Middle East: Sustainability and Performance Specifications	Irán www.mesat2017.org
14-18 de mayo TRB	16 th TRB Transportation Planning Applications Conference	Raleigh, North Carolina (EEUU) www.trb.org
21-24 de mayo TRB	5 th Urban Street Symposium Management Conference	Raleigh, North Carolina (EEUU) www.trb.org
9-12 de junio TRB	International Conference on Transportation Infrastructure and Materials	Quingdao (China) www.trb.org
12-14 de junio EATA	7 th EATA Conference	Dübendorf (Suiza) http://eata2017.empa.ch
14-17 de junio TRB	Workshop on Future Highway Capacity manual Updates	Minneapolis, Minnesota (EEUU) www.trb.org
12-16 de junio Politecnico Milano 1863	WCPAM 2017. World Congress on Pavement and Asset Management	Milán (Italia) www.wcpam2017.com
28-30 de junio BCRRA	10 th International Conference on Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields	Atenas (Grecia) www.bcrra2017.com
13-16 de agosto AAPA	XVII AAPA International Flexible Conference. "Roads of the Future – Embracing Disruption"	Melbourne (Australia) www.aapa.asn.au/news-and-events/
27-30 de noviembre CILA	XIX Congreso Iberoamericano del Asfalto	Medellín (Colombia) www.cila2017.com

AÑO 2018

7-11 de enero TRB	TRB 97 th Annual Meeting	Washington, DC (EEUU) www.trb.org
11-14 de febrero NAPA	NAPA Annual Meeting	San Diego, California (EEUU) www.asphaltpavement.org
20-23 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Indian Wells, California (EEUU) www.aema.org
6 de marzo National Center for Asphalt Technology	NCAT Pavement Test Track Conference	Auburn, Alabama (EEUU) www.pavetrack.com/

ROAD PAVEMENT INDUSTRIES HIGHLIGHT HUGE CO₂ SAVINGS OFFERED BY MAINTAINING AND UPGRADING ROADS



Almost 28 million tonnes of CO₂ from road transport could be saved yearly - let's not waste this opportunity!

Se puede evitar la emisión anual de cerca de 28 millones de toneladas de CO₂ procedentes del transporte por carretera. ¡No perdamos esta oportunidad!



EAPA
EUROPEAN ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION
www.eapa.org



EUPAVE
EUROPEAN CONCRETE PAVING ASSOCIATION
www.eupave.eu



FEHRL
www.fehr.org

La INVERSIÓN en tecnología TE AYUDA CUANDO más lo NECESITAS

01
2017



REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

ENERO 2017

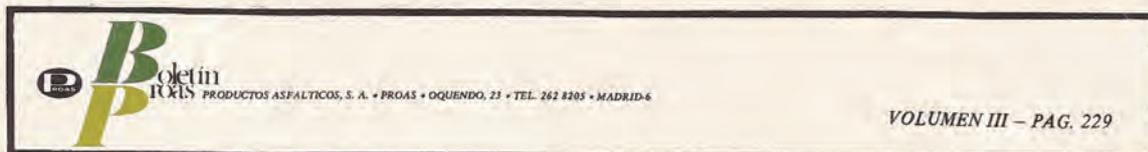
Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas 

 /asefma
  @asefma_es
  /company/asefma

L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
<small>23/30</small>	<small>24/31</small>	25	26	27	28	29

Mirando al pasado

Documento publicado en enero-febrero de 1977.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Como nuestros lectores saben, el Boletín Proas aparece cada dos meses, lo cual tiene como consecuencia inevitable (a menos que gozáramos del don de profecía) el que nuestros "Comentarios de Actualidad" adolezcan frecuentemente de cierta ranciedad en su contenido, es decir, que cuando decimos "...hace unos días ha terminado tal o cual reunión", es prácticamente seguro que al llegar el texto impreso a manos de nuestros lectores, habrán transcurrido cerca de dos meses desde que el acto en cuestión tuvo lugar. Como este retraso no desvirtúa generalmente el significado del hecho, continuaremos utilizando el mismo método de redacción, esperando que estas líneas valgan de excusa ante aquellos de nuestros lectores para quienes este aparente contraste entre lo que se dice y la realidad de los hechos haya constituido hasta ahora motivo de confusión.

Hace unos días ha terminado en Madrid el Primer Curso Nacional sobre Energía y Transporte, organizado por la Asociación Española de la Carretera. Es indudable la actualidad, el interés y la trascendencia del tema ya que, como los que asistieron al Curso pudieron aprender y es bien sabido, el porcentaje del consumo total de energía de un país cualquiera, y en particular del nuestro, absorbido por el sector transporte es muy elevado, de forma que cualquier medida que en él se pueda tomar encaminada a reducir el consumo energético puede suponer ahorros importantes en el consumo energético total del país.

En los aspectos que más pueden interesarnos, que son los directamente relacionados con la construcción de carreteras, surgieron de las conferencias y coloquios dos conclusiones importantes:

La primera es que, en cuanto a consumo de energía se refiere, tiene poca trascendencia la elección para el pavimento de la solución flexible o de la solución rígida. La diferencia de consumo de energía que pueda producirse como consecuencia de esta elección siempre resultará insignificante en relación al consumo energético del país y, respecto a las economías que puedan conseguirse con una mínima racionalización de la utilización de los medios de transporte.

La segunda conclusión es la más importante y tiene tal trascendencia que probablemente merecería ser estudiada y desarrollada mucho más a fondo de lo que fue posible hacer en el breve tiempo disponible en el Curso a que nos referimos. Esta conclusión es que es necesario introducir el concepto del consumo de energía al estudiar las inversiones a realizar en la red de carreteras. Esto es lo que puede tener verdadera importancia para un desarrollo futuro de nuestro país en el que el transporte se realice en condiciones óptimas en todos los aspectos y muy especialmente en cuanto a consumo energético se refiere. Se opone este concepto casi radicalmente al método utilizado en nuestro país (y prácticamente, que nosotros sepamos, en todos los demás) de proyectar las obras de carreteras buscando fundamentalmente la solución más económica en cuanto a ejecución material se refiere, dentro del marco de las normas establecidas. La elevación del precio de la energía nos está llevando —nos ha llevado ya— a una situación en la que hay que estudiar ya el rendimiento económico global del proyecto, incluyendo tanto los gastos de construcción como los de explotación, como si de un ferrocarril se tratara. En muchos casos, la solución más económica a la larga para el país, puede ser una mucho más costosa en cuanto a gastos de construcción se refiere que las que actualmente se están empleando.

Una extensión lógica de este concepto, que no se citó explícitamente pero se deduce claramente de lo anterior, y del conocimiento de que el mal estado de la superficie de rodadura de una carretera conduce a considerables elevaciones de los consumos de combustibles, es que es esencial para una buena economía el conservar en perfecto estado la superficie de rodadura de nuestras carreteras. El no hacerlo puede constituir, entre otras cosas, el derroche de una energía valiosísima.

Economizar en gastos de conservación puede ser tan peligroso como economizar en medicinas.

1988 - 2013
25 AÑOS

VIATOP®

El "Pellet".

Liderando las SMA desde 1988



inside

VIATOP®

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



Fibras diseñadas
por la naturaleza
Una compañía del grupo JRS

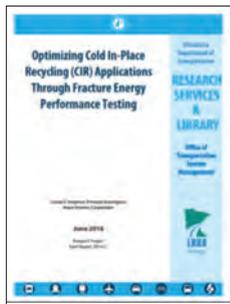
C/ Travesera de Gracia, 56, 2º2ª
08006 Barcelona
Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897
www.jrsiberica.com • info@jrsiberica.com

Lecturas recomendadas

EU Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance. Junio 2016

La implantación de la compra pública verde es una realidad que cada día va tomando cuerpo en muchos países europeos. Con objeto de facilitar la redacción de los criterios objeto de baremación en las licitaciones públicas, la Comisión Europea ha elaborado una guía destinada al sector del diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras en la que se detallan los principales elementos a tener en cuenta para mejorar la sostenibilidad de dichos procesos.

[http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/GPP%20criteria%20Roads%20\(2016\)%20203.pdf](http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/GPP%20criteria%20Roads%20(2016)%20203.pdf)



Informe Optimizing Cold In-Place Recycling (CIR) Applications Through Fracture Energy Performance Testing". Minnesota DOT. Final report 2016-21. Junio 2016. 36 pp.

La caracterización mecánica de las mezclas bituminosas obtenidas en el reciclado in situ con emulsión es una temática en la que aún existe una gran falta de datos experimentales. El Departamento de Transporte de Minnesota ha llevado a cabo un estudio de caracterización de las propiedades e fractura de las mezcla recicladas mediante dos métodos: DCT (disk-shaped compact tensión) y el SCB (semicircular bend test). En este informe se detalla el trabajo experimental realizado, cuya principal conclusión es que el método SCB da buenos resultados para la caracterización de las mezclas recicladas.

<http://www.dot.state.mn.us/research/TS/2016/201621.pdf>

Informe "Evaluation of Pavement Safety Performance". FHWA. Febrero 2015. 154 pp.

El objeto del estudio fue aislar los efectos de diversos tratamientos de pavimentos de bajo coste en la seguridad vial. Este fue un estudio retrospectivo para el funcionamiento de la seguridad del pavimento, mirando hacia atrás en datos de accidentes, tanto antes como después de los tratamientos. Se analizaron tanto pavimentos flexibles como rígidos, analizándose los diversos tratamientos, siendo mayoría usados típicamente para la conservación de pavimento o y en menor medida con fines de rehabilitación. Aunque las agencias estatales de carreteras reconocen que la mayoría de estos tratamientos mejoran el rozamiento del pavimento, sin embargo no se suelen instalar de forma explícita para la mejora de seguridad. La única excepción son las superficies de alta fricción, que normalmente se aplican como un elemento de mejora de la seguridad vial.

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/14065/14065.pdf>





Nuestras carreteras se abrochan a su seguridad.

Avisarles del peligro, adherirse a sus neumáticos, dividir la distancia de frenado por dos, garantizar la seguridad en el entorno de las obras, mejorar los puntos negros, señalar correctamente sus trayectos: esto es construir una carretera más segura. Nuestro objetivo al servicio de su seguridad, es que la carretera sea su aliada.

Probisa
Abrimos paso a nuevas ideas

I+D+i. Proyectos destacados

Infravation. An Infrastructure Innovation Programme



En el año 2014, la red europea ERA-NET Plus puso en marcha la convocatoria Infravation que tenía como objeto desarrollar innovaciones en la infraestructura de transporte que respondan a los desafíos identificados en el Libro Blanco de la Comisión Europea para obtener un transporte inteligente, sostenible e integrado. Los retos tratados en esta convocatoria fueron los siguientes:

- Procesos avanzados para la predicción del comportamiento de la infraestructura.
- Durabilidad mejorada y prolongación del tiempo de vida útil.
- Métodos rápidos y no destructivos para verificar la calidad y las prestaciones de los materiales y la construcción.
- Mantener abiertas las rutas de transporte de transporte mediante métodos de mantenimiento no intrusivo.
- Asegurar el rendimiento de la infraestructura en todas las condiciones climáticas
- Eficiencia de los recursos y de la energética en la construcción y mantenimiento de carreteras (diseño ecológico).
- Reducción de materias primas vírgenes mediante la sustitución o el reciclado.

Dentro de esta convocatoria fueron seleccionados nueve proyectos, de los que se han elegido para esta sección de la revista Asfalto y Pavimentación aquellos que tienen alguna relación con el sector de la pavimentación de carreteras:

- ALTERPAVE - Use of end-of-life materials, waste and alternative binders as useful raw materials for pavements construction and rehabilitation (www.alterpave.eu)
- Biorepavation - Innovation in bio-recycling of old asphalt pavements
- ECLIPS - Enhancing concrete life in infrastructure through phase-change systems (eclips.asu.edu)
- HEALROAD - Induction heating asphalt mixes to increase road durability and reduce maintenance costs and disruptions (www.healroad.eu)

Infravation Website: <http://www.infravation.net/>

#52

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

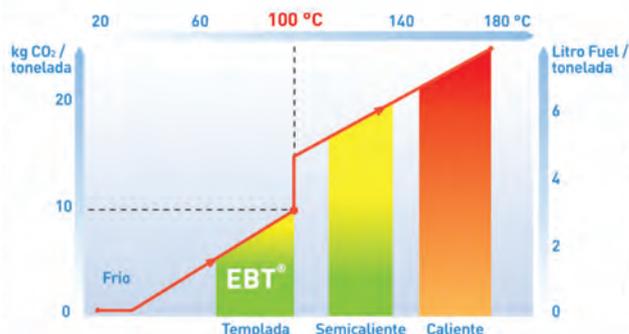
“Las mezclas asfálticas drenantes constituyen una útil herramienta en gestión de escorrentías por tormentas” (Editorial, número 20)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Con las Mezclas Templadas con Betún,
el código de la circulación ha cambiado.



Crédito foto : Getty Images, arennaz



Mezclas Templadas con Betún, una nueva generación de mezclas asfálticas

Para un futuro más responsable, Eiffage Infraestructuras ha desarrollado las mezclas templadas con betún. Fabricada a menos de 100°C y aplicada hasta 75°C, esta mezcla templada a baja temperatura posee cualidades excepcionales :

- un consumo de energía dos veces inferior al de una mezcla convencional,
- una disminución del 50% de las emisiones de gas de efecto invernadero,
- un confort de aplicación inigualable.

Premio Mundial AIPCR 2007
del desarrollo sostenible

www.infraestructuras.eiffage.es

EIFFAGE
INFRAESTRUCTURAS

RUS
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

TRIALSA
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

PANASFALTO
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

LOS SERRANOS

Más de un millón de usuarios: La carretera gana protagonismo online

En las últimas semanas han tenido lugar tres importantes encuentros relacionados con el sector: la 29 Semana de la Carretera, la III Jornada Nacional de ATEB y el seminario internacional de AMAAC. Además de la calidad de los contenidos expuestos, todos ellos han pulverizado sus registros en cuanto a audiencia virtual, con más de 595.000, 314.000 y 155.000 usuarios online, respectivamente.



#29jornada, según los resultados ofrecidos por TweetBinder. Dicha herramienta de análisis online ha ofrecido otros datos reveladores sobre el índice de interacción en Twitter (1.628 retweets y 22 conversaciones), así como sobre las tendencias de actividad online.

La III Jornada Nacional de ATEB, celebrada en Madrid este 20 octubre y retransmitido vía streaming por ITAFEC, contó con una audiencia online superior a los 314.000 usuarios. En concreto, el debate generado en Twitter con el hashtag #JornadaATEB generó un total de 5.747.775 impresiones entre una audiencia de 314.166 usuarios; mientras que, según datos ofrecidos por Google Analytics, 142 usuarios accedieron a la visualización vía streaming del evento.



La 29 Semana de la Carretera, celebrada en las ciudades de Baeza y Úbeda (Jaén) del 24 al 26 de octubre y retransmitida vía streaming por Itafec, contó con una audiencia online superior a los 395.000 usuarios. Según Google Analytics, 246 usuarios únicos accedieron a la visualización online desde la plataforma de Itafec y el debate generado en Twitter con el hashtag #29semana llegó a 595.719 usuarios, generando un total de 10.563.604 impresiones.

Durante los días de celebración del evento, 248 usuarios generaron un total de 2.208 tweets empleando el hashtag



La carretera gana protagonismo online

Durante el día de celebración del evento, 135 usuarios generaron un total de 1.118 tweets empleando el hashtag #jornadaATEB, según los resultados ofrecidos por Tweet-tag. Dicha herramienta de análisis online ha ofrecido otros datos reveladores sobre el índice de interacción en Twitter (773 retweets y 21 conversaciones) y tendencias de actividad online.

El seminario internacional de AMAAC, celebrado en Guadalajara (México) los días 13 y 14 de octubre y retransmitido vía streaming por ITAFEC, contó con una audiencia online superior a los 155.000 usuarios. Durante las dos jornadas, la página desde la que se retransmitía el evento registró 523 visualizaciones (vistas únicas, según Google Analytics) y el debate

Estados Unidos, Colombia, Costa Rica, Argentina, Brasil, Chile, Uruguay, Guatemala, Moldova, Japón, Ecuador, Alemania, Nicaragua, Panamá y Noruega.

En Twitter, durante los días de celebración del evento, 151 usuarios generaron un total de 1.303 tweets empleando el hashtag #seminarioAMAAC, según los resultados ofrecidos por Tweet Binder. Dicha herramienta de análisis online ha ofrecido otros datos reveladores sobre el índice de interacción en Twitter (842 retweets y 26 conversaciones) y tendencias de actividad online.



generado en Twitter con el hashtag #seminarioAMAAC generó un total de 5.711.942 impresiones.

En total, se han inscrito más de 250 personas por streaming procedentes de 19 países, entre los que destacan por número de inscripciones: México, España, Venezuela, Perú,

#53

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las pavimentos asfálticos son los más silenciosos”

(Editorial, número 20)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

HA NACIDO NOVAFIR

Nueva publicación sobre firmes y pavimentos

NOVAFIR/1 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

Edición David Hernando
Manuel G. Romana y Miguel A. del Val

2012 EXPLANADAS
MEZCLAS ESTUQUEADAS EN CALIENTE
MEZCLAS ESTUQUEADAS CON POLVO DE CAUCHO PROCEDENTE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO
MEZCLAS ESTUQUEADAS FABRICADAS A BAJA TEMPERATURA
PAVIMENTOS DE HORMIGÓN
ESPECIALES
PUESTA EN OBRA
AUSCULTACIÓN
RECICLADO



Novafir es una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos científicos, estados del arte, artículos de divulgación y casos prácticos aplicados tanto a explanadas como a pavimentos bituminosos y de hormigón.

YA A LA VENTA EL PRIMER NÚMERO - www.cinter.es

Una edición de David Hernando, con Manuel G. Romana y Miguel Ángel del Val como editores adjuntos.

NOVAFIR

Nace como una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos sobre firmes y pavimentos que recogen aspectos novedosos sobre los materiales, los deterioros, el dimensionamiento, la fabricación, la conservación y la tecnología de pavimentación, y de artículos que, a pesar de no desarrollar aspectos novedosos, llevan a cabo un análisis de la información existente que sirve como base para avanzar en el conocimiento.

EL NÚMERO UNO

Este primer volumen incluye 19 artículos clasificados en 9 capítulos: explanadas, mezclas bituminosas en caliente, mezclas bituminosas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, mezclas bituminosas fabricadas a baja temperatura, pavimentos de hormigón, firmes especiales, puesta en obra, auscultación y reciclado de firmes.

Editado por CINTER con la colaboración de ASEFMA



Figura 1. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 2. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 3. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 4. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 5. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 6. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 7. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 8. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 9. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 10. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 11. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 12. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 13. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 14. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 15. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 16. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 17. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 18. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 19. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 20. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 21. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 22. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 23. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 24. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 25. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 26. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 27. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 28. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 29. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 30. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 31. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 32. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 33. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 34. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 35. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 36. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 37. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 38. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 39. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 40. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 41. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 42. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 43. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 44. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 45. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 46. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 47. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 48. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 49. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).

Figura 50. Instalación de temperatura en un pavimento y lectura final de la sonda (punto de lectura del sensor).



Innovar está en nuestros genes

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



REPSOL

Inventemos el futuro

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)