

# ASFALTO

## y pavimentación

Número 51 · Volumen XIII · Cuarto trimestre · 2023

número **51**





**VIATOP<sup>®</sup>** *plus RC*

Das Pellet.



con un rejuvenecedor  
sostenible para mezclas con  
mayores tasas de fresado



Número 51 · Volumen XIII  
Cuarto trimestre · 2023

#### ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

##### Director

Juan José Potti

##### Comité de Redacción

María del Mar Colás,  
Andrés Costa, Jesús Felipo,  
Jacinto Luis García Santiago,  
Lucía Miranda, José Luis Peña,  
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,  
Javier Loma, Marisol Barral

##### Secretario

Andrés Pérez de Lema

##### Coordinador

Francisco Muriel

##### Secretaría

Lies Ober

##### Editorial Prensa Técnica, S. L.

Castiello de Jaca, 29 3º Puerta 2  
28050 Madrid  
Tel. 91 287 71 95  
Fax 91 287 71 94  
Directo 629 877 460  
www.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 51 · Volumen XIII · Cuarto trimestre · 2023

## Editorial

La digitalización es ya más que una realidad en la  
pavimentación

05

## Tribuna

Curro Lucas

07

## Tribuna

Alberto Barresi

09

## Tribuna

Andrés Pérez

11

## Cobertura total de la fricción de pavimentos asfálticos a nivel de red

Christian A. Sabillón Orellana - Jorge A. Prozzi -  
Joaquín B. Hernández

13

## Secciones fijas

Ensayos, Normativa

23

## Novedades en la maquinaria de obra

Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en  
caliente. Equipamientos

29

## Publirreportaje

CEPSA

38

## Descarga de mezcla asfáltica del camión a la extendidora, sin transfer. En busca de la maniobra perfecta

Jacinto Luis García

39

## Secciones fijas

Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector,  
Resumen de Jornada Técnica de ASEFMA, Lecturas  
Recomendadas, I+D, Digitalización, Afirmaciones Asfálticas

45

# We did it!

Ya es posible satisfacer los  
requerimientos del MITMA  
para las fibras:

¡INNOCELL® FG3000 cumple!



Ravago Chemicals primera empresa en obtener el Documento de Idoneidad Técnica (DIT) de sus fibras INNOCELL® FG3000, siguiendo las directrices que se establecen en el artículo 544 del anexo de la OC 3/2019.

# La digitalización es ya más que una realidad en la pavimentación

El año pasado, 20 y 21 de septiembre, se celebró en Madrid por primera vez la "International Conference on Asphalt 4.0", #ICA4point0. Una iniciativa conjunta de Asefma y ZAS (la asociación equivalente a Asefma en Eslovenia) que bajo la colaboración de EAPA trataba de ser la referencia en todo lo relativo a la digitalización del sector de la pavimentación, ver <https://ica4point0.com/>

24 speakers formaron parte de la primera edición del #ICA4point0. Sus intervenciones se pudieron seguir de forma presencial en la capital española, pero también a través de streaming HD. Las empresas patrocinadoras de esta primera edición fueron MOBA como patrocinador principal y Fliegl como patrocinador Bronce.

En aquella primera edición se recibieron 12 comunicaciones técnicas desde 5 países: 4 de España, 3 de Alemania, 2 de Eslovenia, 2 de Holanda y 1 de Francia. Los 12 textos forman parte de los Proceedings de la International Conference y todas ellas fueron presentadas por sus autores durante los días 20 y 21 de septiembre. La International Conference se desarrolló en formato PDV: Presencial, Digital y Virtual. Más de 100 asistentes presenciales provenientes de 12 países: España, Eslovenia, Alemania, EEUU, Países Bajos, Francia, Dinamarca, UK, India, Surinam, Portugal y Italia.

Hace unas semanas se ha desarrollado, también en Madrid, los días 26 y 27 de septiembre, la segunda edición del #ICA4point0 con la misma estructura organizativa, Asefma y ZAS, en colaboración con EAPA.

En esta segunda edición han participado 32 speakers durante esos 2 días, procedentes de España, Eslovenia, Alemania, Suecia, Brasil, Austria y Turquía. En esta segunda edición se han recibido 17 comunicacio-

nes técnicas procedentes de: 7 de España, 3 de Eslovenia, 3 de Alemania, 1 de Austria, 1 de Holanda, 1 de Suecia y 1 de Bélgica. En esta ocasión fueron 5 las empresas patrocinadoras: Cirtec, Q-point, Dynapac, Xouba y Nira.

El salto cualitativo y cuantitativo de esta segunda edición ha sido más que notable.

En la primera edición llamaron poderosamente la atención los modelos digitales aplicados al seguimiento de la ejecución de las obras en las etapas de extendido y compactación o al diseño de mezclas y predicción de la textura una vez identificada la forma de los áridos y establecido el espesor de la capa.

En esta segunda edición se ha puesto de manifiesto que existen ya diversos procedimientos basados en la tecnología digital (big data, dispositivos embarcados, inteligencia artificial, etc...) para determinar el estado de conservación de una red de carreteras o de las calles de una ciudad y poder visualizar de manera inmediata el antes y el después de cada actuación de pavimentación. El Ayuntamiento de Madrid, desde el año 2018 ha realizado una campaña basada en Big Data, que puso de manifiesto la sistemática desarrollada.

También en esta segunda edición se ha podido escuchar por parte de un representante de Microsoft, la aplicación de la tecnología de inteligencia artificial cognitiva, aplicada a la movilidad de los vehículos. Sin lugar a duda, una herramienta que puede ser muy útil para la gestión de accesos y embotellamientos.

Sin ánimo de ser exhaustivo, es evidente que la tecnología digital ya está siendo aplicada en todas las etapas del proceso productivo, transporte, logística, puesta en obra, etc... y diversas empresas nos mostraron sus desarrollos.

La valoración final por parte de los más de 140

## Editorial

asistentes fue de 4,7 sobre 5 en lo relativo a la organización del evento y de 4,6 sobre 5 en la valoración técnica. También afirmaron más del 65% que estarán en la próxima edición. El año que viene la tercera edición de la "International Conference on Asphalt 4.0", #ICA4point0 se desarrollará en Eslovenia los días 24 y 25 de septiembre, concretamente en su capital Ljubljana. Claramente, la digitalización avanza a grandes pasos y ya es mucho más que una realidad, es una herramienta imprescindible para la mejora y aceleración de todas las etapas del proceso de pavimentación y de gestión de nuestras carreteras, de nuestras calles, de la movilidad y de los objetivos medioambientales. También una poderosa herramienta para atraer al talento joven.

# Gracias, gracias, gracias



Decía Séneca, que "Cada nuevo comienzo viene del final de algún otro comienzo" Y es que la vida es un constante empezar.

Tras 25 años dedicados a la carretera y a la pavimentación asfáltica, es un magnífico momento, para recomenzar. Así, desde hace unos meses, he dejado la posición de responsable técnico de Asfaltos en Repsol, para ser el responsable de Aviación Sostenible y Asistencia Técnica, igualmente en Repsol. He comenzado pues un viaje alucinante, no exento de nostalgia al mirar atrás.

Lejos queda ya, esa reunión en el despacho del Prof. Miguel Ángel del Val, animándome a acabar la carrera de Ingeniería de Caminos para dedicarme a las carreteras. O esos primeros maravillosos años en mi querido TRABIT, donde durante más de 7 años, aprendí (o lo intenté al menos), este noble oficio de la pavimentación asfáltica de carreteras.

Durante estas más de dos últimas décadas vinculado al sector de la carretera profesionalmente, como no puede ser de otra manera, me quedo con las personas. En el sector del asfalto, constituimos una gran familia, que vela por la seguridad de las personas, y que garantiza su movilidad segura y sostenible terrestre. Cuando uno sale, se da cuenta precisamente de eso, que somos una gran familia. Y es el momento de daros las gracias a todos por todo el cariño y afecto recibido, que supera con creces lo que yo haya podido dar. Soy lo que soy, gracias a todos vosotros.

Gracias a todos los amigos de Asefma, especialmente a su presidente Juanjo Potti. Hemos podido hacer juntos cosas alucinantes durante todos estos años. Siempre recordaré la irrupción del empleo de las redes sociales en el ámbito profesional, las jornadas nacionales o las jornadas de ensayos, los intercila o la fundación del Día Mundial de la Carretera. Sería imposible mencionar todos los eventos organizados por Asefma, en los que he tenido el privilegio de formar parte de alguna manera. Sin olvidarme de la Comisión Técnica, ese órgano de la asociación, en el que unos cuantos amigos, de manera muy profesional eso sí, diseñamos el caminar de la asociación desde esa óptica técnica tan valorada por nuestras administraciones públicas y por la sociedad.

Pero también he tenido la suerte de poder representar a mi compañía en otras asociaciones, pues estoy convencido, de que la mejor manera de lograr los objetivos comunes, es precisamente eso, hacerlo juntos. Así, gracias a la Asociación Técnica de Carreteras, a Eurobitume, a la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas ATEB promoviendo el empleo de mi querida emulsión bituminosa, a IBEF, a la Asociación Española de la Carretera (AEC), a la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, a PIARC - World Road Association, a AENOR... A todas las entidades que me acogisteis con los brazos abiertos representando a mi compañía y a mi país, y en las que he podido aprender tanto, pero sobre todo, conocer a personas mara-

## Gracias, gracias, gracias

villosas.

Gracias a todas las personas de las empresas y administraciones públicas de carreteras, especialmente a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, con las que he podido compartir todos estos años retos y objetivos.

Gracias a todos los amigos iberolatinoamericanos del mundo CILA, la comunidad hispanolusoparlante del asfalto, que muy joven me acogió y me enseñó los valores de la hermandad en torno al asfalto. Estoy seguro que será todo un éxito la celebración del próximo CILA en Granada, y no tengáis ninguna duda, de que lo miraré en la distancia de reajo, y es más que probable que se empañen los ojos al hacerlo.

Gracias a todo el equipo de asfaltos de Repsol, a todas las personas que habéis pasado por este maravilloso negocio, de los cuales he aprendido tanto. Y muy especialmente a todas las personas que habéis constituido mi equipo. No sería lo que soy sin cada uno de vosotros.

Y por supuesto, gracias a Repsol, por permitirme “reinventarme” como se dice ahora y ser partícipe en este nuevo comienzo, de uno de los momentos de la historia de la humanidad más relevantes, en esta doble revolución que vivimos de la sostenibilidad y la digitalización, un reto en el ámbito de la movilidad sostenible y la transición energética apasionante. Me siento un privilegiado y doy gracias a la vida por ello.

Para finalizar, no quiero olvidarme de dar las gracias a una persona concreta, a Alberto Bardesi. Gracias a Alberto por todas sus enseñanzas, por su cariño, por su amistad, por sus consejos, por estar siempre ahí, y por supuesto, por su paciencia conmigo. Buena parte de lo que soy, se lo debo a él. Hace honor a la palabra maestro como nadie.

Cambio los pavimentos por los cielos, el asfalto por el queroseno, la emulsión bituminosa por el combustible sostenible de aviación... ¿Si volveré? Quién sabe, pero de lo que no hay duda, es que mi corazón, será eternamente asfaltero. Gracias ASFALTO.

# XXII CILA de Granada. Espíritu y contenido técnico



Desde sus orígenes, los Congresos Iberoamericano del Asfalto se han caracterizado por tener una idiosincrasia propia, relativamente alejada de otros eventos del sector vial. Los que son habituales asistentes lo saben bien. El ambiente siempre cordial y amistoso, incluso en el debate, el trato fraternal con los colegas de otros países, el consenso como herramienta de decisión, son sellos propios de nuestros CILAs.

Y siempre con el objetivo del intercambio y la difusión de la tecnología asfáltica en el ámbito vial, con la mira en aprender de los expertos y de avanzar en el conocimiento de las mejores prácticas para aplicarlas en nuestros países. Y, con ello, estar en condiciones de poder desarrollar nuestras redes de carreteras para que sean la base de la movilidad, de la accesibilidad de los territorios, de los flujos de bienes y servicios. Porque, aunque sea un discurso poco o nada recordado por los políticos, los medios y las redes sociales, la prosperidad de las naciones y la libertad de sus ciudadanos no se conciben sin buenas carreteras.

Así pues, el contenido técnico de un CILA es clave fundamental para su éxito. Y en el XXII CILA que celebraremos en Granada del 22 al 26 de abril del próximo año, seguirá siendo así. Con un temario que recogerá nuestros "clásicos" y se enriquecerá con las nuevas áreas de estudio: sostenibilidad, resiliencia, digitalización, automatización, ...

En los primeros temas abordaremos el área de los materiales asfálticos donde encontraremos todo aquello que se refiere a los ligantes, incluidos los novedo-

sos bioligantes, y a los aditivos de mejora, y el área de áridos/agregados, incluyendo los artificiales y los reciclados. Ensayos de caracterización y equipos de laboratorio, especificaciones, producción y control y, por supuesto, los más avanzados proyectos de investigación estarán sobre la mesa de las sesiones técnicas.

El tema 3 lo dedicaremos al diseño y proyecto estructural de pavimentos. Veremos los avances en el diseño empírico y/o analítico-mecánico, modelos de fallo y deterioro de los firmes, programas de cálculo, los diseños de pavimentos de larga duración, ...

El cuarto tema agruparemos lo clásico de los clásicos: mezclas convencionales, mezclas especiales: discontinuas, porosas, ultradelgadas, de alto módulo, mezclas atenuadoras de la fisuración, ... También los tratamientos superficiales: riegos, lechadas y microaglomerados, así como los riegos auxiliares, los materiales y sistemas para sellado de fisuras, mezclas para bacheo, ... y habrá hueco también para tratar de las capas granulares de apoyo y las soluciones para mejora de explanaciones/subrasantes. Diseño avanzado, ensayos de caracterización, equipos de laboratorio, equipos de producción y puesta en obra, ... Todo ello enfocado a una mejora de las prestaciones y la durabilidad.

En el tema 5 trataremos los aspectos relacionados con la sostenibilidad y la resiliencia al cambio climático. Reutilización de materiales de los firmes, reciclado de residuos de otras industrias, descarbonización: reducción de temperaturas de fabricación, mejora de la

eficiencia de las plantas y los equipos de puesta en obra, ... Todo lo que contribuya a alcanzar el ambicioso objetivo de reducir un 55% las emisiones de GEI.

En el siguiente tema se han concentrado los trabajos dedicados al gerenciamiento de pavimentos, los sistemas de gestión, los equipos de auscultación, la valoración del estado de los firmes, la gestión de datos obtenidos de vehículos mediante Big Data, etc.

En el tema 7 están recogidos otros aspectos como la automatización y digitalización, otras aplicaciones de los materiales asfálticos diferentes de las carreteras, la conectividad de datos en BIM, los gemelos digitales y la sensorización y monitorización de pavimentos.

Y, finalmente, en el tema 8, abordaremos aspectos colaterales, pero de suma importancia: la formación de los actores: ingenieros, maquinistas, operarios, ..., las posibles estrategias de comunicación del sector, la divulgación de contenidos y la presencia de las personas y las empresas a través de las redes sociales, internet y las páginas web.

Terminando de escribir estas notas me empieza a abrumar el impresionante número de resúmenes recibidos. Y su interés técnico. Esta es otra constante de nuestros CILA. En cada edición se supera la cantidad y calidad de los trabajos presentados. Ello ha sido posible, en gran medida, por el propio impacto de los CILA en los países en que se han ido celebrando y por la colaboración de los expertos de muchos países CILA, especialmente de las universidades, en la divulgación del conocimiento en toda la región.

Así pues, haga frío o calor, llueva o no, el próximo mes de abril disfrutaremos de la maravillosa Granada, abrazaremos a los viejos amigos y haremos otra inmersión en tecnología asfáltica. ¿Alguien se lo va a perder?

# Al loro, que no estamos tan mal!



Hay algo que nos cuesta más a los Españoles que reconocer nuestros errores y es reconocer nuestros aciertos.

Después de una época tenebrosa y siniestra en el sector de la carretera, en la que se llegaron a manejar cifras subsaharianas en producción de aglomerado asfáltico para el mantenimiento del firme. Se ha alcanzado una leve pero continua mejora en los presupuestos y en las propias Administraciones, que han vuelto a vernos como una actividad vertebradora e insoslayable.

No le voy a quitar mérito a ninguna de estas acertadas decisiones, pero si hay alguna que destaca por encima de todas por su estoicismo, por su imperturbabilidad, por su osadía y por su trascendencia, es la labor de ASEFMA en todo este "desierto del Sinaí" hasta llegar a esta pequeña tierra prometida betunera.

Han sido la vara y el cayado de nuestro querido Moisés Potti, la que nos ha llevado a verdes pastos y alejado del valle de las sombras, infundiéndonos aliento. (Salmo 23)

En verdad es justo y necesario reconocer la labor de pedagogía que poco a poco ha ido calando entre nuestros gestores con todas y cada de las acciones que ha emprendido ASEFMA.

No es menos cierto que en un mundo perfecto (vamos, como Francia sin ir más lejos) tendríamos ganado nuestro sustento con asignar un valor patrimonial a nuestras infraestructuras y dotarlas con un inso-

bornable óbolo. Pero como esto sería dejar de ser Españoles y mucho Españoles, me conformo con ver los positivos resultados que nos ha proporcionado el predicar sin descanso la palabra "mantenimiento".

Como ya dijera el Presidente del Barcelona, tratando de defender la precaria situación por la que atravesaba su equipo, "al loro, que no estamos tan mal".

Podéis ir en paz a vuestras plantas asfálticas!



## Nada se pierde todo se recicla.

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

Probisa  
Abrimos paso a nuevas ideas

# Cobertura total de la fricción de pavimentos asfálticos a nivel de red

**Christian A. Sabillón Orellana**

christian.sabillon@utexas.edu

**Jorge A. Prozzi**

prozzi@mail.utexas.edu

**Joaquin B. Hernandez**

joaquinb@utexas.edu

La resistencia al deslizamiento es una característica crítica de la superficie del pavimento asociada con la seguridad de los usuarios de la carretera. La mayor parte de la literatura sobre seguridad vial indica una correlación inversa donde a medida que disminuye la fricción de una carretera, el número de accidentes en pavimento mojado tiende a aumentar. No obstante, medir fricción a nivel de red es complicado debido a las ineficiencias relacionadas con el consumo de agua, el desgaste de neumáticos y estrictas restricciones presupuestarias.

Estas limitaciones han creado una gran demanda por un modelo capaz de predecir la fricción del pavimento con un alto grado de exactitud utilizando información que es fácil de recolectar, como la textura del pavimento. Este estudio recolectó una muestra de treinta tramos de carreteras en el estado de Texas que cubren una amplia gama de superficies asfálticas, texturas y fricción. Estos datos se utilizaron para crear modelos de aprendizaje automático que utilizan textura para predecir con exactitud la fricción y el tipo de superficie del pavimento.

El modelo final estima fricción en términos del número de deslizamiento (ND) en los principales pavimentos asfálticos presentes en la región central de Texas con un coeficiente de determinación múltiple ( $R_{adj}^2$ ) de 80%. La forma innovadora en que se utilizan los algoritmos de aprendizaje automático en este estudio tiene el potencial de permitir que las agencias de carreteras obtengan una cobertura total de la red caminera con estimaciones de fricción con alto nivel de confiabilidad.

**Palabras Clave:** Fricción, textura, deslizamiento, aprendizaje automático

Skid resistance is a critical pavement surface characteristic associated with road user safety, especially during wet weather conditions. The bulk of literature on highway safety indicates an inverse correlation between roadway friction levels and number of wet weather crashes. In other words, as skid resistance decreases, the number of wet weather crashes increases. Nonetheless, skid resistance remains a cumbersome characteristic to measure at a network level due to the inefficiencies of the measuring equipment such as water usage, tire wear, and strict budgetary constraints from highway agencies.

These limitations have created a high demand for an alternative model capable of predicting pavement friction continuously using readily available information, such as pavement texture, with a high degree of accuracy. This study collected a representative sample of thirty highway pavement sections in the state of Texas that cover a vast range of pavement surfaces, textures, and friction levels. The data were subjected to stringent quality control and used to create machine learning models that use pavement texture to accurately predict surface information and friction.

The final model estimates skid in terms of skid number (SN) on the major types of flexible pavements present in Central Texas with an accuracy in the order of 80% in terms of the coefficient of multiple determination ( $R_{adj}^2$ ). The innovative way in which machine learning algorithms are used in this study has the potential to allow highway agencies to obtain full network coverage of reliable estimates for friction.

**Keywords:** Friction, texture, skid resistance, machine learning.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes automovilísticos pueden ser causados debido a numerosos factores; sin embargo, las causas más comunes se pueden agrupar en tres categorías: aquellas relacionadas con el conductor, con el vehículo y con el estado de la carretera [1,2]. No obstante, los malos hábitos de conducir, fallas mecánicas del vehículo y el clima severo son factores fuera del control de cualquier agencia vial, por lo que es imposible, para las mismas, evitar que ocurran este tipo de accidentes. No obstante, las agencias tienen cierto control sobre la fricción del pavimento, la cual, puede mitigar indirectamente el número de accidentes en todas las categorías cuando se mantiene en un nivel adecuado. La fricción es la característica superficial más importante del pavimento con respecto a la seguridad del conductor, especialmente en condiciones de superficie mojada.

Cada año, cuando llueve, se produce una cantidad significativa de accidentes en los Estados Unidos (EE. UU.), por lo tanto, garantizar una fricción adecuada es esencial para mejorar la seguridad pública. Las agencias de seguridad vial miden fricción directamente en las carreteras principales anualmente y una vez cada cuatro años en carreteras de bajo volumen. Sin embargo, intentar recopilar medidas de fricción en toda la red anualmente con los presupuestos disponibles es imposible debido a lo ineficiente que son las unidades usadas para medir fricción.

Durante décadas, las agencias de transporte de todo el mundo han invertido tiempo y dinero en encontrar formas de estimar fricción mediante la correlación con la textura del mismo pavimento. Sin embargo, estas correlaciones no son sencillas. Se sabe que factores como la calidad de los agregados, las condiciones ambientales y de tráfico, y los daños en la carretera afectan la resistencia al deslizamiento con el tiempo, pero esa información no siempre se sabe a nivel de red [3,1]. Por lo tanto, actualmente, no existe un método consensuado para predecir la fricción del pavimento a nivel de red con un alto nivel de confiabilidad. Sin embargo, este estudio propone una forma innovadora de utilizar el aprendizaje automático para estimar la fricción del pavimento utilizando medidas de textura.

### 1.1 Fricción del pavimento/resistencia al deslizamiento

La fricción del pavimento se define como la proporción entre la fuerza que resiste el movimiento relativo hacia adelante de un vehículo en movimiento y la fuerza vertical [3]. La fuerza de fricción es el resultado de una interacción compleja entre histéresis y adhesión a medida que los neumáticos del vehículo ruedan sobre la carretera [3,4]. La adherencia es el resultado de las fuerzas de Van der Waals que se desarrollan en el interfaz del neumático con el pavimento, lo que refleja el entrelazamiento de microestructuras a pequeña escala en las dos superficies [3,4]. La histéresis se refiere a la disipación de energía que ocurre cuando un neumático se mueve sobre las protuberancias y depresiones en la superficie del pavimento. Esta energía se almacena dentro del caucho y se libera en forma de calor durante la relajación del neumático. La pérdida resultante deja una fuerza de fricción neta que ayuda a detener el avance de los vehículos [2,3,4].

La resistencia al deslizamiento se refiere a la capacidad del pavimento para evitar la pérdida de tracción de los neumáticos y, en los EE. UU., se mide mediante el número de deslizamiento (ND) [4]. El ND se determina utilizando un dispositivo llamado "Locked-Wheel Skid Tester" (LWST) y depende principalmente de la textura del pavimento, pero también es sensible a la humedad, el deterioro del pavimento y la temperatura [1].

### 1.2 Equipos para medir fricción

Los equipos que se utilizan para medir la resistencia al deslizamiento consisten en dispositivos que deslizan caucho sobre la superficie del pavimento, generalmente mojado, para medir la fuerza de reacción generada. La forma en que se mide esta fuerza de reacción se puede resumir en tres principios. El principio del deslizador consiste en un componente deslizante unido al pie de un brazo de péndulo o cabeza giratoria, que frena al entrar en contacto con la superficie del pavimento. Los dispositivos que usan este principio son relativamente económicos y requieren control de tráfico para usarse en el campo. El principio del coeficiente de fricción longitudinal

(CFLo) utiliza una rueda de medición montada en línea con la dirección de desplazamiento. El CFLo se cuantifica utilizando la relación entre las fuerzas verticales y de arrastre promediadas a lo largo de una distancia fija. El dispositivo ejemplar de este principio es el LWST. El principio del coeficiente de fuerza lateral (CFLa) utiliza un juego de ruedas de medición en ángulo con respecto a la dirección de desplazamiento del vehículo. La relación de las fuerzas verticales y laterales promediadas a lo largo de una distancia fija representa la resistencia al deslizamiento. El dispositivo más común que usa el principio CFLa es el "Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine" (SCRIM) [6].

### 1.3 Limitaciones

El dispositivo de medición de fricción ideal es uno que sea de bajo costo, efectivo, eficiente y tenga facilidad para recolectar datos a nivel de red. Desafortunadamente, la mayoría de los dispositivos modernos sólo pueden sobresalir en dos de estas categorías. Considere el DFT, el dispositivo es relativamente económico y efectivo, pero tiene mala cobertura y eficiencia porque obtener medidas DFT a nivel de red consumiría demasiado tiempo. Por esta razón, los dispositivos que miden la fricción de forma dinámica y continua son una mejor alternativa que aquellos que son estáticos. En los EE. UU., el LWST es el dispositivo de medición de fricción más utilizado, pero este equipo tiene algunas limitaciones, particularmente en curvas e intersecciones. Las fuerzas verticales y de arrastre tienden a oscilar en esas secciones de carretera debido al movimiento de giro, lo que provoca medidas inestables.

El equipo de medición de fricción continua (CFME), como el SCRIM, puede superar muchas limitaciones del LWST. Además, los CFME también proporcionan datos de mayor resolución que tienen una fuerte correlación con los accidentes automovilísticos [7,9]. Sin embargo, este equipo todavía tiene dos inconvenientes: un alto costo inicial y de mantenimiento y la utilización de volúmenes sustanciales de agua para producir estos datos de alta calidad. La tendencia observada es que todos los dispositivos son efectivos, pero existe un delicado equilibrio entre costo, eficiencia y cobertura.

### 1.4 Textura del pavimento

La textura del pavimento se define por irregularidades en la superficie del pavimento que se desvían de una superficie plana. El perfil de textura es una función aleatoria estacionaria bidimensional (2-D) de la elevación de la superficie del pavimento a lo largo de una distancia horizontal que puede ser longitudinal o transversal. Los perfiles de textura son la representación más simple de textura del pavimento [1] y normalmente se utilizan para calcular estadísticas de textura, como el "Mean Profile Depth" (MPD). La textura del pavimento también se puede caracterizar mediante el uso de superficies tridimensionales (3-D). Una superficie de textura 3-D se recrea combinando varios perfiles 2-D contiguos, o tomando una imagen de un área usando dos cámaras en ángulo y colocadas una frente a la otra. La Figura 1 muestra una representación tridimensional y bidimensional de textura del pavimento.

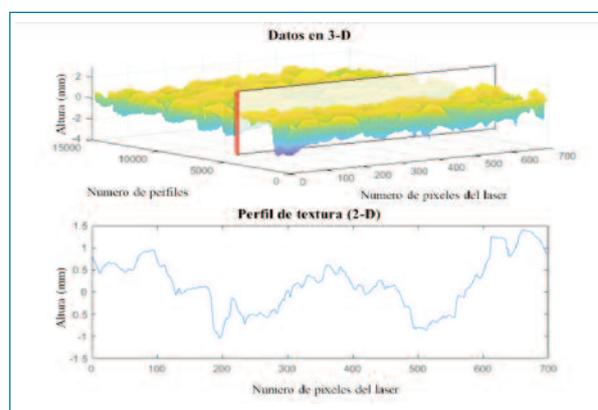


Figura 1. Superficie de pavimento 3-D (arriba), perfil de pavimento transversal 2-D (abajo)

En 1987, la Asociación Mundial de la Carretera estableció las cuatro categorías de textura del pavimento: irregularidad/rugosidad, megatextura, macrotextura y microtextura. Cada categoría es una función de las longitudes de onda de la textura o la frecuencia espacial y su amplitud vertical [9], sin embargo, en este artículo solo se enfocará en las últimas dos. La macrotextura es importante para prevenir el hidroplaneo en pavimentos con velocidades de 80 km/h o más, así como para reducir el ruido automovilístico y salpicaduras [10]. Por otro lado, la microtextura es importante para la fricción en pavimen-

tos secos con velocidades de 80 km/h o más y pavimentos mojados, pero demasiada microtextura puede aumentar el desgaste de los neumáticos. [1, 10]

Los primeros dispositivos para medir textura, como el "parque de arena", tenían limitaciones en cuanto a repetibilidad y variación entre diferentes operadores. Los dispositivos de medición sin contacto, como el Circular Track Meter (CTM), son más consistentes y permiten mediciones precisas y consistentes en cualquier ubicación, pero aun así tienen la desventaja de reducir la textura a un solo atributo. Para superar estas limitaciones, se desarrollaron sensores que permiten capturar un área de pavimento más amplia y calcular múltiples estadísticas de textura. Algunos ejemplos de dichos dispositivos incluyen el analizador de superficie tridimensional portátil LS-40 y el escáner láser lineal (LLS). Estos dispositivos proporcionan una mayor precisión y resolución espacial que los dispositivos anteriores, sin embargo, su limitación más grande es que son estáticos. Para recolectar dinámicamente datos de macrotextura sin control de tráfico, se han desarrollado dispositivos láser montados en vehículos, que utilizan la perfilometría de textura basada en láser. También se pueden utilizar cámaras de esteorevisión para capturar imágenes tridimensionales del pavimento, aunque estas se utilizan mejor para pruebas de baja velocidad debido a los largos tiempos de exposición [1]. En general, aunque cada dispositivo tiene sus limitaciones y problemas asociados, la selección cuidadosa del método de medición según las necesidades específicas puede proporcionar mediciones precisas y útiles de la textura del pavimento de la carretera.

## 2. METODOLOGÍA

Se inspeccionaron un total de 30 tramos de carretera en el estado de Texas, EE. UU. Cada tramo era 800 metros de largo y fue subdividido en cinco secciones de aproximadamente 160 metros de largo. Esto da un total de 150 puntos de datos. Estos tramos fueron seleccionados para cubrir una amplia gama de texturas y fricciones en pavimentos asfálticos. Dentro de estas secciones, las medidas de textura y resistencia al deslizamiento se recolectaron simultáneamente a una velocidad de 80 km/h. Las medidas de deslizamiento se reco-

pilaron a lo largo de la trayectoria de la rueda izquierda utilizando un LWST de acuerdo con la especificación de ASTM E274 [5]. Las medidas de textura se recopilaron a lo largo de la línea central del carril utilizando un sensor láser de línea. El sensor está sincronizado con el eje del vehículo de tal manera que, por cada revolución en el eje motriz, el sensor láser tomará 20 mediciones. Esto da como resultado que el sensor láser se dispare aproximadamente cada 40 mm en la dirección longitudinal (i.e., dirección de desplazamiento).

### 2.1 Diseño experimental

Los datos del LWST se examinaron cuidadosamente para garantizar que la velocidad del vehículo permaneciera en 80 km/h y que no hubiera anomalías en la fuerza vertical (p. ej., anomalías debidas a rebotes o giros). Se seleccionó una película de agua de 0.5 mm. Se utilizó un algoritmo que combina procesamiento de señales y técnicas estadísticas para procesar los datos de textura. Una vez que los perfiles de textura se procesaron por completo, se calcularon las estadísticas de textura. Estas estadísticas capturan diferentes características topológicas del pavimento como amplitud, espaciamiento, pendiente y frecuencia. Este artículo se centra únicamente en las estadísticas que se usaron en los modelos posteriores. La Tabla 1 muestra estas estadísticas.

En la Tabla 1,  $h_i$  es la altura de la coordenada "i" en mm;  $h_{p_j}$  y  $h_{v_j}$  son las alturas en mm del  $j^{\text{ésimo}}$  pico más alto y del  $j^{\text{ésimo}}$  valle más bajo, respectivamente;  $\bar{h}$  es la elevación media del perfil en mm;  $n$  es el número de coordenadas;  $x$  es la distancia transversal en mm entre puntos de inflexión,  $\bar{x}$  es la distancia media entre los puntos de inflexión en mm; y  $\Delta x$  es el espaciado horizontal entre puntos adyacentes.

Tabla 1. Estadísticas de textura

Estadística	Ecuación	Estadística	Ecuación
Factor de solidez ( $R_r$ )	$R_r = \frac{\min(h_i)}{\max(h_i)}$	Promedio de ancho transversal ( $C_m$ )	$C_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Rugosidad promedia de diez puntos ( $R_t$ )	$R_t = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 (h_{pj} - h_{vj})$	Variación de ancho transversal ( $C_v$ )	$C_v = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2$
Media cuadrática (RMS)	$RMS = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2}$	Desviación estándar del ancho transversal ( $C_{std}$ )	$C_{std} = \sqrt{C_v}$
Oblicuidad ( $R_s$ )	$R_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{h_i - \bar{h}_i}{RMS} \right)^3$	Variación de pendiente de dos puntos ( $SV_2$ )	$SV_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{h_i - h_{i+1}}{\Delta x} \right)^2}$

Nota: cada estadística se calcula para cada perfil de pavimento transversal 2D y luego se promedia sobre secciones de 160 metros para resumir la superficie 3D.

### 2.2 Clasificación de superficies

El proceso de promediar los datos supone que el pavimento es homogéneo en la distancia promediada. Las secciones de pavimento de este estudio se estudiaron cuidadosamente antes de la recopilación de datos y se demostró que eran homogéneas; sin embargo, en la práctica, la superficie del pavimento no se conoce a nivel de red. Por lo tanto, se desarrolló un clasificador de superficies de pavimento para asegurar que se cumpla la suposición de homogeneidad. En este estudio se utilizó un árbol de decisión (AD) como el clasificador para predecir la superficie del pavimento. Los AD son modelos no paramétricos con estructura de árbol que utilizan un conjunto de reglas para tomar decisiones. El modelo crea una serie de preguntas de sí/no para dividir continuamente los datos hasta que se hayan aislado todas las observaciones pertenecientes a cada superficie de pavimento. Se utiliza una estadística conocida como puntaje F1 para resumir la exactitud de un modelo, donde 0% es la peor exactitud posible y 100% es la mejor.

### 2.3 Predicción de resistencia al derrape

Se utilizó un análisis de regresión múltiple con numerosas variables para construir un modelo probabilístico que relaciona la fricción con múltiples variables explicati-

vas. Para medir el rendimiento de dicho modelo se utilizó el coeficiente de determinación múltiple ( $R_{adj}^2$ ), el cual cuantifica que tan bien se ajusta el modelo a los datos, pero castiga al usuario por cada parámetro agregado. Este estudio evaluó cuatro modelos estadísticos para predecir fricción. El primer modelo (modelo de textura) representa el enfoque de predicción tradicional donde la fricción se estima utilizando sólo estadísticas de textura. Estos modelos tienden a funcionar bien en un análisis a nivel de proyecto. Sin embargo, cuando se usan a nivel de red con diferentes superficies de pavimento, tienen dificultades para mantener una alta exactitud. El segundo modelo de regresión (modelo de superficie) usó las superficies de pavimento pronosticadas por el AD descrito anteriormente. Las superficies se representan como variables discretas en el modelo. Esto permite que diferentes superficies tengan su propia línea de regresión. El tercer modelo utiliza superficies predichas y estadísticas de textura (modelo de textura y superficie). Según este modelo, cada superficie tiene su propia línea de regresión con una pendiente distinta de cero, y se supone que todas las líneas de regresión son paralelas. Finalmente, el cuarto modelo es el modelo de interacción entre textura y superficie. Este modelo relaja la suposición de paralelismo y permite que cada superficie tenga su propia línea con su propia pendiente. Esto significa que no todas las superficies del pavimento tienen la misma variación en fricción dando un cambio en textura. Las ecuaciones de regresión para los cuatro modelos se proporcionan en las Ecuaciones 2-5. Donde los parámetros de regresión son  $\alpha, \beta, \gamma$ , y  $\delta$ .

## Cobertura total de la fricción de pavimentos asfálticos a nivel de red

Modelo #1:	$SN = \alpha_0 + \alpha_1 \text{ RMS} + \alpha_2 \text{ Rr} + \alpha_3 \text{ C}_m$
Modelo #2:	$SN = \beta_0 + \beta_1 \text{ HM CS} + \beta_2 \text{ LM CS} + \beta_3 \text{ OMS}$
Modelo #3:	$SN = \gamma_0 + \gamma_1 \text{ RMS} + \gamma_2 \text{ R}_s + \gamma_3 \text{ LM CS} + \gamma_4 \text{ OMS} + \gamma_5 \text{ DMS}$
Modelo #4:	$SN = \delta_0 + \delta_1 \text{ R}_s + \delta_2 \text{ C}_{std} + \delta_3 \text{ HM CS} + \delta_4 \text{ LM CS} + \delta_5 \text{ HM CS} * \text{R}_s$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pavimentos en este estudio cubren seis superficies de pavimento flexible: RG con macrotextura alta (HM CS), RG con macrotextura baja o media (LM CS), mezclas de granulometría abierta (OMS), asfaltos de masilla de piedra (SMA), mezclas gruesas densas (DCM), y mezclas finas densas (DFM). Antes de entrenar al clasificador AD, se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si el efecto de la textura sobre la fricción era diferente en estas seis superficies de pavimento. Los datos indican fuertemente que la superficie del pavimento afecta directamente a la fricción de la superficie. Luego, se realizaron múltiples comparaciones para probar si el efecto de fricción de cada una de las seis superficies era significativamente diferente. Las pruebas indicaron que HM CS, LM CS y OMS tenían efectos completamente distintos, pero DCM, DFM y SMA tenían efectos estadísticamente similares. Por lo tanto, las últimas tres superficies se combinaron en una sola categoría designada como DMS. Esto resultó en un total

de cuatro superficies de pavimento con distintos efectos sobre la fricción.

#### 3.1 Clasificación

El AD se entrenó utilizando datos de textura antes de promediar cada 160 metros. El número total de puntos de datos fue de 14.210. El modelo de AD final se puede observar en la Figura 2. La Tabla 2 muestra el informe de clasificación. Este informe resume el rendimiento del modelo. La Tabla 2 muestra que la exactitud del modelo es del 93%. Esto significa que, en promedio, el modelo puede clasificar correctamente 93 de 100 superficies de pavimento. Además, los datos indican que LM CS y HM CS son las superficies más difíciles de distinguir dados sus puntajes F1 de 79% y 89%. Esta condición podría resolverse potencialmente con la incorporación de datos de microtextura, ya que LM CS normalmente tiene agregados pulidos.

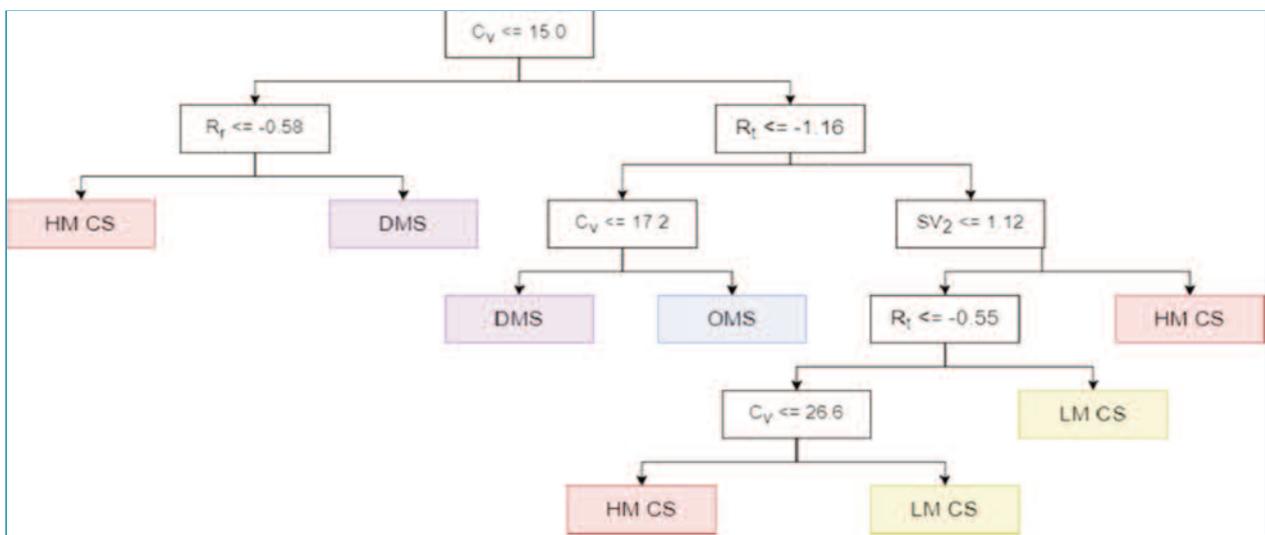


Figura 2. Modelo AD para predecir superficie del pavimento

Tabla 2. Reporte de clasificación para el AD en el conjunto de datos de validación

Superficie	Precisión	Exhaustividad	Puntaje F1	Numero de datos
HM CS	0.74	0.86	0.79	400
LM CS	0.93	0.87	0.89	831
DMS	0.98	0.98	0.98	700
OMS	0.99	0.97	0.98	911
Exactitud global del modelo			0.93	

Tabla 3. Resumen completo del análisis de regresión

Variable	Modelo #1	Modelo #2	Modelo #3	Modelo #4
	Influencia (Valor P)			
Intercepción	0.446 (0.000)*	0.363 (0.000)*	0.318 (0.000)*	-0.107 (0.026)*
Media cuadrática (RMS)	0.585 (0.000)*	~	0.147 (0.000)*	~
Factor de Solidez (Rr)	-0.197 (0.000)*	~	~	~
Promedio de ancho transversal (Cm)	-0.181 (0.000)*	~	~	~
Oblicuidad (Rs)	~	~	-0.207 (0.000)*	-0.296 (0.000)*
Desviación estándar del ancho transversal (Cstd)	~	~	~	0.027 (0.000)*
RG macrotextura alta (HM CS)	~	0.190 (0.000)*	~	0.566 (0.000)*
RG macrotextura baja/media (LM CS)	~	-0.073 (0.000)*	-0.167 (0.000)*	0.239 (0.000)*
Granulometría abierta (OMS)	~	-0.058 (0.000)*	-0.418 (0.000)*	~
HM CS Mezclas densas (DMS)	~	~	-0.302 (0.000)*	~
Interacción entre HM CS y Rs	~	~	~	0.414 (0.000)*
<b>Bondad de Ajuste</b>				
$R_{adj}^2$	0.273	0.567	0.746	0.793
Error estándar residual	0.100	0.073	0.0516	0.051
* Indica que el valor P es menor a $10^{-3}$				

# Cobertura total de la fricción de pavimentos asfálticos a nivel de red

## 3.2 Predicción de resistencia al deslizamiento

El modelo de textura (Modelo #1) se desempeña bien en pavimentos homogéneos, pero se comporta más como generador de números aleatorios en pavimentos heterogéneos. Esto se debe a que, matemáticamente, este modelo utiliza una línea para explicar el comportamiento de múltiples superficies de pavimento. Los resultados del modelo de superficie (Modelo #2) indicaron que los HM CS tienen la mayor fricción, seguido de DMS, OMS y LM CS. Sorprendentemente, el rendimiento de este modelo parece ser de alrededor del 56,7%. Esto implica que, para las superficies estudiadas, más de la mitad de la variabilidad de la fricción en pavimentos flexibles puede explicarse únicamente por la superficie del pavimento. El tercer modelo de textura y superficie (Modelo #3) explica el 74,6% de la fricción, pero no es necesariamente el mejor modelo. Un análisis de segmentación completa se utilizó para incorporar al modelo las estadísticas de textura, las superficies del pavimento y las interacciones más significativas. La única interacción que resultó significativa fue la de la oblicuidad con HM CS. Los datos indican que HM CS es la única superficie cuyo deslizamiento aumenta a medida que la textura del pavimento se vuelve más positiva, mientras que todas las demás superficies ganan deslizamiento a medida que la textura del pavimento se vuelve más negativa. El Mo-

delo #4 tuvo el rendimiento más alto con casi un 80% y es potencialmente el modelo lineal más poderoso que se puede desarrollar usando seis predictores. La Tabla 3 proporciona un resumen del análisis de regresión. La Figura 3 muestra el rendimiento de los modelos estadísticos.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio demostró que las estadísticas de textura medidas con instrumentación de alta definición tienen una influencia estadísticamente significativa en la resistencia al deslizamiento y se pueden usar para la predicción de la superficie del pavimento a nivel de red y con un alto grado de exactitud. De hecho, la incorporación de la inteligencia artificial y los avances tecnológicos permiten desarrollar modelos predictivos de fricción más potentes que nunca. Con base en los datos analizados, existe una clara relación entre la textura y la fricción; sin embargo, esta relación depende en gran medida del tipo de superficie del pavimento. Las estadísticas de textura por sí solas tienen un rendimiento inferior al 30% bajo pavimentos heterogéneos. Se demostró que incorporar el tipo de superficie predichas por el AD explica más del 50% de la variabilidad en fricción. No obstante, una combinación inteligente de información superficial y estadísticas de textura puede producir un

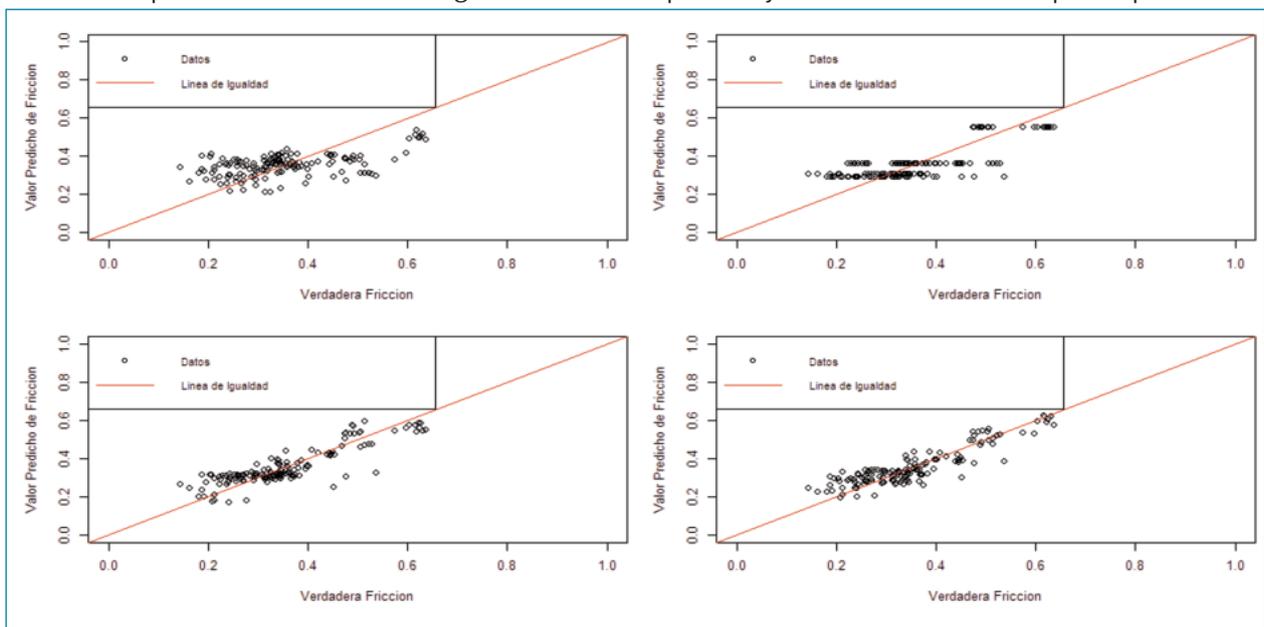


Figura 3. Rendimiento de modelos estadísticos. Valores predichos contra los valores reales.

modelo con una exactitud de 80%. Este estudio podría tener grandes implicaciones, ya que podría ayudar a las agencias de transporte a recopilar una cobertura completa a nivel de red de medidas de fricción anualmente. Actualmente, las agencias recopilan entre el 3 y el 5% de la información de fricción mediante mediciones directas. Este modelo de determinación indirecta de fricción permite una cobertura del 100% de la información con un 80% de exactitud. Dicha información sería de gran utilidad para detectar zonas de baja fricción, para modelar el rendimiento de la fricción a través de los años, entre otros análisis de gestión de pavimentos.

Para mejorar aún más este estudio, se recomienda repetir el análisis una vez que la tecnología láser tenga una resolución y una frecuencia de muestreo lo suficientemente altas como para capturar la primera década de microtextura o una vez se tenga información sobre los agregados usados en el pavimento. Esto ayudara a mejorar el rendimiento del modelo por encima de 80%.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Serigos P, Buddhavarapu P, Gorman G, Hong F, Prozzi J. The Contribution of Micro and Macro-Texture to the Skid Resistance of Flexible Pavement. Austin: Center for Transportation Research; 2016.
- [2] Noyce D, Bahia H, Yambo J, Kim G. Incorporating Road Safety into Pavement Management: Maximizing Asphalt Pavement Surface Friction for Road Safety Improvements. Madison: Midwest Regional University Transportation Center; 2005.
- [3] Hall J, Smith K, Wambold J, Yager T, Rado Z. Guide for Pavement Friction. Washington DC: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP); 2009.
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). AASHTO Guide for Pavement Friction. Washington DC; 2008.
- [5] ASTM E274/E274M-15. Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire. West Conshohocken: American Society for Testing and Materials (ASTM); 2015.
- [6] Flintsch G, McGhee K, de Leon Izeppi K, Najafi S. The Little Book of Tire Pavement Friction. Pavement Surface Properties Consortium. 2012.
- [7] De Leon Izeppi E, Flintsch G, Katicha S, McGhee K, McCarthy R. Locked Wheel and Sideway-Force Continuous Friction Measurement Equipment Comparison and Evaluation Report. Federal Highway Administration Pavement Friction Management Support Program; 2019.
- [8] De Leon Izeppi E, Flintsch G, Katicha S, McGhee K, McCarthy R, Smith K. Pavement Friction Management Program (PFMP) Utilizing Continuous Friction Measurement Equipment and State-of-the-practice Safety Analysis Demonstration Project. Federal Highway Administration Pavement Friction Management Support Program; 2019.
- [9] PIARC, (1987). PIARC Technical Committee on Surface Characteristics: Technical Committee Report No 1 to the XVIII World Road Congress, Brussels, Belgium.
- [10] Hibbs, B., and Larson, R., Tire Pavement Noise and Safety Performance: PCC Surface Texture Technical Working Group. Report No. FHWA-SA-96-068. Federal Highway Administration. Washington, D.C. 1996.
- [11] Amin, E. Shalaby, A, Saleh, M., and Flintsch, G. "Stereo-Vision Applications to Reconstruct the 3D Texture of Pavement Surface." The international journal of pavement engineering 12, no. 3 (2011): 263–273.

# LA BASE PARA UN, **ASFALTO MÁS SOSTENIBLE**

Los betunes de Cepsa son respetuosos con el medioambiente porque están diseñados para su uso en técnicas más sostenibles, mientras contribuyen a la economía circular.

Más info.



# UNE-EN 12697-53:2022 Incremento de la cohesión por el método de la trabajabilidad

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

## 1. OBJETO Y PRINCIPIO DEL ENSAYO

Determinación de la trabajabilidad en mezclas bituminosas mediante el aumento de la cohesión midiendo la resistencia al cizallamiento. Puede emplearse para valorar el cambio de manejabilidad con la pérdida de temperatura o cambios en la composición.

Se utiliza como ayuda en la fase del diseño de las mezclas.

## 2. MÉTODO OPERATIVO

El tiempo y la temperatura de acondicionamiento de la mezcla dependen del objetivo del ensayo y naturaleza de la muestra.

Por cada ensayo se deben realizar al menos 2 muestras. El procedimiento operativo es el siguiente:

- Se coloca el molde sobre una superficie plana y se llena el molde con la muestra para una cantidad mayor de la necesaria para su enrase.
- Se coloca sobre el molde el conducto de llenado y el cajón de descarga.
- Se llena el cajón de descarga con  $(11 \pm 0,1)$  kg de mezcla bituminosa.
- Se coloca el cajón en la parte superior del conducto de llenado y se abre la trampilla para que caiga la mezcla sobre el molde.
- Se enrasa la mezcla para un espesor de  $(100 \pm 2)$  mm, teniendo especial cuidado en su manipulación

para no simular ningún efecto de compactación.

- Se coloca el molde lleno en la cámara climática para un tiempo de acondicionamiento (h). El tiempo transcurrido entre el llenado del cajón y descarga con el tiempo de acondicionamiento en la estufa no debe ser superior a 3 horas.

Para la ejecución del ensayo se coloca el molde en el equipo en un tiempo inferior a 2 minutos y se inicia el ensayo con el desplazamiento del pistón hasta el final del recorrido. Se registra el valor máximo de la fuerza de cizalla medida  $F_{max}$ , redondeando a 0,1 N.

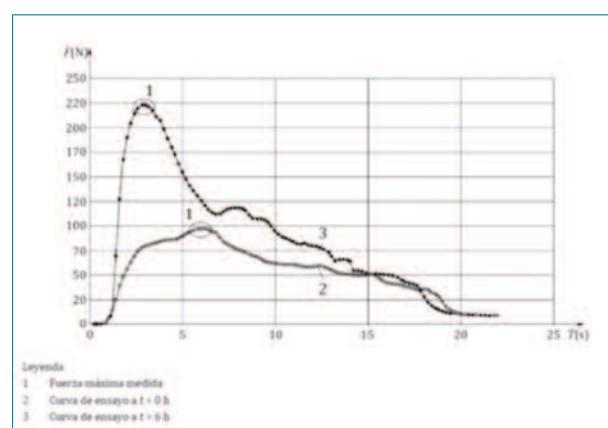


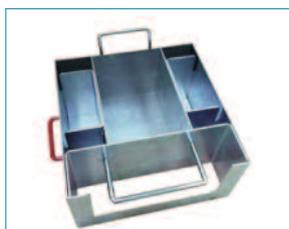
Gráfico de ensayo fuerza/tiempo.

## 3. EQUIPAMIENTO

Moldes de ensayo normalizados (2 tamaños, pequeños y grandes).

## UNE-EN 12697-53:2022 Incremento de la cohesión por el método de la trabajabilidad

Equipo de medida compuesto por chasis metálico equipado con un pistón que se mueve a una velocidad de  $(10 \pm 0,5)$  mm/s y un recorrido de al menos 130 mm, un sensor de fuerza fijado al pistón con tolerancia de 1N hasta 100 N y una placa de acero para el empuje de la mezcla con dimensiones variables en función del molde empleado.



Molde de ensayo



Equipo de ensayo

Conducto de llenado, con dimensiones de  $(1.000 \pm 50)$  mm de altura y capaz de albergar al menos 11 kg de mezcla.



Conducto de llenado y cajón de descarga.

Regla de acero.

Cámara climática o estufa con tolerancia de  $\pm 1^\circ\text{C}$  para una temperatura de ensayo igual o inferior a  $25^\circ\text{C}$  y de  $\pm 5^\circ\text{C}$  para temperaturas superiores.

### 4. PUNTOS CRÍTICOS

Pequeñas variaciones en la temperatura de la mezcla pueden influir en el resultado final del ensayo. Es preciso mantener la temperatura de la mezcla durante su ejecución lo, más cercana posible a la temperatura de ensayo objetivo.

Aunque hay procedimientos similares, este ensayo

es utilizado en otros países (pe. Francia). Se dispone todavía de poca experiencia en España.

En el documento traducido de la norma europea a castellano y para la elaboración de esta ficha, se ha considerado sustituir el término “disgregación” por “trabajabilidad” así como “curado” por “acondicionamiento”.

### 5. COMENTARIOS

El ensayo puede aportar información interesante sobre la manejabilidad de la mezcla y puede ser complementario con otros procedimientos de análisis de esta propiedad como puede ser el estudio de las curvas de compactación con la compactadora giratoria.

En este ensayo no solamente se tienen en cuenta los valores de viscosidad del ligante variando la temperatura de la mezcla, sino que se obtiene una valoración del conjunto de componentes, como es el mástico, curva granulométrica y las características de los áridos.

En los resultados se pueden comparar diferentes curvas de resistencia a la manejabilidad de una misma mezcla con distintas temperaturas, estableciendo valores de referencia para su utilización en laboratorio (preparación de probetas) y en la obra.

### 6. ESPECIFICACIONES.

En la actualidad no se dispone de especificaciones ni recomendaciones para este método de ensayo.

### 7. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 12697-53. Incremento de la cohesión por el método de la disgregación.

*El ensayo de la medida de la cohesión de una mezcla bituminosa por el método de la trabajabilidad puede aportarnos información de la manejabilidad de la mezcla valorando el conjunto de sus componentes.*

# 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 29 de agosto hasta el 30 de octubre de 2023.

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

### NORMATIVA APROBADA

- **UNE- EN 13808 (Publicada año 2023).** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones catiónicas

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

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 1426 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja
- **PNE- prEN 12594 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Preparación de las muestras de ensayo
- **PNE- EN 12595 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática
- **PNE- EN 12596 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío
- **PNE- prEN 12597 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Terminología
- **PNE- prEN 12607-1 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina y rotatoria)
- **PNE- EN 14769 (Última publicación año 2012).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento pro envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
- **PNE- EN 14770 (Última publicación año 2012).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DSR))
- **PNE- EN 14771 (Última publicación año 2012).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)
- **PNE- prEN 16346 (Última publicación año 2011).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento de rotura y adhesividad inmediata de emulsiones bituminosas catiónicas.

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

#### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN ISO 11819-1 (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Acústica. Medición de la influencia de las superficies de carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 1: Método estadístico del paso de vehículos
- **PNE-prEN 12697-2 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **PNE-EN 12697-4 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Recuperación de betún: Columna de fraccionamiento
- **PNE-prEN 12697-16 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2019). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa
- **PNE-prEN 12697-35 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio
- **PNE-EN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-43 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-EN 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes

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

## NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-EN 13108-31 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-prEN 13880-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 3: Métodos de ensayo para la determinación de la penetración y la recuperación (resiliencia)
- **PNE-prEN 13880-4 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 4: Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia al calor. Variación de la penetración
- **PNE-prEN 13880-5 (última publicación año 2006). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 5: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la fluencia.
- **PNE-prEN 15466-1 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de imprimación para productos de sellado de juntas aplicados en frío y en caliente. Parte 1: Determinación de la homogeneidad.
- **PNE-prEN 15466-2 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de imprimación para productos de sellado de juntas aplicados en frío y en caliente. Parte 2: Determinación de la resistencia contra el álcali.
- **PNE-prEN 15466-3 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de imprimación para productos de sellado de juntas aplicados en frío y en caliente. Parte 3: Determinación del contenido de sólidos y del comportamiento frente a la evaporación de sustancias volátiles.
- **PNE 41265-2 IN (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

## ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

## NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE-EN 932-3 (Publicada octubre 2023).** Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada
- **UNE-EN 933-5 (Publicada octubre 2023).** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de partículas trituradas en áridos naturales gruesos e integrados
- **UNE-EN 933-9 (Publicada octubre 2023).** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno

### ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

#### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 933-1 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado
- **PNE-EN 933-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **PNE-prEN 933-11 (última publicación año 2009). ESTADO: VERSIÓN EN INGLÉS Y ALEMÁN** Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate.
- **PNE-prEN 1097-1 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
- **PNE-EN 1097-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **PNE-EN 1097-7 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **PNE-EN 1744-4 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 4: Determinación de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas
- **PNE-CEN/TS 17438 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Origen de los materiales considerados en el desarrollo de las normas de áridos del CEN/TC 154
- **PNE-prEN 17555-1 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 1: Características
- **DIN EN 17555-2 (Norma nueva). ESTADO: EXISTE VERSIÓN EN INGLÉS Y ALEMÁN** Aggregates for construction Works. Part 2: Complementary information

### COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Desde la última publicación de la revista se han incorporado para revisión y aprobadas las siguientes normas en los diferentes Comités:

#### Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1:

- Se han aprobado la norma de especificaciones de emulsiones bituminosas catiónicas

#### Comité Técnico AEN/CTN 41/SC2:

- Se ha incorporado a revisión las siguientes normas EN 12697-2, EN 12697-16 y EN 12697-35

#### Comité Técnico AEN/CTN 146/SC3:

- Publicación de las normas EN 932-3, EN 933-5 y EN 933-9
- Las normas EN 933-11 y EN 17555-2 se dispone de la normativa publicada en inglés y alemán no aparece la norma en revisión en español .

# Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

Jacinto Luis García

Vocal Revista Asfalto y Pavimentación

La compactación de una capa asfáltica es uno de los procesos más importantes de su ejecución, siendo fundamental para que aquélla alcance una calidad alta y uniforme que asegure sus prestaciones y durabilidad.

Sin embargo, ejecutar correctamente un plan de compactación, con el número de pasadas previstas en él, en el rango de temperatura adecuado y repartidas de modo uniforme por toda la capa, es muy difícil y se consigue en pocos casos.

Los métodos habituales suelen dar lugar a reparto irregular de las pasadas de los compactadores en la capa; una de las causas es el gran número de maniobras repetitivas, que induce a sus operadores a perder la concentración y funcionar de manera inconsistente. Además, esa rutina puede llevar a que la combinación de frecuencia, amplitud y velocidad no sea siempre la adecuada. La consecuencia será una falta de uniformidad en la densidad de la capa.

Numerosos estudios en que los se aplicó la referenciación con GPS de esas pasadas han confirmado este problema. Por ejemplo, uno de la Universidad de Twente [1] visualizó de modo gráfico esa falta de uniformidad, mostrando áreas con un número de pasadas muy alto y mientras que en otras era muy escaso. (Fig.1).

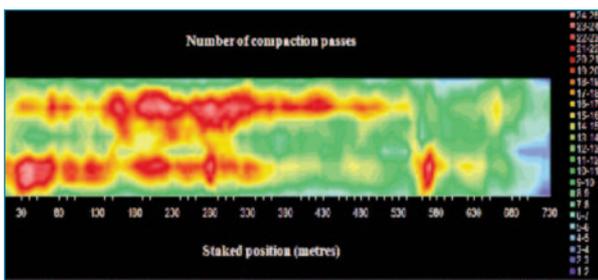


Figura 1. Distribución de pasadas de compactador en un tramo [1].

Cuando hay que compactar una gran superficie que es visualmente homogénea, negra, monótona y con pocas referencias, ¿es posible confiar en que, con el método tradicional, todos y cada uno de sus puntos tengan el número de pasadas necesarias, dadas en el intervalo adecuado de temperatura y/o con la velocidad adecuada? Se debería ser muy escéptico.

Por ello, con el objetivo de lograr más eficiencia, mejor y más uniformidad en la densidad de la capa y mayor durabilidad de ésta, en los últimos años se han incorporado tecnologías de posicionamiento y sensorización para la monitorización y control del proceso.

Inicialmente, se concibieron como un simple sistema de ayuda al operador, registrando con GPS las pasadas y su situación en la capa, para visualizarle en una pantalla en cabina las zonas ya compactadas, con el número de pasadas dadas en cada una, las zonas aún no compactadas, etc, de modo que le facilitasen el trabajo.

Desarrollos sucesivos fueron incluyendo sensores, como los de infrarrojos para medir la temperatura superficial de la capa, o acelerómetros para indicar la respuesta de la capa a su progresiva densificación.

En su estado actual estos desarrollos son una alternativa mucho más eficiente que la de métodos tradicionales basados en esquemas de compactación fijos o estáticos, pues consisten en una adaptación dinámica al estado de densificación de la capa, controlando, mediante referencia posicional y su registro, no sólo el número y distribución de pasadas, sino también las mediciones, en cada punto, de la temperatura y de la respuesta de la capa, siendo capaces de adaptar, en tiempo real, el esfuerzo de compactación a aplicar.

Como resultado, el proceso es mucho más eficiente y se obtiene más uniformidad en la densidad de la ca-

# Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

pa. Es la llamada "Compactación Inteligente" (CI)

La CI supone un enorme salto tecnológico en todo el proceso de compactación, probablemente el mayor producido desde la introducción de los rodillos vibrantes en los años 70; salto que afecta tanto a su ejecución como al control de calidad asociado.

## 1. CONCEPTO Y PRINCIPIOS DE LA COMPACTACIÓN INTELIGENTE

La Compactación Inteligente es un enfoque moderno, del siglo XXI, que utiliza tecnologías avanzadas para monitorear y controlar el proceso de compactación, con el objetivo de optimizar su eficiencia, a la vez que se obtiene mejor y más uniforme densidad en la capa y, consecuentemente, mayor durabilidad.

Implica el uso de sensores y sistemas de medición instalados en los rodillos para recopilar, con referencia de posición, datos en tiempo real durante el proceso de compactación. Estos sensores pueden medir parámetros como la temperatura superficial, la velocidad, la frecuencia y amplitud de vibración de los rodillos, la energía de compactación aplicada y la respuesta o resistencia de la capa.

A partir de los datos de la capa (espesor, tipo de mezcla) y de la medición continua de su temperatura superficial y de su respuesta al esfuerzo de compactación aplicado (función de su rigidez y relacionada con su densidad y temperatura) el software del sistema, tras procesar y analizar esos datos, no sólo informa al operador presentándole en pantalla, en tiempo real y en distintos colores, la información procesada, sino que puede llegar a automatizar totalmente los parámetros del esfuerzo de compactación a aplicar en cada punto.

Las funciones básicas del sistema son las siguientes:

- Medir continuamente, mediante acelerómetros, la respuesta de la capa ante el esfuerzo de compactación aplicado, monitorizarla junto con amplitudes y frecuencias de vibración y temperatura de la capa, y procesar los datos calculando un indicador que se asocia al estado de su compactación.
- Adecuar el esfuerzo de compactación a la respuesta que se obtiene de la rigidez de la capa.

- Georreferenciación de datos mediante GPS o GNSS, lo que permite mostrar mapas del estado de compactación en tiempo real
- Procesado y análisis en tiempo real, por un ordenador embarcado en el rodillo, de los datos recogidos por los sensores, mostrando al operador los valores del indicador, junto con otros parámetros de compactación. Ayuda gráfica mediante pantallas de mapas en colores con número de pasadas, temperaturas de la capa e indicador de compactación.
- Registro de todos los datos y resultados de la compactación y transmisión de los mismos con sistemas de comunicación inalámbrica a dispositivos de control y análisis

El parámetro clave es el de la respuesta de la capa frente al esfuerzo de compactación aplicado por el rodillo. Se mide mediante acelerómetros, basándose en que el tambor del rodillo experimenta movimientos de "rebote", que varían conforme aumenta la rigidez de la capa, generando aceleraciones, cuya vibración tiene diversos componentes de frecuencias específicas.

Cada fabricante ha desarrollado una distinta forma de filtrar y procesar los datos y de calcular el indicador que se relaciona con la densidad de la capa. La dificultad de definición de un indicador en capas asfálticas reside tanto en la influencia de las capas inferiores ante las fuerzas de compactación, ya que el bulbo de las tensiones transmitidas por el rodillo alcanza profundidades muy por debajo de la capa asfáltica en ejecución, como en la influencia de la temperatura en el módulo y la respuesta de dicha capa, variables con aquella. Por eso, han aparecido diversos indicadores impulsados por cada fabricante de rodillos, buscando una correlación precisa con la densidad real de la capa.

Se mantiene un registro continuo de los datos medidos, como pasadas, temperatura superficial, valores del parámetro relativo a la rigidez de la capa, frecuencias de vibración/amplitud y velocidades del rodillo. Estos datos completan o, incluso, sustituyen, el control de calidad tradicional de muestreo puntual, con la gran ventaja de abarcar la totalidad de la capa ejecutada.

En la compactación convencional, al operador del compactador no le llega información acerca de cómo

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

se está densificando la capa, ha de seguir un esquema de compactación prefijado y, en todo caso, habría que usar equipos ligeros de medición (nucleares o de resistencia) para muestreo puntual de cómo evoluciona la compactación.

Sin embargo, la Compactación Inteligente da al operador información, en tiempo real, tanto de la densificación que se está obteniendo en cada pasada, mostrando en forma gráfica la de las zonas ya compactadas, como el número de pasadas, temperatura superficial de capa y demás datos asociados a los parámetros de la compactación. Le permite visualizar el estado real de la capa, asegurar un reparto uniforme y eficiente de las pasadas de compactador y hacer, justo a tiempo o automáticamente, las correcciones necesarias en los parámetros del proceso de compactación para alcanzar la densidad prevista.

Las ventajas que ofrecen los sistemas de Compactación Inteligente son:

- Mejora y optimización de la compactación, obteniendo una densidad más uniforme en toda la superficie de la capa, sin requerir una gran experiencia en el operador.
- Ajuste automático de los parámetros de compactación, en función de la respuesta de la capa.
- Evita errores en áreas ya frías (vibración o amplitud alta) o compactadas.
- Mejora del comportamiento a largo plazo de la capa, al evitar zonas débilmente compactadas.
- Aumenta la productividad: Optimiza el proceso y reduce el número de pasadas, con los consiguientes ahorros en combustible y tiempo del proceso.
- Grabación continua de valores de rigidez del material, referenciados con su localización.
- Mejor control de calidad: contempla la totalidad de la capa y la homogeneidad de la densidad obtenida.
- Identificación de deficiencias en la superficie soporte con una pasada previa en la misma.

La CI nació del impulso e iniciativa de algunos fabricantes europeos de compactadores, que desarrollaron sistemas propietarios incorporados a sus equipos.

El interés suscitado y su potencial empleo como control de calidad final hizo que el sistema se fuese extendiendo y perfeccionando, llegando a establecerse unos principios comunes, para facilitar su empleo y el tratamiento de los datos por organizaciones de control y Administraciones.

Así, por ejemplo, la Administración Federal de Carreteras estadounidense (FHWA) ha impulsado el desarrollo y el estudio de la tecnología CI, [2], hasta llegar a fijar unas especificaciones, [3], a efectos de considerarla integrable en el Control de Calidad y de modo que los datos fuesen intercambiables.

La Compactación Inteligente es una tendencia de creciente implantación dadas las mejoras que conlleva, tanto en eficiencia y productividad en su ejecución como en la calidad final de la capa y su durabilidad.

### 1.1. Descripción del sistema de Compactación Inteligente

Los componentes fundamentales de un sistema de CI son:

**GPS o GNSS** Fija la posición del compactador en cada momento. La precisión debe ser centimétrica, para georeferenciación de datos, resultados del proceso y su mapeo,

**Acelerómetro.** Es el componente clave, se monta en el bastidor del rodillo, próximo al tambor vibrador, y registra las aceleraciones verticales debidas al esfuerzo de compactación transmitido y respuesta de la capa y de su apoyo.

**Sensor térmico de infrarrojos.** Mide, registra e informa de la temperatura superficial de la capa.

Ordenador de a bordo, capaz de procesar en tiempo real los datos registrados y analizar las aceleraciones verticales en relación con los parámetros de compactación (frecuencia, amplitud, y orientación en su caso, y velocidad) y calcular el valor del indicador que caracteriza la respuesta de la capa que se está compactando. En su caso, actúa sobre esos parámetros regulándolos automáticamente en función de la temperatura y respuesta de la capa. Genera un mapa continuo del nivel de compactación alcanzado, situación de pasadas y estado térmico superficial.

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

**Salida gráfica.** Una pantalla ubicada en la cabina muestra información de la compactación en tiempo real, tanto en formato numérico como gráfico en forma de mapas de la capa (de pasadas, de temperatura, del indicador de compactación) para ayuda a la actuación del operador del rodillo y que pueda, en su caso, hacer correcciones o ajustes.

La información que se muestra incluye la amplitud y frecuencia de vibración, la velocidad y la posición GPS. Los efectos de una pasada de rodillo se muestran en los mapas con colores diferentes (o tonos de color), de modo que el operador pueda realizar un fácil seguimiento de su ubicación a lo largo del tramo, decidir las siguientes pasadas, controlar el aumento de rigidez de la capa y asegurar una compactación uniforme.

**Registro de datos.** El sistema registra todos los datos del proceso de compactación, que pueden descargarse en cualquier momento para su análisis e incorporación a la documentación de control de calidad. Asimismo, pueden ser recibidos en tiempo real en dispositivos como smartphones o tabletas en el propio trabajo o en oficinas de control.

### 2. EQUIPOS DE COMPACTACIÓN INTELIGENTE

Prácticamente todos los fabricantes de compactadores ofrecen hoy día equipamientos con CI en equipos nuevos. También existe la posibilidad de actualizar y dotar de esas capacidades a equipos que no la tienen.

Se podrían establecer dos escalones en tecnologías disponibles, uno con una CI parcial, muy básica, sin análisis de la respuesta de la capa y un segundo con todas sus capacidades.

#### 2.1. Sistemas con aspectos parciales de Compactación Inteligente

Como ya se indicó, un primer escalón fue el de registro de las pasadas mediante GPS y su visualización, en tiempo real, en una pantalla en el compactador; se podía complementar con una medición de temperatura superficial. Ello supone ya una ayuda para control del número de pasadas en la superficie e informar de

la temperatura en la capa, aunque sin medidores de la respuesta de la misma.

Si bien algunos fabricantes ofrecieron inicialmente estos equipamientos, la falta de medidores de la respuesta de la capa, que es ya un requisito imprescindible para hablar de CI, ha hecho que migrasen a ofrecer equipos con indicadores relacionables con la densidad de la capa.

No obstante, un pionero de la CI como **BOMAG**, ofrece actualmente un simple y primer escalón de acceso a la trazabilidad de pasadas y su registro: el sistema **BOMAP**, disponible en una app sin coste, para smartphones y tablets Android. Es aplicable a cualquier equipo de compactación de cualquier marca y se gestiona con una tableta en el compactador, utilizando bien el GPS de aquella ó, para mayor precisión (20 cm), un GPS colocado sobre el mismo.

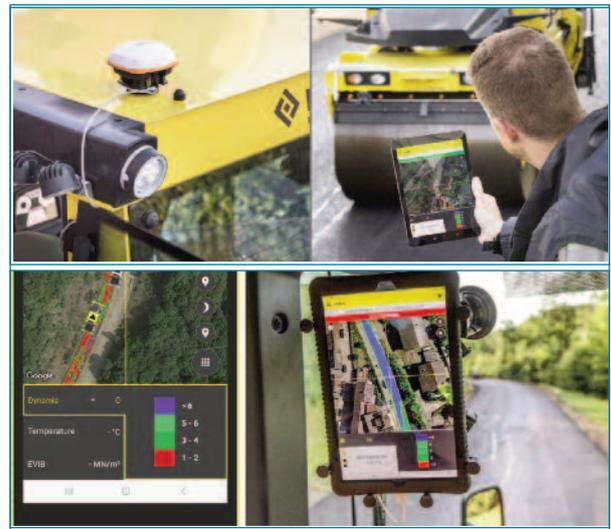


Figura 2. Pantallas de la aplicación BOMAP

Registra, si el compactador dispone de ellos, también los datos de temperatura y respuesta de la capa y los muestra en mapas sobre la cartografía de la obra, en la tableta en el compactador o en la del equipo del supervisor.

Todos los datos se registran en un pdf, que puede verse en cualquier momento en la propia tableta o grabado, vía USB, para el control de calidad externo en oficina.

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

### 2.1. Equipos con CI total

Integran todos los elementos de la CI descritos en el apdo.1 y pueden ofrecer todas sus capacidades y automatizaciones en el proceso de compactación.

Según fabricantes, difieren en el modo de medir y calcular el indicador de compactación; algún fabricante llega a relacionarlo directamente con la densidad de capa, sin precisar más que un calibrado de correlación del indicador con la misma.

Todos ellos muestran mapas similares en tiempo real de la superficie que se está compactando, con la posición del rodillo, las pasadas aplicadas, temperaturas e indicador de compactación, diferenciando los distintos rangos con diversos colores.

El operador vigila esa pantalla y ve las pasadas dadas en cada punto y las que quedan por hacer y dónde y, según el caso, la recomendación de los parámetros aplicar, aunque, en muchos de los casos, el sistema los aplica automáticamente.

#### 2.2.1. AMMAN

Dispone del sistema ACE (Ammann Compaction Expert) que, en su versión **ACEpro**, ajusta automáticamente la amplitud y la frecuencia en función de las características detectadas en la capa sobre la que rueda, adecuando la energía de compactación aplicada según sea la respuesta que detecta de la capa, de modo que reduce automáticamente la amplitud del compactador en zonas con mayor rigidez o ya compactadas y la aumenta en los casos opuestos. En la pantalla indica al operador cuál es la velocidad óptima e indica la temperatura superficial de la capa.

El software incorporado analiza en tiempo real los parámetros medidos, a la vez que se registran todos los datos del proceso. (Fig. 3).

Incluye software de documentación ADS (Amman Documentation System) con función de análisis de oficina.



Figura 3. AMMAN

#### 2.2.2. BOMAG

Fue una pionera en el desarrollo de la CI para capas bituminosas en caliente, presentando ya en 2001 el sistema Asphalt Manager (AM), que dotado de acelerómetros en el tambor mide el rebote de éste y calcula un valor, que denominan módulo de rigidez de la capa (EVIB) y que se correlaciona con la densidad, teniendo en cuenta la temperatura. (Fig. 4).

En la versión actual, Asphalt Manager 2 (AM2), se dispone de amplitud infinitamente variable y vibración orientada. Con ello, el operador sólo tiene que elegir el espesor de la capa, ya que el AM2 ajusta en modo automático los parámetros de la vibración, que puede variar entre vibración vertical y oscilación horizontal, optimizando el empleo de la máxima amplitud sin rebotes del tambor, irregularidades superficiales o rotura de los materiales.

El AM2 adapta la dirección de vibración automáticamente al sentido de marcha, evitando la formación de ondulaciones al no generar la habitual «onda frontal». Cuando el rodillo se detiene, AM2 cambia automáticamente a la vibración horizontal. Todos los pará-

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

metros, amplitud, temperatura, valor de EVIB están a la vista del operador.

Limita automáticamente la amplitud en capas finas y la reduce cuando la resistencia a la compactación es alta, como cuando se está llegando al final de la compactación o el material está demasiado frío.

La precisión de GPS o GNSS está entre 5 y 22 cm, sin necesitar estación total de apoyo.



Figura 4. Bomag Asphalt Manager- Pantallas del sistema, la de control y con mapas de compactación

Con la serie de programas BCM, Bomag Compaction Management, se documentan para el control de calidad los datos registrados, mediante comunicación con una tableta in situ o, descargados vía USB, para análisis en oficina.

Asimismo BOMAG ofrece BCM net, un sistema con el que se pueden enlazar los diversos compactadores del tajo mediante una red inalámbrica local, de modo que cada operador puede visualizar en su pantalla los mapas del estado global de la capa, pasadas, temperaturas, etc. (Fig.5)



Figura 5. Varios compactadores en red (BCM net)].

### 2.2.3. DYNAPAC

Dispone de dos niveles en su CI, el más sencillo sin GPS sólo muestra en la pantalla de cabina los parámetros de compactación, las mediciones de temperatura delante y detrás y el valor de la respuesta de la capa, Compaction Meter, mostrando su EVIB. Para correlacionar con la densidad real de la capa se precisa hacer una calibración.

El sistema propiamente de CI es el Dyn@lyzer, que incorpora un GNSS que registra los datos georeferenciados, mostrando en la pantalla, Fig.6, los mapas de pasadas, temperatura o valores de compactación (EVIB), a la vez que registra y genera la documentación de los mismos.



Figura 6. Pantalla con las pasadas y temperaturas superficiales

### 2.2.4. HAMM

Dispuso del sistema HCQ Navigator que calcula un indicador que HAMM denomina HMV (Hamm Meter Value), correlacionable con la densidad de la capa.

El sistema muestra las pantallas habituales de la CI (Fig.7) y las áreas donde el operador debe dar las pasadas siguientes y tiene la capacidad de aplicarse a varios rodillos, siendo capaz de integrar en tiempo real los datos de los demás compactadores que actúan en la capa, conectados vía wi-fi. Es aplicable a todos los rodillos del tren de compactación.

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

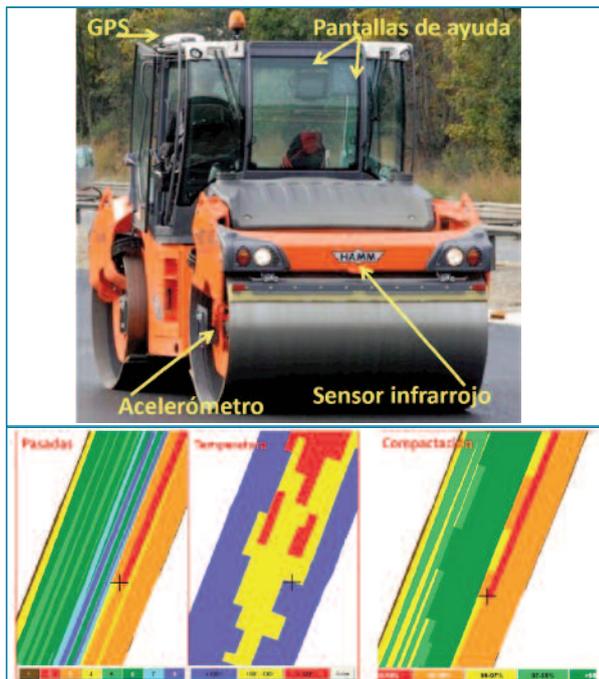


Figura 7. Sistema HCQ Navigator de Hamm y pantallas de ayuda al operador

Actualmente oferta, para una serie de sus rodillos tándem, el sistema Smart Compact, un asistente con mayor control y automatización del proceso. Además de los componentes habituales de la CI, incluye datos meteorológicos locales, con lo que puede evaluar la velocidad de enfriamiento de la capa en función de las temperaturas del aire, del asiento y del viento. Es aplicable en smartphones, tabletas y PC. (Fig.8)



Figura 8. HAMM Smart Compact

El operador puede limitarse a introducir los datos de la capa a compactar (tipo y espesor) y el sistema automatiza todos los parámetros de compactación (vibra-

ción orientada o estática, amplitud), en función del tipo de capa, datos del entorno y respuesta de la capa para cada uno de los dos tambores por separado.

### 2.2.5. VOLVO

Inició el desarrollo en 2008 de un sistema de CI con la Universidad de Oklahoma y Trimble, denominado IACA, Intelligent Asphalt Compaction Analyzer. Se validó en un proyecto del programa Highways for LIFE Technology Partnerships Program de la FHWA [4 y 5], siendo capaz de estimar la densidad teórica máxima con un error medio de 0,1 % y una desviación estándar de 0,8, resultando una herramienta adecuada de control de calidad durante la construcción de pavimentos bituminosos.

Actualmente VOLVO ofrece en su gama de rodillos el sistema de CI Compact Assist, cuyo indicador CMV (Compaction Measurement Value) de respuesta de la capa es correlacionable con su densidad. Así, con una calibración de la misma con testigos o medidores nucleares, mediante el paquete Intelligent Compaction con Density Direct, se muestran las densidades por áreas coloreadas de un metro cuadrado, y con el valor numérico que se está midiendo en una esquina de la pantalla, que Volvo indica lo son con una precisión del +/-1.5%



Figura 9. Volvo Compact Assist

Los datos, además de visibles en el tajo, son extraíbles a la web y totalmente compatibles con VETA (ver apdo. 4).

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

### 2.2.6. OTROS

Otros fabricantes, como ATLAS COPCO, CATERPILLAR, SAKAI, también disponen de sistemas similares de CI a los descritos.

### 3. PUESTA AL DÍA DE COMPACTADORES, ACTUALIZACIONES A CI

También existen kits para actualizar rodillos vibrantes que no disponen de CI y dotarlos de esas capacidades. Además de algunos fabricantes de rodillos, empresas especialistas en medición y automatización de equipos, como MOBA, TRIMBLE o TOPCON, proporcionan esos kits y el software de explotación correspondiente, que permiten disponer de Compactación Inteligente en rodillos vibrantes convencionales

#### 3.1. MOBA

El Moba Compaction Assistant, MCA-3000, es un kit con los elementos típicos de un sistema de CI (GPS, Acelerómetro, pantalla y software).



Figura 10. Kit MOBA MCA-3000

Además del registro y visualización in situ permite el tratamiento sencillo de datos vía web.

#### 3.2. TOPCON

C63 INTELLIGENT COMPACTION SYSTEM, es el kit que suministra TOPCON, similar al de MOBA.

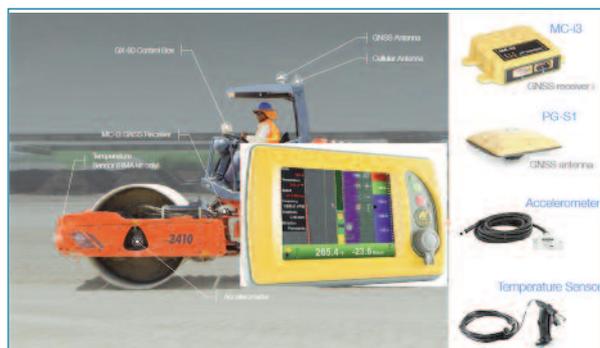


Figura 11. TOPCON C63

Con la aplicación Sitelink3D-v2, una plataforma con base en la web, se pueden visualizar y tratar los datos de modo remoto, en tiempo real.

#### 3.3. TRIMBLE

Asimismo, Trimble ha desarrollado el sistema CCS900 adaptable a cualquier compactador que controla, registra y muestra en pantalla los mapas de pasadas, de temperatura superficial de la capa (Fig. 12). También procesa, en su caso, el parámetro asociado al sensor de compactación, que no forma parte del sistema estándar de Trimble. Es un sistema adoptado por algunos fabricantes de rodillos que incorporan al mismo su sensor e indicador de compactación.



Figura 12. Esquema del sistema de IC de Trimble.

## Novedades en la maquinaria de obra: Compactación Inteligente de las mezclas asfálticas en caliente. Equipamientos

### 4. SOFTWARE UNIVERSAL PARA TRATAR E INTERCAMBIAR DATOS DE SISTEMAS DE COMPACTACIÓN INTELIGENTE

Como fruto de los estudios sobre CI impulsados en USA por la FHWA y con el objetivo de uniformar los resultados de estudios se ha desarrollado el software VETA, [6], capaz de importar datos de varios equipos de CI y del sistema de control termográfico PAVE-IR (tanto el basado en barras de sensores como el de escáner) para su edición y análisis, incluyendo su representación gráfica o en mapas.

Ya se incluye su exigencia en las especificaciones genéricas de la FHWA. La exportación de datos de los sistemas de IC, la hace el software propietario de cada equipo.

### 5. CONCLUSIONES

En una capa de mezcla asfáltica de un firme tanto su densidad como la uniformidad de ésta son dos factores clave para sus prestaciones y durabilidad.

Frente a métodos tradicionales de compactación el empleo de rodillos dotados de sistemas de Compactación Inteligente aprovecha la tecnología para optimizar el proceso de compactación, ayudando a reducir pasadas, tiempo y costos de construcción, y mejora la calidad de las capas asfálticas y prolonga su vida útil al garantizar una compactación adecuada y uniforme del

asfalto.

Por ello, la Compactación Inteligente es una tendencia de creciente implantación, que permiten a los operadores tomar decisiones basadas en datos, lo que resulta en una mejor compactación, productividad, calidad final y durabilidad de las superficies asfálticas.

### 6. REFERENCIAS

- [1] AsphaltOpen – an interactive visualization tool for asphalt concrete paving operations [Miller et al. Twente Univ.).
- [2] Accelerated Implementation of Intelligent Compaction Technology for Embankment Subgrade Soils, Aggregate Base, and Asphalt Pavement Materials Final Report - Publication No. FHWA-IF-12-002 - July 2011.
- [3] FHWA. Generic-IC Specifications for Asphalt Materials.
- [4] FHWA- Intelligent Asphalt Compaction Analyzer [FHWA-HIF-12-019] .
- [5] Intelligent Asphalt Compaction Analyzer: Final Report (FHWA-HIF-11-028) 2010.
- [6] Veta Data Management and Analysis Software [<http://www.intelligentcompaction.com>]

#85

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas posibilitan actuaciones de conservación del firme muy rápidas, minimizando la afección al tráfico y a los usuarios frente a otro tipo de soluciones.” (Noticias- Operación Asfalto Ayuntamiento de Madrid)

#CONFORT\_Y\_SEGURIDAD



El negocio de asfaltos de Cepsa ha realizado avances destacables en el desarrollo de nuevos materiales que contribuirán a la sostenibilidad de las carreteras del futuro y a que la conservación de las infraestructuras tenga un menor impacto ambiental.

Cepsa, como empresa energética global, diversificada, presente en los cinco continentes y líder en el sector, confirma su compromiso con la sostenibilidad mediante el desarrollo de betunes para la pavimentación, eficientes, duraderos y que, además, se sustentan sobre principios de economía circular. El carácter innovador de los trabajos llevados a cabo en el Departamento Técnico de Asfaltos permite a la compañía ofrecer una gran variedad de betunes y derivados de última generación.

Además, Cepsa dispone también de lubricantes más eficientes que reducen el consumo de combustibles y las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como de soluciones energéticas para la nueva movilidad en su red de estaciones de servicio (eléctrica, GNV, hidrógeno...). A través de su estrategia para impulsar un futuro energético más sostenible, Cepsa busca nuevas respuestas a las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

#### Ligantes y sostenibilidad

Siguiendo este espíritu innovador, los últimos trabajos de investigación del Departamento Técnico de Asfaltos, han dado como resultado una completa gama de soluciones, que contribuyen a reducir el impacto ambiental de las obras de pavimentación.

Por un lado, se ha desarrollado una gama completa de betunes BT (Baja Temperatura) que permite reducir la temperatura de fabricación de las mezclas asfálticas, contribuyendo a la reducción de emisiones durante su fabricación y extendido. La gama de ligantes BT de CEPSA comprende todos los rangos de betunes utilizados en las carreteras españolas.

Por otro lado, la gama de ligantes Flexodur aprovechan el polvo de neumático al final de su vida útil para mejorar las prestaciones, mientras contribuyen a la reducción de residuos. Estos ligantes están también disponibles en su versión BT, que permite además reducir las temperaturas de empleo y, por tanto, las emisiones.

Para mezclas recicladas, tanto en caliente como semica-

lientes, se ha diseñado la gama Regener, que permite aprovechar al máximo las propiedades del fresado recuperado de carreteras deterioradas, mediante su reutilización.

#### Innovación

Los nuevos ligantes desarrollados por la compañía energética Cepsa no solo son más sostenibles, sino que también presentan una mayor durabilidad y mejor manejabilidad en la construcción. Estos betunes cumplen los requisitos para su empleo en la fabricación de los asfaltos sostenibles que configurarán las carreteras del futuro. Muchos de ellos ya se han utilizado, para la fabricación de mezclas asfálticas que, con muy buenos resultados, se han aplicado en algunas carreteras en España.

No es la primera vez que Cepsa trabaja en proyectos relacionados con el desarrollo de materiales sostenibles. Según datos de la propia compañía, el proyecto Ecoasfaltos, desarrollado en colaboración con la Universidad de Granada y financiado por la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), dio origen al diseño de mezclas asfálticas de baja temperatura mediante el empleo de residuos sólidos de difícil gestión ambiental procedentes de los Energy Parks y plantas químicas de la compañía. Los objetivos del proyecto ya reflejaban el compromiso de Cepsa con la innovación como vía para implementar la economía circular en sus procesos y productos.

#### Betunes más resilientes

Los expertos del Departamento Técnico de Asfaltos de Cepsa han conseguido resultados prometedores para prolongar la vida de los pavimentos mediante el desarrollo de betunes más resistentes al envejecimiento que pueden emplearse en la fabricación de mezclas asfálticas para carreteras, puertos y aeropuertos. Los principales logros alcanzados a través de esta labor investigadora de Cepsa se resumen en nuevos materiales más eficientes y sostenibles, con mejor adhesividad árido-ligante, que permiten reducir las temperaturas de fabricación de las mezclas bituminosas, betunes de altas prestaciones mecánicas, e incluso ligantes inteligentes capaces de auto-repararse mediante técnicas de inducción magnética por modificación a escala micro-nano.

# Descarga de mezcla asfáltica del camión a la extendedora, sin tr nsfer. En busca de la maniobra perfecta

Jacinto Luis García Santiago

jacintoluisgs@gmail.com

La descarga de una mezcla asfáltica en caliente del cam n a la extendedora influye no sólo en el rendimiento y coste del extendido, sino en la calidad y durabilidad obtenida en la capa. Si la maniobra no est  bien ejecutada se invertir  más tiempo del necesario encareciendo el coste del extendido, pero, además, se pueden producir derrames de mezcla por alineación incorrecta con la tolva con las consiguientes segregaciones, golpes a la extendedora con reflejo en la regularidad superficial, y, finalmente, paradas del avance de la extendedora, que tienen consecuencias negativas en la calidad obtenida en cuanto a densidades y regularidad superficial y, por tanto, en el comportamiento y durabilidad del firme.

En lo que sigue se analiza la operación de descarga y problemas relacionados. El éxito de la misma, precisa unas maniobras bien planificadas y ejecutadas siguiendo unas pautas adecuadas, como se muestra en un ejemplo modélico de maniobra de entrada y salida de cam n, calificable de cuasi perfecta.

**Palabras Clave:** Mezclas bituminosas en caliente, puesta en obra, descarga de mezcla

The asphalt mix unloading operation influences not only the performance and cost of the paving, but also the quality and durability obtained in the layer. If the maneuver is not well executed, more time than necessary will be invested in it, increasing the cost. In addition, spillage of mix can occur due to incorrect alignment with the hopper with the consequent segregation, blows to the extender affecting in the final smoothness, and stops of the paver advance, which have negative consequences in the quality obtained in terms of densities and smoothness therefore, in the behavior and durability of the pavement.

The article discusses the download operation and related problems. Its success requires well-planned and executed operation following appropriate guidelines, as shown in an good example of a truck entry and exit maneuver, classifiable as quasi-perfect.

**Keywords:** Hot mix asphalt, truck discharge, laying performance

Las maniobras de descarga de una mezcla asfáltica en caliente del cam n a la extendedora, cuando no se emplea un dispositivo de transferencia, son un aspecto más importante de lo que pueda parecer a primera vista, influyendo no sólo en el rendimiento y coste del extendido, sino en la calidad y durabilidad obtenida en la capa.

Si la maniobra no est  bien ejecutada se invertir  más tiempo del necesario en la misma, retrasando el avance

del extendido y encareciendo el coste del mismo. Pero, además, se pueden producir derrames de mezcla por alineación incorrecta con la tolva con las consiguientes segregaciones, golpes a la extendedora con reflejo en la regularidad superficial, y, finalmente, la consecuencia menos deseable: paradas del avance de la extendedora, que como es bien sabido, tienen consecuencias negativas, debidas a los enfriamientos de mezcla durante la

## Descarga de mezcla asfáltica del camión a la extendedora, sin tr nsfer. En busca de la maniobra perfecta.

misma, en la calidad obtenida en cuanto a densidades y regularidad superficial y, por tanto, en el comportamiento y durabilidad del firme.

En lo que sigue se analiza la operaci3n de descarga de camiones de caja basculante y problemas relacionados con ella. El éxito de la misma, precisa unas maniobras bien planificadas y ejecutadas siguiendo unas pautas adecuadas, como se muestra en un ejemplo modélico de maniobra de entrada y salida de camión, calificable de *cuasi* perfecta.

### 1. ESPERA EN EL TAJO

Los camiones deben esperar de modo que, estando lo bastante cerca para no crear interrupciones del avance de la extendedora debidas a demoras en la maniobra de aproximaci3n, no interfieran con la operaci3n de extendido ni con las maniobras de salida de camiones ya descargados. En sus maniobras deben evitar, o minimizar, daños al riego de adherencia.

Los camiones que van a entrar deben irse situando lo más pr3ximo a la extendedora; asimismo deben dirigirse a la extendedora con una trayectoria alineada con ésta, evitando serpenteos o retroceso en diagonal.

Cuando tienden a quedarse parados lejos de la extendedora pueden llegar a provocar paradas de ésta si no est n atentos y continúan en su posici3n sin iniciar su acercamiento conforme los camiones que les preceden van descargando.

Por ello, es necesario implantar una cierta organizaci3n en el tajo, de modo que el camión siguiente al que está terminando de descargar se sitúe, permitiendo la salida de éste, lo más cerca posible de la extendedora y ya alineado con ésta.

En el apartado 5 se muestra una secuencia de imágenes de entrada/salida que resume un ejemplo modélico, en la posici3n de espera y maniobras de aproximaci3n que resultan muy eficientes, evitando parada de la extendedora.

### 2. APROXIMACI3N DEL CAMI3N Y DESCARGA A EXTENDEDORA

El camión tiene que retroceder hasta la extendedo-

ra, pero debe pararse justo delante de sus rodillos de empuje, sin llegar a tocarlos ni, mucho menos, golpearlos.

Debe estar bien alineado y centrado con el eje de la extendedora; es importante evitar situaciones de mala colocaci3n, que pueden dar lugar a derrames de mezcla por los laterales durante la descarga, por rebose en la tolva. (Fig.1) Por ello, también es importante un buen estado de los retenedores flexibles, de goma, del frontal de la tolva, para evitar derrames.



Figura 1. Derrame de mezcla por mala colocaci3n del camión, descentrado e ineficacia del elemento flexible central de retenci3n

Esta maniobra es delicada, por lo que, salvo con equipos de transporte propios y bien formados, se hace siempre bajo el control de un operario que dirige los movimientos de retroceso del camión, en contacto visual con el conductor, centrando su colocaci3n en la tolva y haciéndole detenerse antes de tocar los rodillos de empuje.

A su vez, en los vehículos articulados especialmente, se precisa una cierta habilidad del conductor y coordinaci3n con el operario de control para llegar centrado a la tolva en el menor tiempo posible. Por ello, puede llegar a ser significativo el tiempo perdido en esta maniobra, afectando al avance de la extendedora, al provocar o prolongar su parada, y al rendimiento y coste de la operaci3n de transporte y de la puesta en obra.

Por tanto, se precisa preparaci3n y atenci3n de la persona que dirige y controla los camiones, que puede ser el propio operador de la extendedora en equipos entrenados o un operario auxiliar. (Fig.2 y Fig.3).



Figura 2. Aproximación dirigida por operador de extendedora.

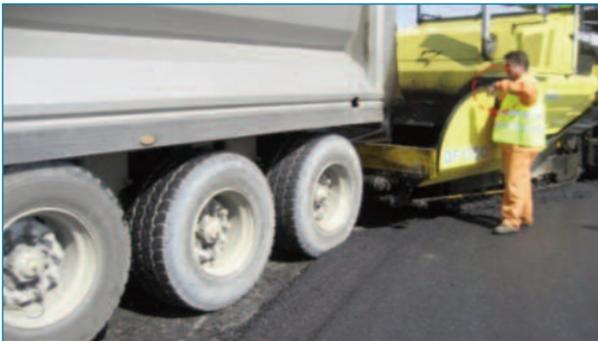


Figura 3. Operario auxiliar de control en la maniobra de entrada del camión

Algún fabricante ha innovado para mejorar esta operación e, incluso, no hacer necesaria la presencia del operario, con conductores de camión adiestrados, con sistemas de ayuda con luces, controlado por el operador de

la extendedora, que indica al camión el sentido de avance o retroceso, junto con la orden de parar y la de elevar caja. Unos sensores del sistema controlan la distancia de aproximación del camión y activan de modo automático la señal de parar.

Una vez que se ha detenido el camión, la extendedora debe iniciar, o continuar, su avance hasta contactar con las ruedas de aquél. La clave es que debe ser la extendedora la que coja al camión, y no que éste retroceda y choque con aquella, en cuyo caso puede crear marcas de la regla e irregularidades en la capa extendida, (Fig.4).



Figura 4. Maniobra de aproximación dirigida y de detención del camión. Parar antes de llegar a la extendedora. La extendedora avanza hasta contactar

En el giro y elevación de la caja para descargar la mezcla, la parte en voladizo por detrás del eje de giro no debe tocar ninguna parte de la tolva de la extendedora y, mucho menos, apoyarse en ella o "cabalgarla", ya que ello podría alterar la regularidad de la capa extendida. Esto puede ocurrir con algunos modelos de bañeras en las que el vuelo posterior de la caja es significativo respecto a su articulación en el chasis. En todo caso, la tolva no debe estar excesivamente llena, para no provocar ese cabalgamiento indeseable. (Fig.5)

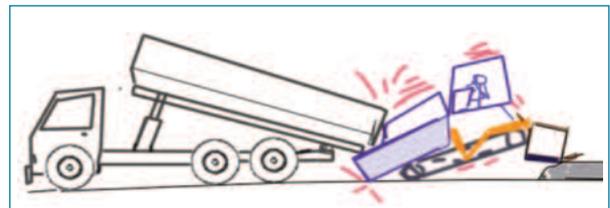


Figura 5. Evitar cabalgamientos

### 3. DESCARGA

En general, y especialmente con mezclas con tendencia a segregarse, antes de abrir la compuerta debe levantarse lo suficiente la caja para que la mezcla deslice con-

## Descarga de mezcla asfáltica del camión a la extendedora, sin tr nsfer. En busca de la maniobra perfecta.

tra la compuerta de modo que, cuando se abra ésta, se inicie la descarga desde el interior de la masa por debajo de la compuerta. Así se reducen las posibilidades de segregación, al impedir que comience el flujo con el material del contorno donde puede haber concentración de gruesos. En caso contrario, se permitiría que sea el material grueso el que salga en primer lugar a la tolva. (Fig.6).

El operador de la extendedora debe controlar el flujo de mezcla que se va descargando, manteniendo la tolva llena, pero sin que desborde por los laterales cayendo al suelo. Estas caídas de mezcla, en especial las de poca cuantía, que no se retiran, son causa de segregaciones (como mínimo de tipo térmico), muchas veces no visibles, pues quedan en fondo de capa.



Figura 6. Inicio de descarga

La Fig.7 muestra una aplicación muy interesante de esta práctica, con un camión con caja de fondo curvo que centra la mezcla en la tolva, que ya va iniciando el levantamiento de caja previo a apertura de compuerta durante su aproximación a la extendedora, antes de llegar a ella; de este modo se acorta la duración de la maniobra; la secuencia completa de este ejemplo de maniobra bien ejecutada se mostrar , más adelante, en el apdo. 5 .



Figura 7. Operación de inicio de descarga. Entrada-salida de camión bien ejecutada; levantamiento de caja previo a abrir compuerta en el camión que entra.

La propia operación de descarga de la mezcla exige ciertas pautas y un control de su flujo para evitar segregaciones y derrames por caudal excesivo o desborde por los laterales de la tolva, cayendo al suelo.



Figura 8. Derrame de mezcla por ineficacia del elemento flexible central de retención.

Al retirarse el camión, también hay que asegurarse de que no cae mezcla delante de la extendedora; cosa que ocurre si la tolva está aun excesivamente llena o tiene los deflectores frontales de retención en mal estado. En ese caso, no debe dejarse en el suelo sino que debe eliminarse o recogerse y reciclarla en la tolva, junto con mezcla caliente del siguiente camión para evitar una zona segregada en la capa. (Fig.8).



Figura 9. Derrames de mezcla en paradas de entrada-salida de camión.

### 4. SALIDA DE CAMIÓN

Una vez vaciada la carga, se da señal al camión para que avance por sus medios y abandone la tolva, dejando expedito el camino para la entrada del siguiente vehículo con mezcla.

Esta operación de entrada-salida de camiones debe tener una duración lo más corta posible, siendo lo ideal

que se hiciese sin tener que parar ni reducir velocidad de la extendidora, que continuaría avanzando con el material remanente en su tolva. Sin embargo, es bastante habitual que tenga que detenerse.

Aunque es difícil evitar una discontinuidad en el avance de extendidora, se debe tratar de minimizar su duración, por las negativas consecuencias para la calidad de la capa.

Por ello, el camión suele salir con la caja aún levantada hasta situarse fuera de la zona de entrada de los siguientes camiones y allí proceder, en su caso, a la eliminación de últimos restos de mezcla en la caja, descenso de la misma y cierre de compuerta, antes de proceder al viaje de retorno a planta.

Esta práctica de salir con la caja basculante levantada, es muy común y al convertirse en una rutina, puede dar lugar a situaciones de riesgo o accidentes en caso de limitaciones de gálibo como es el caso de pasos superiores, cruces de cables aéreos, cornisas en calles, etc. Por ello, debe prestarse atención, en esos casos, a la salida.



Figura10. Cuidando la elevación de la caja en paso bajo puentes

### 5. UN EJEMPLO MODÉLICO DE LA OPERACIÓN DE ENTRADA/SALIDA DE LOS CAMIONES LIDA DE CAMIÓN

Una operación ideal de entrada-salida de camiones sería aquella que fuese de muy corta duración y hecha de modo que la extendidora no tuviese que parar ni reducir velocidad, continuando su avance con el material remanente en la tolva; no obstante, lo más habitual es que haya que parar el avance de la extendidora.

En la secuencia de imágenes de la Fig.11 siguiente,



El nuevo camión se sitúa delante, alineado con la extendidora, eleva caja y queda en espera.



Mientras un camión sale, el que espera inicia maniobra de retroceso.



Se completa la maniobra de retroceso cuando aún se distingue la cola del camión que ha salido.



Figura 11. Sincronización de maniobras, minimizando tiempo de parada (Erik Jakobsson)

## Descarga de mezcla asfáltica del camión a la extendedora, sin tr nsfer. En busca de la maniobra perfecta.

semuestran unas maniobras bien planificadas y sincronizadas que minimizan el tiempo de entrada/salida, permitiendo continuidad en el avance de la extendedora.

### 6. RESUMEN DE LAS PRÁCTICAS RECOMENDABLES EN LA DESCARGA DEL CAMIÓN

- Cuando se eleva la caja no debe producirse contacto alguno con la tolva, ya que puede afectar a la nivelación de la regla y la regularidad de la capa.
- Debe elevarse ligeramente la caja antes de proceder a abrir la compuerta, para provocar que la carga deslice contra ésta y que el flujo de descarga sea del interior de la carga y no del contorno, que puede estar segregado.
- El contacto entre camión y extendedora debe producirse con aquél parado y ser la extendedora quién avance hasta alcanzar al camión con sus rodillos de empuje. Ello evita golpes a la extendedora, que dejarían huella en la capa.
- Durante la descarga debe mantenerse el contacto, empujando el camión por la extendedora. Ello evitar  derrames de mezcla por delante de la tolva. El conductor del camión debe frenarlo ligeramente para asegurar ese contacto.

#71

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Desde hace ya más de 4 décadas las mezclas asfálticas son uno de los mejores ejemplos de economía circular, al poder reutilizarse de nuevo mediante su reciclado ” (Uso de mezclas bituminosas recicladas (RAP), sin calentamiento, rejuvenecidas con aditivo)

#SOSTENIBILIDAD - MEDIO AMBIENTE

# Mirando al pasado

Documento publicado en septiembre - octubre de 1971.



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

*Estamos en octubre y esto quiere decir que toca a su fin una nueva temporada de obras de pavimentación. Esta temporada que termina se ha caracterizado, en cuanto a consumo de materiales asfálticos se refiere, por un comienzo tardío y lento que hizo pensar en una disminución del consumo respecto al año anterior. En cambio, el ritmo de actividad está manteniéndose en niveles elevados en una época del año que otras veces acusaba ya fuertemente la paralización otoñal, lo que ha compensado con creces aquel retraso. En resumen: un año más o menos normal, pero con la curva de consumo desplazada un par de meses hacia la derecha, es decir, hacia 1972.*

*Esto, que a primera vista puede parecer poco interesante al lector ocasional de este comentario, tiene gran trascendencia para los suministradores y consumidores de productos asfálticos, que podrían haberse visto afectados por las dificultades derivadas de una distribución anormal del consumo de asfaltos a lo largo del año. Normalmente, estas dificultades no llegan al consumidor, o le llegan en mínima medida, pero a nivel distribuidor, un año como el actual puede ser muy complicado como consecuencia de la desviación de la realidad respecto a las previsiones. Las desviaciones temporales son, además, mucho más difíciles de compensar que las cuantitativas.*

*Es evidente la conveniencia de que, en bien de todos, se establezcan para cada año, tan pronto como se pueda, unas previsiones de consumo lo más exactas posible, pero esta labor resulta complicada por la multiplicidad de centros de decisión que intervienen en el planeamiento y ejecución de las obras. Incluso establecer a priori la cifra global de consumo de asfaltos del país para un año dado, resulta difícil, pero fijar con cierta precisión su distribución regional y en el tiempo es casi imposible.*

*El establecimiento de las previsiones es parte importante de nuestro trabajo, pero es indispensable en esta labor la colaboración de todos. Iniciamos ahora los trabajos de recogida de datos para previsión del consumo de asfaltos en 1972, en cuya labor inevitablemente habremos de entrevistar a numerosas personas de la administración y de las empresas en busca de información. Sirvan estas líneas como prólogo de esta campaña en la que pedimos a todos, fundamentalmente, colaboración y paciencia.*

Os esperamos en  
el #XXIICILA

**XXIICILA**

GRANADA, 22-26 ABRIL 2024

# XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto

Palacio de Congresos de Granada  
22 a 26 abril de 2024

Toda la información disponible en nuestra web  
[www.congresocila.com](http://www.congresocila.com)



# Calendario de eventos

## AÑO 2023

14-15 de noviembre ASEFMA	XVIII Jornada Nacional de Asefma "Camino a la descarbonización y al XXII CILA"	Madrid (España) www.asefma.es
21-25 de noviembre	Smopyc	Zaragoza (España) <a href="https://www.feriazaragoza.es/smopyc-2023">https://www.feriazaragoza.es/smopyc-2023</a>
28 de noviembre EUROBITUMEN	Webinar: Bitumen Testing and a reference to Specifications	Virtual www.eurobitumen.eu
28-29 de noviembre EAPA	Pavimentos de Asfalto 2023 "Salgamos de la crisis con asfalto!"	República Checa www.eapa.org
29 de noviembre EAPA	IX Coloquio Asfalto, betún y pavimentos	Eslovenia www.eapa.org
28-30 de noviembre AEC	IV Congreso Nacional de Medioambiente y Carreteras	Gijón (España) www.aecarretera.com
13 de diciembre EUROBITUMEN	Asphalt Innovation Symposium 2023	Boom (Bélgica) www.eurobitumen.eu

## AÑO 2024

7 de enero TRB	TRB Annual Meeting	Washington (USA) www.trb.org
15-19 de enero AEMA	2024 ISSA Slurry Systems Workshop	Las Vegas (USA) www.aema.org
28-31 de enero NAPA	NAPA 2024 Annual Meeting	Orlando (USA) www.asphaltpavement.org
19-23 de febrero ISSA	2024 AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Florida (USA) www.slurry.org
22-26 de abril CILA	XXII CILA	Granada (España) www.congresocila.com
19-21 de junio EUROBITUMEN	8th E&E Congress	Budapest (Hungria) www.EECONGRESS2024.org
20-30 de octubre NAPA	Perpetual Pavement Conference	Louisville (USA) www.asphaltpavement.org

**NOVIEMBRE 2023**

**Y hasta surcando MARES y TORMENTAS**

**ADVANTAGE 33: Safe in the wet #AsphaltAdvantages**

*Reforzamos el firme, reducimos las emisiones* ➔

**NOVIEMBRE 2023**

Colaboran:

[El / asfma](#) [@asfma\\_es](#) [/company/asfma](#) [@asfma](#)

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

**DICIEMBRE 2023**

**Pero sobre todo, en TIEMPOS de CRISIS y enfrentamientos, la CARRETERA les permite siempre "REGRESAR a CASA".**

**ADVANTAGE 14: Did you ever notice that the majority of automobile commercials are shot on asphalt? #AsphaltAdvantages**

*Reforzamos el firme, reducimos las emisiones* ➔

**DICIEMBRE 2023**

Colaboran:

[El / asfma](#) [@asfma\\_es](#) [/company/asfma](#) [@asfma](#)

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

# Noticias del sector

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

## **ASEFMA anuncia la convocatoria del X Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA)**

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

X Premio MPA proyectos de investigación y prácticas implantadas durante los últimos dos años vinculadas al diseño, fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas. Las propuestas fueron enviadas a [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es) en formato de presentación (PowerPoint o pdf) o/y de vídeo (avi, flv, mpg, mov o wmv).

El jurado, ha estado formado por los miembros del Comité Técnico de ASEFMA, los cuales han seleccionado las mejores prácticas en materia de innovación y sostenibilidad medioambiental en el área de pavimentación asfáltica, desarrolladas en el período comprendido desde junio de 2021 y junio de 2023. Dicho jurado ha valorado las propuestas atendiendo a los criterios de originalidad, innovación, repercusión en el sector y mejoras ambientales evaluadas. Así como la propia presentación de la práctica, el material gráfico aportado y la memoria de proyecto.

Las seis mejores propuestas se harán públicas a principios de noviembre mediante comunicación en la web de ASEFMA ([www.asefma.es](http://www.asefma.es)) y en sus redes asociadas. Además, serán presentadas por sus autores durante la XVIII Jornada Nacional de ASEFMA que se celebrará los días 14 y 15 de noviembre de 2023 bajo el

lema “Camino a la descarbonización y al XXII CILA”.

Una jornada donde se dará a conocer la práctica ganadora.

## **El II Congreso sobre asfalto 4.0 ha congregado a un centenar de profesionales internacionales de la digitalización aplicada a carreteras**

Ocho sesiones técnicas que han incluido ocho conferencias magistrales, catorce comunicaciones y cinco mesas de debate ha perfilado el programa del congreso internacional ICA 4.0 dedicado a la transformación digital del sector de la pavimentación asfáltica, que se celebró en el espacio Meeting Place (calle Orense 34, 28020 Madrid) y que también pudo seguir online vía streaming HD y virtualmente desde la aplicación para dispositivos móviles PDV by itafec.

El evento fue inaugurado por Xavier Flores, secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA); y los máximos responsables de las dos entidades organizadoras: Juan José Potti, presidente de ASEFMA; y Slovenko Henigman, presidente de la asociación eslovena del asfalto ZAS.

Tras la sesión inaugural, el secretario general de Infraestructuras del MITMA, Xavier Flores, habló sobre movilidad cooperativa, conectada y automatizada. Fue la primera de las ocho conferencias magistrales que se escucharon en ICA 4.0. La segunda, fue dedicada a las herramientas digitales para inspección de carreteras, e impartida por el director técnico de la Asociación Española de la Carretera (AEC) Enrique Miralles.

José Miguel Baena, director general de Conservación de vías públicas en el Ayuntamiento de Madrid,

presentó el sistema digital de gestión de pavimentos en la ciudad de Madrid; y José Carlos Valdecantos, CEO de Xouba, abordó el análisis de tráfico y condiciones de la carretera a partir de los datos de los vehículos que circulan por ellas. Las conferencias de la primera jornada se cerraron con la intervención de Björn Zachrisson, director de estrategia y desarrollo de negocio en Nira Dynamics, sobre el análisis a bordo de vehículos y la percepción de la carretera.

Las tres conferencias del jueves 27 estuvieron a cargo de Aitor Aragón, responsable de BIM y evaluación de la sostenibilidad en la Asociación Española de Normalización (UNE), quien explicó el Pasaporte Digital de Producto; Miguel Caso, director técnico de PIARC, analizó las metodologías de análisis de escenarios futuros; y el profesor Fernando Moreno, subdirector del grupo de investigación de LabIC.UGR, quien presentó los resultados obtenidos en los tramos de ensayo de carreteras andaluzas que emplean materiales asfálticos sostenibles, automatizados e inteligentes (MASAI).

El programa técnico, ha incluido conferencias, comunicaciones y mesas de debate, estructuradas en ocho sesiones, tres desarrolladas durante el miércoles 26 de septiembre y cinco el jueves 27.

Por su parte, el área de exposiciones digital de ICA 4.0 contó con los stands de los patrocinadores del evento: CIRTEC, Q-Point, Dynapac, Xouba y Nira Dynamics.

### **El comité de comunicación del XXII CILA celebra su primera reunión para establecer las líneas estratégicas de los próximos meses**

El primer encuentro del comité de comunicación del XXII CILA, que combinó la presencia física de dos miembros con la participación en línea de los demás, fue una muestra de la adaptabilidad y la capacidad de colaboración en el entorno digital. El pasado 7 de septiembre, participaron en la reunión los dieciocho miembros del comité elegidos por su destacada experiencia en el área de comunicaciones vinculadas a las carreteras y, específicamente, a la pavimentación asfáltica; por su

conocimiento técnico en los temas que se abordará en el congreso y/o por su vinculación a CILA precedentes o instituciones que apadrinarán el vigésimo segundo Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto.

Los miembros del comité de comunicación, que se crea por primera vez en la historia de los CILA, son Juan José Potti, presidente de ASEFMA y del comité; Bárbara Fernández, directora de comunicación de ASEFMA y secretaria del comité; Marta Rodrigo, subdirectora general de relaciones institucionales en la Asociación Española de la Carretera (AEC); Andrea Peris, coordinadora comunicacional de la Asociación Paraguaya de Carreteras (APC); Analía Wlazlo, directora de la Revista Vial; Andrés Pérez, editor de la Editorial Prensa Técnica; Francisco José Veja, presidente del comité de comunicación de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC); Francisco Javier Pérez, Jefe de la Unidad de Apoyo de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana; Enrique Catalina, segundo teniente de alcalde y concejal de Urbanismo, obras públicas y licencias del Ayuntamiento de Granada (que participó provisionalmente en representación del consistorio, siendo la persona que continuará Paloma Ortega, coordinadora general de Urbanismo de obras públicas y licencias del Ayuntamiento de Granada); Luis Guillermo Loria, delegado CILA por Costa Rica; Adrián Nosetti, secretario permanente alterno del CILA; Carola Gordillo, Profesora titular de Ingeniería en Ciencias de la Tierra en la EPSOL; Ángel Sampedro, director del área de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad Alfonso X el Sabio (UAX); Ricardo Bardasano, director de la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB); Ignacio Kröger, Director de I+D+i del Grupo Bitafal; Rafael Lopes, gerente de desarrollo de negocios y ventas de Kraton Corporation; Claudio Fonseca, jefe de conservación mayor en ruta del Maipo de ISA Intervial; y Juan Elías García, director de operaciones de itafec México.

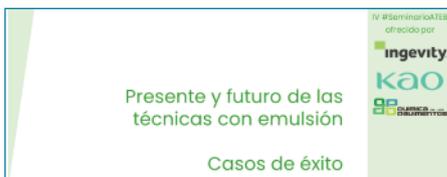
La reunión se centró en la definición de la estrategia de comunicación y los objetivos generales del XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, que se celebrará en noviembre de 2023. Entre los objetivos destacados se encuentran superar la asistencia del congreso de Sevilla de 1999, integrar la cultura

ibero-latinoamericana, compensar la huella de carbono, visibilizar a las mujeres del sector y obtener el reconocimiento de instituciones públicas.

El presidente del comité, Juan José Potti, también presentó la web oficial del congreso ([www.congreso-cila.com](http://www.congreso-cila.com)) y compartió los avances en los comités técnico y organizador. Además, se alentó a todos los miembros a difundir noticias relacionadas con el evento y alentar a la inscripción temprana antes del 15 de noviembre para la que está prevista una reducción del precio.

La reunión concluyó con la definición de fechas para futuros encuentros y la planificación de acciones inmediatas.

## La IV edición del #seminarioATEB tuvo lugar el 19 de septiembre



El pasado 19 de septiembre, de 10:00 h a 12:00 h (CEST) se celebró la IV edición del #seminario virtual ATEB en el que se expusieron distintas comunicaciones relacionadas con el empleo de técnicas con emulsión para la construcción y conservación de firmes, en un marco de sostenibilidad y eficiencia. En esta ocasión, el seminario giró en torno al “Presente y futuro de las técnicas con emulsión”.

Durante el seminario, además de la exposición de temas de actualidad tanto normativos como característicos de las técnicas con emulsión, se presentaron casos de éxito en su empleo. Hubo además, una mesa redonda en la que participaron expertos del sector de la carretera (con presencia de Administración, docencia y sector privado), dando su visión acerca de los temas tratados y respondiendo a las cuestiones que surgieron durante el desarrollo del seminario o por parte de los participantes.

El programa preparado para el IV #SeminarioATEB se desarrolló con toda normalidad y asistieron al mismo hasta 160 personas que estuvieron conectadas en

todo el seminario o en algunas de las sesiones.

El seminario se retrasmitió por streaming a través de la plataforma Zoom y se pudo seguir de forma gratuita gracias a los patrocinadores del evento.

## XXVII Congreso Mundial de la Carretera con el título “Praga 2023: Juntos de nuevo en la carretera”



Del 2 al 6 de octubre de 2023 se celebró en la ciudad de Praga (República Checa), el XXVII Congreso Mundial de la Carretera con el título “Praga 2023 Juntos de nuevo en la carretera” en donde, además de sesiones ministeriales, el programa ha contado con 60 sesiones técnicas en las que han participado 80 países con la presentación de 740 ponencias.

Con este congreso se cierra un ciclo del Plan Estratégico 2020-2023 de PIARC en donde se han presentado los trabajos que se han desarrollado durante este periodo en cada uno de los Comités Técnicos, todos ellos expuestos por los responsables de estos Comités.

En las sesiones técnicas se expuso el ingente trabajo desarrollado durante los últimos años en los que la orientación de los temas, se enfocaron a criterios de sostenibilidad, la transformación digital y la movilidad.

En cuanto a los temas desarrollados dentro del Comité de Sostenibilidad, los trabajos realizados se han basado en promover la necesidad de reducir las temperaturas de fabricación de mezclas bituminosas destacando las WMA basadas en el empleo de aditivos o a través de la espumación del betún.

También se realizaron varios workshops, destacando uno sobre la descarbonización de la construcción y el mantenimiento de carreteras y la economía circular moderado por D. Breixo Gómez, director técnico de EAPA, y D. Christophe Nicodème, director general de ERF.



# Resumen XIII Jornada Técnica de ASEFMA

Pablo Álvarez

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

Coincidirán conmigo, queridos lectores, que la XIII Jornada Técnica de ASEFMA se salió un poco del guion establecido años atrás. Ya sé que mi punto de vista no les resultará de lo más objetivo, toda vez que me fue concedido el honor por parte de la organización de coordinar el evento, pero creo que la jornada tuvo dos claros aspectos diferenciales con respecto a las anteriores ediciones. El primero de ellos, el lugar de celebración. Por primera vez el evento trasladaba su sede fuera de Madrid (que me corrijan los más antiguos del lugar si el dato no es correcto), a la Comunidad Valenciana y más concretamente a Benidorm. El escenario, sencillamente espectacular. El Meliá Villaitana es una de esas perlas que tiene nuestro Mediterráneo. La segunda diferencia reseñable se centró en el contenido. No dejamos de lado el carácter técnico/científico de estas jornadas pero, esta vez, el sector debía responder, bajo ese mismo prisma, a la necesidad cada vez mayor de dar respuesta a las incógnitas que nos plantea el actual desafío medioambiental del sector. Y como todo “nuevo” reto suele necesitar de “nuevas” armas, el sector se reunió bajo una nueva consigna: la *coopetition*. Siempre ha estado ahí, aunque no le habíamos puesto nombre hasta la fecha. Ya saben las empresas a qué me refiero. A esa capacidad de pedalear en una economía de libre mercado, mirando de reojo lo que hace o no hace el vecino, sin perder la perspectiva de que todos estamos en el mismo barco y defendemos un propósito común. Y las metas volantes medioambientales son una oportunidad para demostrar de qué somos capaces en este pelotón. Y debemos ir de la mano, como siempre hemos hecho, de los técnicos y responsables de las administraciones públicas que desempeñan su labor en un marco legal y de presión social cada vez más exigente en aspectos medioambientales. -55% de emisiones GEI en 2030. Se dice pronto.

La inauguración de la jornada corrió a cargo de Guillermo Llopis, Jefe de Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, Enrique del Río, Jefe del Servicio Territorial de Obras Públicas de Alicante de la Generalitat Valenciana y nuestro Presidente Ejecutivo, Juan José Potti. Todos ellos hicieron especial mención al reto que supone para el sector de la carretera reducir el impacto medioambiental de nuestra actividad a la vez que se persigue la máxima durabilidad para nuestros firmes. Y en la persecución de este fin resulta especialmente útil el uso de herramientas de medida como son las declaraciones ambientales de producto.

A ellas se dedicó la primera de las sesiones de la jornada, en la que se desgranaron las fases de análisis de ciclo de vida de las mezclas bituminosas para su mejor comprensión. Y comenzamos, como no puede ser de otra manera, por las materias primas. Javier Monje, Asphalt Head Manager de Repsol, nos esbozó el camino recorrido por la compañía en su transición energética para reducir sus emisiones GEI y abordar el suministro de betún y la fabricación en las plantas del futuro. Tras él, tomó la palabra José Luis Peña por parte de ASEFMA, que explicó de forma esquemática y didáctica, las métricas de análisis de ciclo de vida involucradas en la Declaración Ambiental de Producto sectorial en la que están inmersos los miembros de la asociación. Empezábamos a familiarizarnos con los términos A1, A3, C, D, etc, que dan nombre a las diferentes fases del análisis en la normativa vigente y que facilitan la comparación en términos medioambientales verificables de las diferentes mezclas bituminosas.

A continuación, dentro de esta primera sesión, nos detuvimos en las fases descritas en la ponencia anterior con la finalidad de conocer el impacto de cada una de ellas en el análisis global. Lucía Miranda, Técnico de Asis-

tencia Técnica de Asfaltos en Repsol, puso de manifiesto el peso del betún en esta fase A1 y cómo se está trabajando en la minoración de su impacto a través del uso de energías renovables y materias primas más sostenibles en su obtención. María Elena Hidalgo, Directora de Calidad, Medio Ambiente e I+D+i de Eiffage Infraestructuras nos habló del impacto de la otra materia prima de mayor peso en las mezclas: los áridos. En su DAP sectorial, promovida por la Federación de Áridos (FdA) se analizaron más de 150.000 datos provenientes de más de 400 instalaciones. Añadió que, conforme se obtengan datos de actualización de la DAP se podrán evaluar tendencias sectoriales, haciendo énfasis en que esta herramienta supone un punto de partida y no una meta en sí misma.

Para hablarnos del proceso de fabricación de mezclas y su evaluación (fase A3) subió al estrado Carlos García, Jefe de Servicio de I+D+i en Collosa. Situó el peso de la fabricación en el entorno del 30% dentro de las primeras fases e hizo un repaso por los diferentes factores que pueden ayudar a reducir dicha componente. Tomando prestadas sus palabras, afirmó que “el análisis de ciclo de vida aporta beneficios medioambientales, reduce costes y favorece la innovación”. Para finalizar este bloque de ponencias tomó la palabra Ángel Sampedro, Profesor de Ingeniería de Carreteras en la UAX y profundo conocedor de los procedimientos y parámetros del análisis de ciclo de vida de las mezclas bituminosas. Fue el encargado de hablarnos del análisis del fin de vida en las etapas C y D, haciendo especial hincapié en la importancia de la calidad de la medida, la evaluación de la vida útil y la retroalimentación continua del sistema para obtener procesos de mejora continua. En definitiva una primera sesión que nos aclaró qué es una DAP, cuál es su sistemática de medida y el peso ponderal de cada uno de los procesos evaluados en nuestra DAP sectorial, así como los principales factores por los que se ven afectados.

Hicimos un pequeño receso para el siempre bienvenido café y, tras él, nos incorporamos de nuevo para dar paso a una sesión dedicada al camino por recorrer por el sector para descarbonizar nuestros productos y procesos. Conocido el dato de partida, tocaba hablar de las herramientas a nuestro alcance para disminuir nuestros

impactos. Breixo Gómez, Director Técnico de EAPA, nos aportó la visión de la asociación europea de fabricantes, su Manifiesto de 50 aniversario, un marco de desarrollo con diez puntos fundamentales que persigue el objetivo de una sociedad conectada por carreteras seguras, sostenibles y resilientes. La evidencia de la existencia de una meta común a nivel europeo. A continuación volvió a situarse en el atril Ángel Sampedro, esta vez, para desmenuzar la orden circular 02/2023 de MITMA y mostrarnos las claves para potenciar el uso de mezclas con asfalto recuperado, sin duda, una de las tecnologías más potentes a nuestro alcance para minorar la huella de nuestros productos. Nuria Uguet, Directora Técnica de Probisa, centró su exposición en aquellos parámetros que, a nivel de planta de fabricación, pueden suponer una ventaja competitiva. Me quedo con una de sus frases: “la mejora de la eficiencia sólo se alcanza a través de la medida”.

Iba avanzando la mañana y llegó el turno de exposición de Alberto Bardesi, que no necesita presentación en estas páginas y cuyas intervenciones no suelen dejar indiferente a nadie. Y puso sobre la mesa uno de los aspectos clave sobre evaluación ambiental de nuestros productos: la durabilidad de mezclas y la insolubilidad de éste término y el de sostenibilidad. Nos habló del comportamiento en este campo de las diferentes secciones tipo 6.1IC, de durabilidad relativa de mezclas con distintos esqueletos minerales y de resistencia a la fisuración de mezclas bituminosas y su evaluación. A continuación Ruy Núñez, responsable de carreteras en Rettenmaier Ibérica, profundizó en su exposición en la durabilidad de las mezclas tipo SMA y en el enfoque de los denominados lost-lasting pavements y su significativo impacto en la sostenibilidad.

Cerramos la mañana con una interesante mesa redonda sobre las DAP y su uso, coordinada por Ángel Sampedro y con la participación de Juan José Potti (ASEFMA), José Luis Canga (Abaleo), Ignacio Rus (Eiffage) y Carlos García (Collosa). De esta mesa me quedaría con un doble mensaje fundamental; el enorme potencial de la DAP sectorial como elemento de mejora continua y la importancia de situarnos en la vanguardia a nivel europeo y así adelantarnos a los requerimientos medioambientales futuros.

Tras la pausa para comer, volvimos dando inicio a la sesión 3 que trató de enfocar las exigencias medioambientales desde el punto de vista de las administraciones y el marco en el que desarrollan su labor. Juan José Potti y Enrique del Río (GVA) nos hablaron sobre la importancia de introducir criterios ambientales objetivables y de algunas de las actuaciones llevadas a cabo en la Comunidad Valenciana bajo criterios de sostenibilidad. Para terminar esta tercera sesión, nos atrevimos incluso a hablar de carreteras locales y sostenibilidad con estructura de design thinking. Nos pusimos en la piel de los responsables de gestionar estas carreteras. Nos acompañaron; Miguel Alfaro de la diputación de Alicante, Pablo Boix de diputación de Valencia y Fidel Zaera de la Diputación de Castellón, escoltados por Lucía Miranda en representación de ATEB y Jesús Felipo de ASEFMA. Hablamos de la dificultad de aplicar criterios de sostenibilidad en obras pequeñas y de los costes asociados con las tecnologías y su adecuación a actuaciones con distancias elevadas a los centros de producción; también del trabajo que nos queda por hacer a nivel de proyecto para incorporar las mejores soluciones técnico-ambientales posibles o de los corsés presupuestarios a los que se ven sometidas las administraciones locales.

La tarde finalizó con la sesión 4 dedicada a la exposición de ejemplos de nuevas tecnologías para soluciones sostenibles en pavimentación. Rocío Cervantes de Optimasoil abrió la sesión para hablarnos de productos para mezclas a menor temperatura. Miguel Ángel Sanz de Cirtec, de aditivos para mezclas sostenibles y cerró la primera jornada Thiberio Tanus de Dynapac, que puso sobre el tapete las últimas novedades en maquinaria de la marca orientadas a la ejecución de capas más durables.

La segunda jornada la abrimos de la mano de Jesús Felipo (Pavasal) y Álvaro Díaz (Repsol) que fueron los encargados de coordinar la sesión 5, un clásico de nuestras jornadas técnicas: comunicaciones libres. En primer lugar, realizaron un detallado resumen de aquellas presentadas a la jornada que no resultaron finalmente seleccionadas para su exposición. A renglón seguido fue el turno de los autores para presentar los trabajos seleccionados. Y todos se empeñaron en un objetivo común; ponérselo muy complicado al Comité Técnico de Asefma para que, un año más, sudara tinta con la elección

de la mejor comunicación libre. Nos hablaron de nuevas propuestas de ensayo, de sensorización de plantas, de evaluación del envejecimiento de mezclas, de gemelos digitales, de mezclas ultradelgadas y de mezclas de alta tasa en condiciones de tráfico exigentes.

Tras el café, la última de las sesiones de esta jornada, la sexta, estuvo dedicada a los trabajos que desarrolla Aleas, la Asociación de Laboratorios de las Entidades Asociadas a Asefma. Tomó la palabra su director, Javier Loma (Padecasa), para hacernos un resumen de los grupos de trabajo que están actualmente activos dentro de la asociación y a continuación los coordinadores de estos grupos describieron las actividades llevadas a cabo en el último año y los frutos cosechados. La Guía de toma de muestras, los procedimientos experimentales de espumación o de acondicionamiento de mezclas en laboratorio fueron desgranados por quien les escribe, Marisol Barral (Campezo) y José Luis Peña (Asefma) respectivamente. Jesús Felipo ahondó en las actividades del resto de grupos y hacia dónde se encaminan y Javier Loma se detuvo a comentar los resultados de un interesante ejercicio interlaboratorio sobre el ensayo Fénix. Finalizamos el bloque con un coloquio donde se expresó la necesidad de seguir profundizando en los trabajos técnicos que nos permitan un mayor conocimiento de las mezclas resultantes de la aplicación de técnicas más sostenibles.

Y llegamos al final del camino, no sin antes hacer entrega del premio a la mejor comunicación libre de la jornada que recayó en la titulada "MEZCLAS BBTM B: COMPACIDAD EN LABORATORIO FRENTE A COMPACIDAD EN OBRA - NUEVAS PROPUESTAS" presentada por Rafael Jiménez del CEDEX y escrita por él mismo junto a María Sánchez, también de CEDEX, y Pedro Francisco Hernández del Laboratorio de MITMA en Murcia. Un exhaustivo y pormenorizado trabajo sobre la problemática de la evaluación de la compacidad de estas mezclas, de uso tan extendido en nuestras carreteras de alta intensidad de tráfico.

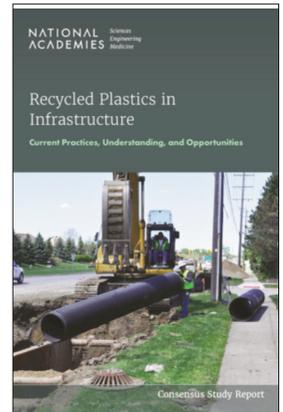
Y fue algo distinta, sí, pero con el mismo espíritu y aroma de las jornadas técnicas de siempre. Y el que firma esta crónica estuvo encantado de coordinarla. Espero les resultara interesante y provechosa. Nos reencontramos en 2024, si les parece.

**CREANDO  
CONEXIONES POR  
NATURALEZA**

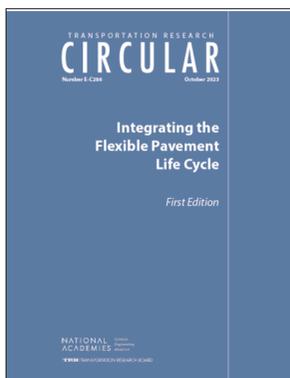
# Lecturas recomendadas

## ***Recycled Plastics in Infrastructure: Current Practices, Understanding, and Opportunities . National Academies (2023)2022. 408 páginas***

En los EE. UU., la mayoría de los desechos plásticos se eliminan en vertederos, pero una cantidad significativa también termina como basura en la tierra, los ríos y los océanos. Hoy en día, menos del 10 por ciento de los desechos plásticos se reciclan anualmente en los EE. UU. El uso de plásticos reciclados en aplicaciones de infraestructura tiene potencial para ayudar a expandir el mercado y la demanda de reciclaje de plásticos. Estos se encuentran entre los hallazgos del Informe especial 347 de TRB: Plásticos reciclados en infraestructura: prácticas actuales, comprensión y oportunidades. El informe enfatiza que perseguir el reciclaje de plásticos en infraestructura depende de los objetivos, las políticas y la economía. Con ese fin, se deben realizar evaluaciones económicas y ambientales del ciclo de vida para informar de las políticas sobre la reutilización de residuos plásticos. En el informe se detalla la incorporación de más de 1,3 millones de toneladas de otros materiales reciclados en casi 9,2 millones de toneladas de mezclas de pavimento asfáltico durante 2021, incluyendo caucho reciclado de neumáticos, escoria de altos hornos, escoria de acero y fibras de celulosa.



<https://nap.nationalacademies.org/catalog/27172/recycled-plastics-in-infrastructure-current-practices-understanding-and-opportunities>



## ***Integrating the Flexible Pavement Life Cycle. TRANSPORTATION RESEARCH CIRCULAR E-C286. Noviembre 2022. 67 páginas.***

En la 101ª edición del Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), celebrado en enero 2022, tuvo lugar el Taller 1009 sobre Integración del Ciclo de Vida de los Pavimentos Flexibles.

Este documento, generado por el Comité Permanente de Diseño y Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos del TRB (AKP30), proporciona una sinopsis del taller al incluir diapositivas clave junto con una síntesis de los puntos expuestos por cada uno de los tres presentadores, un resumen de los debates, un resumen de la mesa redonda y una reflexión final de los autores. El material incluido en este documento proporciona una referencia valiosa y un recordatorio de que es valioso comprender los obstáculos en la adopción o el uso generalizado del ACV de pavimentos.

El propósito de esta publicación es proporcionar un documento de referencia para las prácticas e ideas existentes para promover los esfuerzos de integrar las etapas de diseño del ciclo de vida del pavimento para pavimentos flexibles y fomentar mejores comunicaciones y organización entre aquellos que están involucrados en la comunidad general de pavimentos flexibles.

<https://www.trb.org/Main/Blurbs/183118.aspx>



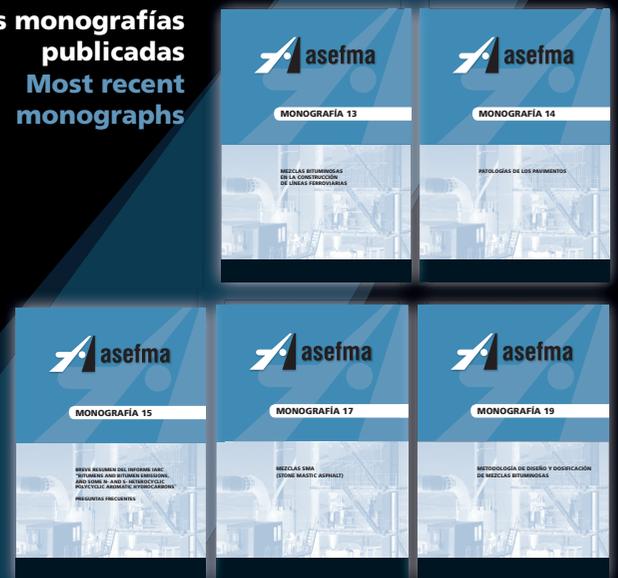
“reforzamos el firme, consolidamos el futuro”  
 “by reinforcing pavements, we guarantee the future”

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

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



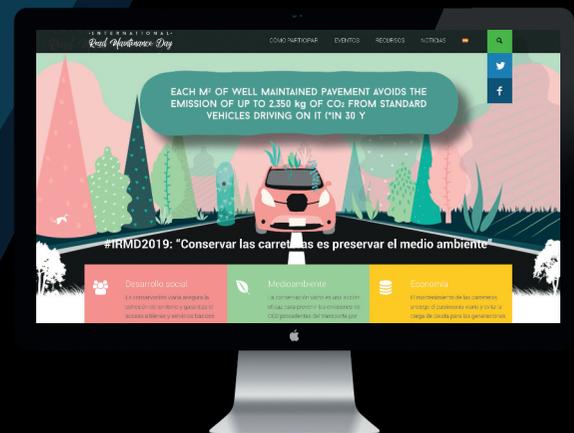
**Últimas monografías publicadas**  
**Most recent monographs**



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

[www.roadmaintenanceday.org](http://www.roadmaintenanceday.org)

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



Síguenos en: / Follow us on:

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

**www.asefma.es**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

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

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

# I+D+i.

## Asfalto 4.0

La digitalización del sector de la pavimentación asfáltica tiene muy diversos enfoques que afectan a la fase de elaboración de los proyectos, la construcción, la rehabilitación y el seguimiento del estado de los firmes y pavimentos y para intentar darle un término identificativo se utiliza el concepto Asfalto 4.0 por similitud del término Industria 4.0

En la recientemente celebrada 2nd Conference on Asphalt 4.0 celebrada en Madrid del 26 al 27 de septiembre, tres importantes proyectos de I+D+i mostraron sus desarrollos: el proyecto OMICRON, el proyecto CAPRI y el proyecto SAFETYPAV 4.0



El proyecto OMICRON, financiado por la convocatoria europea Horizon2020, tiene como objetivo fomentar la industrialización y automatización de las tecnologías de construcción, inspección y mantenimiento de carreteras. En participan 16 organizaciones de 7 países.

El proyecto CAPRI (Cognitive Automation Platform for European PProcess Industry digital transformation) también ha sido financiado por la convocatoria Horizon2020 y aporta soluciones cognitivas a la industria de procesos mediante el desarrollo, prueba y experimentación de una innovadora Plataforma de Automatización Cognitiva (CAP) hacia la transformación digital. Para este fin, CAPRI habilita herramientas cognitivas que brindan flexibilidad de operación a las industrias de procesos existentes, mejorando el desempeño a través de diferentes indicadores (KPI) y control de calidad de última generación de sus productos y flujos intermedios.

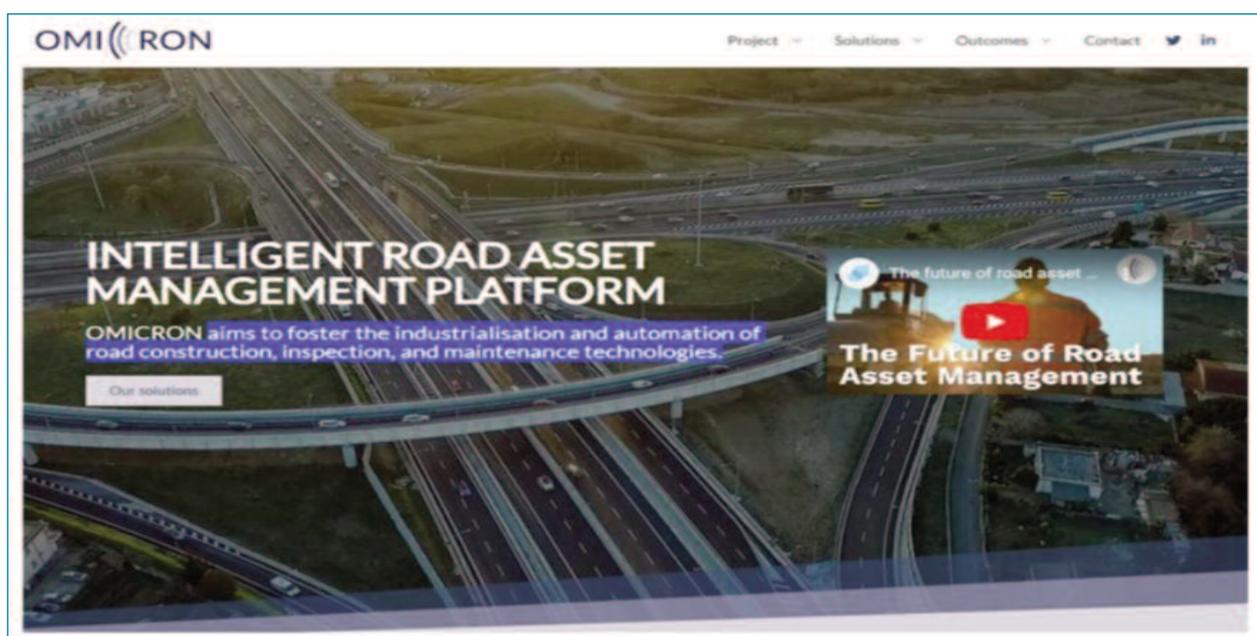


Imagen tomada de la Página de inicio del proyecto OMICRON <https://omicronproject.eu/>



Imagen tomada de la Página de inicio del proyecto CAPRI <https://www.capri-project.com/>

Entre los casos de uso, hay uno dedicado a la fabricación de mezclas bituminosas en el que se están desarrollando sensores cognitivos para determinar el contenido de betún, la cantidad de polvo mineral, el control del tambor secador, el mantenimiento predictivo de los sistemas de filtrado así como el conjunto de la planificación y control de la fabricación de mezclas asfálticas.

El tercer proyecto presentado, SAFETYPAV 4.0, se centra en el uso de la inteligencia artificial aplicada en

la seguridad de maquinaria móvil.

Este proyecto de I+D+i ha sido financiado por la convocatoria «Proyectos de Investigación y Desarrollo de Inteligencia Artificial y otras tecnologías digitales y su integración en las cadenas de valor» de la entidad pública empresarial Red.es.

Como resumen, el concepto Asfalto 4.0 tiene muy diversas aplicaciones y que, en muchos casos, se escapan de las ideas preconcebidas que existen sobre la aplicación de la digitalización.



Imagen tomada de la Página de inicio del proyecto SAFETYPAV 4.0 <https://www.pavasal.com/proyectos/proyecto-safetytav-inteligencia-artificial-aplicada-en-la-seguridad-de-maquinaria-movil-safetytav-4-0/>

## App <https://heynapa.com/>

El que más y el que menos ha sentido el gusanillo de probar alguna de las herramientas de inteligencia artificial (IA) disponibles actualmente, tales como ChatGPT. La llegada al gran público de este tipo de tecnología está generando una importante polémica cuya principal conclusión es que las autoridades han decidido legislar sobre el tema para evitar efectos negativos por el mal uso de este tipo de tecnología.



La inteligencia artificial no es algo novedoso, así en la década de 1950-1960 se dieron los primeros pasos en IA con el desarrollo de programas de ajedrez y lógica y Alan Turing propone la "Prueba de Turing" como un estándar para medir la inteligencia de una máquina.

En los años 70 se desarrolla la "IA simbólica", que se basa en reglas y símbolos. Al llegar los años 80, la IA se centra en sistemas expertos, programas que imitan el razonamiento humano en campos específicos como la medicina y la ingeniería.

Una década después, en los años 90, se populariza el enfoque de "aprendizaje automático" (machine learning), que utiliza algoritmos para que las máquinas aprendan a partir de datos y es con la llegada del nuevo siglo cuando se produce el renacimiento de la IA, impulsado por el desarrollo de redes neuronales profundas (deep learning) y hardware más poderoso, lo que permite lograr avances en reconocimiento de voz, visión por computadora y traducción automática.

En la década de 2010, la IA se convierte en una parte integral de la vida cotidiana, con chatbots, asistentes virtuales y sistemas de recomendación en línea y se inicia la preocupación por la ética de la IA y la necesidad de regulaciones.

En la actualidad, se están invirtiendo grandes recursos para su uso en áreas como vehículos autónomos y asistencia médica.

Por lo tanto, la IA no es nada nuevo, pero sí lo es la accesibilidad para el gran público y para un número creciente de organizaciones sin necesidad de invertir una gran cantidad de recursos.

Un ejemplo muy reciente de aplicación a la IA es el portal Hey NAPA promovido por la National Asphalt Pavement Association (NAPA) de EE.UU y al que se puede acceder a través del siguiente enlace

<https://heynapa.com/>

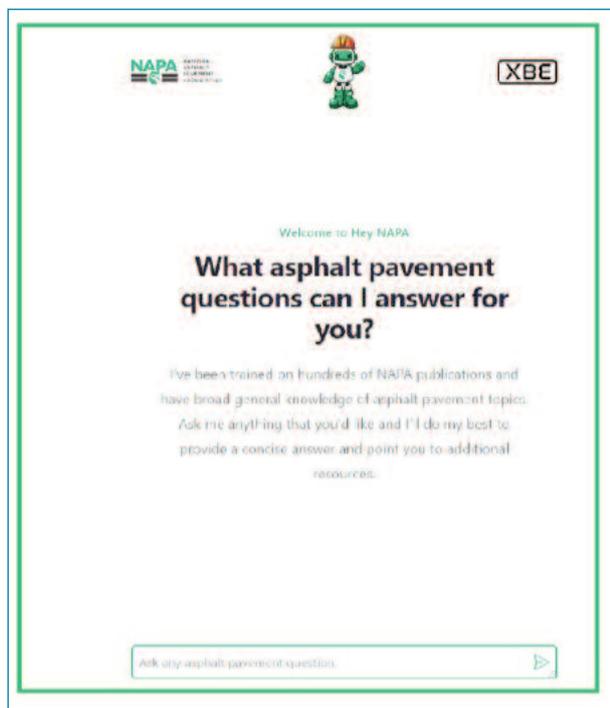
El portal permite obtener información basada en los ingentes registros documentales de NAPA.

Es sorprendente la calidad de las respuestas que proporciona a cuestiones técnicas relacionadas con la pavimentación asfáltica: facilita relaciones de documentos y razona las respuestas.

Además, es capaz de responder no solo en inglés sino en español.

Ejemplos como este demuestran que los niveles a los que la digitalización es capaz de llegar exceden la visión más clásica que se tiene sobre los procesos de automatización mediante sistemas digitalizados.

App <https://heynapa.com/>



**NOTA CURIOSA:** Consultado ChatGPT acerca de su opinión del portal Hey NAPA, no sabe ni contesta: "Lo siento, pero no tengo la capacidad de acceder a sitios web específicos o navegar por Internet, por lo que no puedo proporcionar una opinión sobre el contenido o la naturaleza de <https://heynapa.com/>. Si tienes preguntas o necesitas información sobre un tema en particular, estaré encantado de ayudarte en la medida de mi conocimiento y habilidades." (sic)

Esta facilidad para argumentar y documentar, con la necesaria supervisión por parte de personas debidamente cualificadas, puede facilitar mucho la gestión del conocimiento, un problema recurrente en todos los países desarrollados en los que resulta complejo atraer personal técnico.

Todo el sector Construcción y Obras Públicas resueltamente movilizado para construir mejor el mañana

**#des  
carbo  
niza  
ción**

CONJUNTAMENTE  
CON EL SALÓN



#intermatparis

contact@intermatconstruction.com

2024  
**INTER  
MAT.**

PARÍS - FRANCIA  
24 - 27 ABRIL 2024

Salón de las soluciones y  
tecnologías sostenibles  
para la construcción

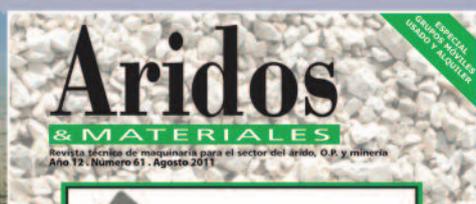
Solicite su  
pase **GRATUITO**



O con el código **ESPPARPRI24**  
en [paris.intermatconstruction.com](https://paris.intermatconstruction.com)

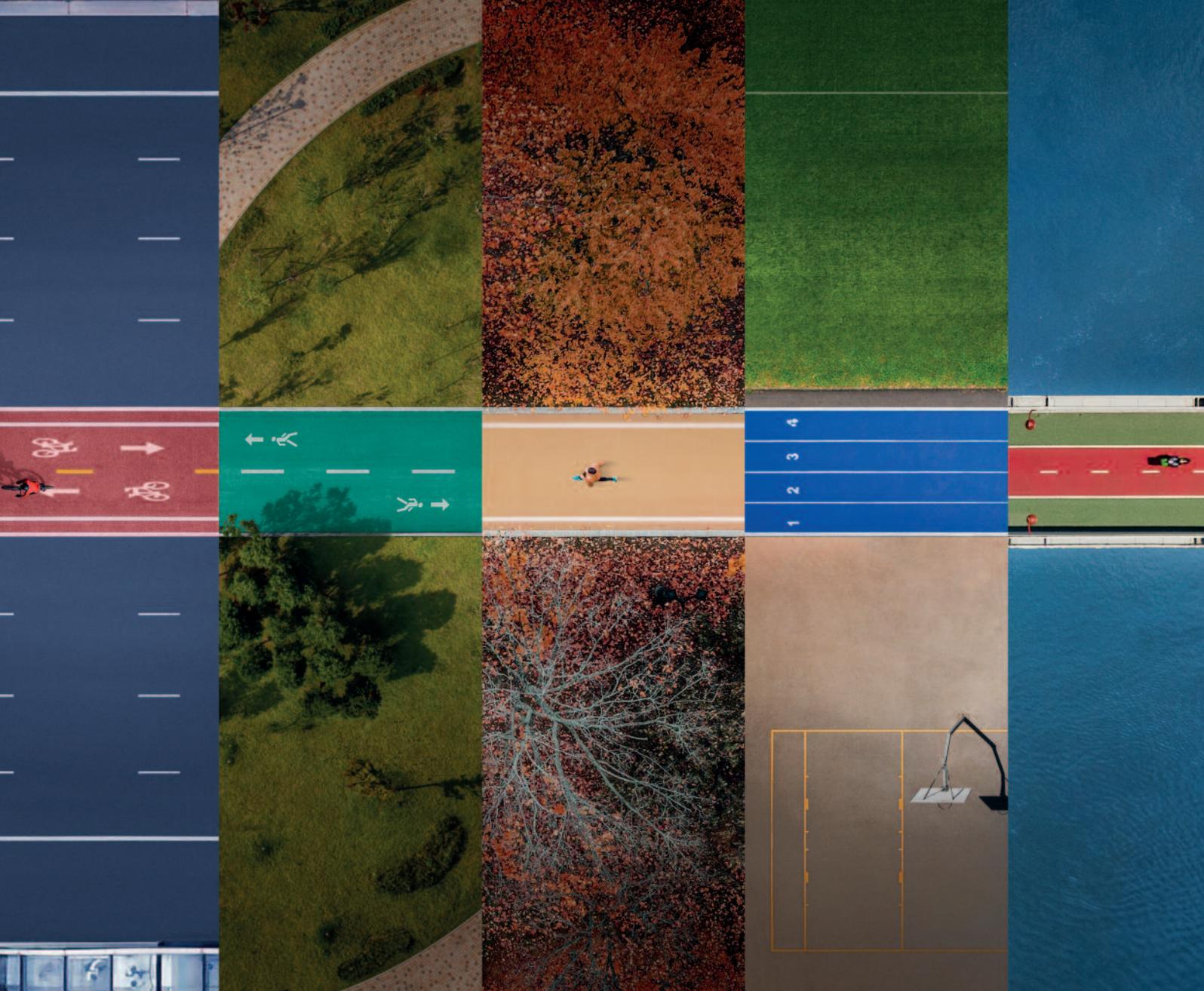
# ESPECIALISTAS EN LA CARRETERA

## Infraestructuras, equipamientos y materiales



Editorial Prensa Técnica

Castiello de Jaca, 29, 3º Puerta 2 ♦ 28050 Madrid  
Tel. 91 287 71 95 ♦ Directo 629 877 460  
E-mail: [info@editorialprensatecnica.net](mailto:info@editorialprensatecnica.net)  
Web: [www.editorialprensatecnica.net](http://www.editorialprensatecnica.net)



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



*Inventemos el futuro*

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

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



Repsol Compromiso  
Cero Emisiones Netas  
2050



Descubre más  
aquí