

ASFALTO

Y PAVIMENTACIÓN

Número 57 · Volumen XV · Segundo trimestre · 2025

número **57**



VIATOP[®] *plus RC*

Das Pellet.

.....
con un rejuvenecedor
sostenible para mezclas con
mayores tasas de fresado





Número 57 · Volumen XV
Segundo trimestre · 2025

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 57 · Volumen XV · Segundo trimestre · 2025

Editorial

Calzada en mal estado

05

Tribuna

Raquel Martínez

07

Tribuna

Breixo Gómez Meijide

11

Tribuna

Pepe Soto

15

SAFETYPAVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

José Ramon López Marco - José Ramón Albert - Sara Rabadán Mayordomo - Iñaki Maurtua Ormaetxea - Aitor Gutiérrez Basauri - Iker Iluvia Hermosilla

19

Secciones fijas

Ensayos

33

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

Jorge Payá Herrero - Abdelrahman H. Hassan
José Ramón Albert García

37

Secciones fijas

Normativa, Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector; Resumen IRMD, Aleas, Lecturas Recomendadas, Digitalización del Sector, Afirmaciones Asfálticas

47



vidara
A RAVAGO COMPANY

MÁS DE 100 AÑOS INNOVANDO PARA TI

Diseñando soluciones

Seguimos ampliando nuestra gama de productos y formulaciones propias como aditivos para mezclas semicalientes, fibras estabilizantes, regeneradores y rejuvenecedores ecológicos, promotores de adhesividad, agentes limpiadores, polímeros y aditivos para PMB, pigmentos granulares de alto rendimiento, capturadores de emisiones... Soluciones integrales para nuestro asfalto.



VIDARA.COM

Calzada en mal estado

Daneles luminosos con avisos como este son cada vez más frecuentes en nuestras carreteras.

No deja de ser un sustitutivo peregrino y random al correcto mantenimiento del pavimento, pero hacen un reconocimiento explícito y un retrato palmario de la situación habitual de la red viaria.

Las consecuencias del mal estado de las carreteras se podrían resumir en:

Daños en el vehículo: Los baches, grietas y demás irregularidades pueden dañar neumáticos, suspensión, dirección y otros componentes.

Averías: Los daños pueden llevar a averías, como roturas de piezas o desgaste prematuro.

Mayor consumo de combustible: El mal estado de la carretera puede aumentar el consumo de combustible hasta un 34%.

Reducción de la vida útil del vehículo: El deterioro del vehículo puede ser de hasta un 25%.

Mayor riesgo de accidentes: El mal estado de la carretera puede dificultar el control del vehículo y aumentar el riesgo de accidentes.

Daños en la carga: Roturas y adulteración de los productos por golpes y movimientos indeseados.

Confort: este último apartado "no es cosa menor o dicho de otra forma, es cosa mayor" ya que altera de manera radical la atención por cansancio, ruido y vibración.

Por si no hubiera o hubiese de este pretérito pluscuamperfecto de desperfectos con esta panoplia de desastres, el reiterado abandono y deterioro de las infraestructuras provoca un coste exponencial en la reparación del mismo, a más años de abandono, más profunda y costosa será la solución.

El rédito político en este caso es nuestro principal caballo de batalla, ya que existe la falsa creencia de que la carretera todo lo aguanta y que las inversiones

en mantenimiento de hoy las disfruta el político de mañana.

Y por último, pero no por ello menos importante, tenemos la escandalosa cifra de CO2 que podríamos dejar de emitir.

Las emisiones de CO2 pueden aumentar significativamente cuando se circula por carreteras en mal estado. Según la Asociación Española de la Carretera (AEC), el aumento en las emisiones puede variar dependiendo del tipo de vehículo y del estado del pavimento:

- Vehículos ligeros:
 - Deterioro estructural importante (grietas, baches, deformaciones): hasta un 9% más de emisiones de CO2
 - Deterioro superficial (agrietamiento fino, desintegraciones ligeras): un 5% más de emisiones de CO2
 - Vehículos pesados:
 - Deterioro estructural importante: un 6% más de emisiones de CO2
 - Deterioro superficial: un 4% más de emisiones de CO2
- Por otro lado, si las carreteras están en buen estado, las emisiones de CO2 pueden reducirse:
- Vehículos ligeros: una media del 3,5% menos de emisiones de CO2
 - Vehículos pesados: una media del 4% menos de emisiones de CO2

La AEC estima que repavimentar la mitad de la red de carreteras españolas permitiría ahorrar 1.600.000 toneladas de CO2 al año, equivalente a las emisiones de todo el tráfico de la ciudad de Madrid durante 8 meses.

Desde nuestra publicación no nos cansaremos de aportar argumentos irrefutables, amparados por la

ciencia y la economía, pero no podemos aceptar que la red de redes que vertebra nuestra sociedad se encuentre en el estado en el que se encuentra con los

más de 10.000 millones en impuestos que son extraídos de la carreteras cada año.



El nuevo Reglamento de Productos de Construcción



El nuevo Reglamento de Productos de Construcción (UE) 2024/3110, publicado el pasado mes de diciembre, viene a concluir un proceso de revisión del anterior Reglamento, de 2011, que sustituía a su vez a la Directiva de Productos de Construcción, y que constituía el marco regulatorio para la comercialización de los productos de construcción desde finales de la década de los 80. Esta revisión no es una simple actualización y supone importantes novedades que tratan de paliar algunas de las carencias y problemas de implantación del anterior Reglamento: barreras técnicas al comercio, vigilancia de mercado, solape con otras legislaciones europeas, excesiva carga administrativa para los operadores económicos o los problemas derivados de la falta de actualización de las correspondientes normas armonizadas, base del marcado CE de los productos de construcción, son algunas de las causas que motivaron la necesidad de revisión del antiguo Reglamento.

¿Qué novedades aporta el nuevo Reglamento de Productos de Construcción?

El nuevo RPC nos sigue aportando reglas armonizadas para la comercialización de los productos de construcción mediante reglas comunes para la evaluación y declaración de las prestaciones de los productos, recogidas en las correspondientes especificaciones técnicas armonizadas. Sin embargo, en el nuevo Reglamento adquiere especial relevancia el comportamiento medioambiental de los productos o el impulso a la economía circular (promoviendo la reutilización de los productos y la reducción de residuos en el sector).

Es aquí donde se esperan los principales cambios para los fabricantes de los productos de construcción, entre ellos los de mezclas bituminosas, que además de asumir la responsabilidad de las prestaciones declaradas asociadas a características esenciales relacionadas con la seguridad o el comportamiento frente al fuego necesitarán evaluar y declarar otras características medioambientales y cumplir determinados requisitos asociados, proporcionando así información sobre el impacto que su producto tiene en el medioambiente a lo largo de su ciclo de vida. Para facilitar esta tarea y la comunicación de la información a los usuarios, el nuevo Reglamento también introduce el pasaporte digital de producto, otra de las grandes novedades.

Como se verá más adelante, las normas armonizadas siguen siendo la base para llevar a cabo las correspondientes Declaraciones de Prestaciones de los productos de construcción por parte de los fabricantes, con carácter obligatorio, pero se abre la posibilidad de que existan otro tipo de normas armonizadas, de carácter voluntario, cuyo cumplimiento conferirá presunción de conformidad con los requisitos de producto recogidos en las mismas. La anterior Declaración de Prestaciones se convierte así, con el nuevo Reglamento, en la denominada Declaración de Prestaciones y de Conformidad.

¿Cómo se verán modificadas las normas de marcado CE?

Uno de los obstáculos a los que se enfrentó el anterior Reglamento fue la incapacidad que tuvo el sistema de normalización para hacer frente de forma

adecuada a la correcta actualización de las normas armonizadas incorporando las novedades y avances técnicos en las normas de producto. Problemas jurídicos, entre otros, hicieron que los mandatos de la Comisión a los organismos de normalización europeos, que habían sido la base para la elaboración de las primeras normas armonizadas, no pudieran actualizarse de acuerdo a las necesidades del mercado y de los Estados miembro.

El nuevo Reglamento abre las puertas a una nueva etapa en la que se espera que dichos mandatos puedan actualizarse convenientemente, incorporando nuevos productos y también nuevas características esenciales y requisitos de producto. Para ello, y desarrollado de forma paralela a la revisión del Reglamento, se han articulado grupos de expertos en la Comisión (CPR Acquis) que serán los encargados de llevar a cabo todo el trabajo técnico que permitirá configurar las futuras solicitudes de normalización.

Una vez se aprueben las solicitudes de normalización por familias de producto, los Comités técnicos de normalización podrán trabajar en las modificaciones de las actuales normas armonizadas en base a las directrices e información incluidas en dichas solicitudes. El resultado serán unas normas armonizadas de prestaciones convenientemente actualizadas y que además incluirán información adicional relevante. Estas normas se convertirán en obligatorias mediante el correspondiente acto de ejecución incluido en el DOUE.

Las normas de prestaciones de acuerdo al nuevo Reglamento incluirán, entre las características esenciales a declarar, las relativas a la emisión de sustancias peligrosas al terreno o al agua (para aquellos productos en contacto con estos elementos), y las relativas a la sostenibilidad medioambiental. Esta novedad implicará para los fabricantes la necesidad de evaluar y declarar la lixiviación de un amplio abanico de sustancias consideradas peligrosas, y la evaluación, verificación y declaración de diversos parámetros relacionados con las características esenciales medioambientales tales como los efectos sobre el cambio climático, la eutrofización del agua y terrestre o el agotamiento de determinados recursos entre otros muchos.

El nuevo Reglamento también establece la necesi-

dad de incluir determinada información general sobre el producto, instrucciones de uso o información sobre seguridad (seguridad durante el transporte, instrucciones ejecución, necesidades mantenimiento, formación instaladores...) para la que las normas de prestaciones pueden incluir directrices.

Por último, y tal y como se indicaba anteriormente, en este nuevo escenario podrán existir normas armonizadas voluntarias, también referenciadas en el DOUE, que recogerán requisitos de producto no prestacionales (cuando la Comisión haya identificado este tipo de requisitos para determinadas familias de producto). Los requisitos aquí incluidos podrán ser de tipo funcional, de seguridad y también medioambientales, pero de carácter diferente a las características esenciales señaladas en el párrafo anterior.

Si bien con el nuevo Reglamento las normas armonizadas de las diferentes familias de producto seguirán siendo la base para las Declaraciones de Prestaciones y de Conformidad y el mercado CE, el nuevo Reglamento faculta a la Comisión para adoptar especificaciones cuando la vía de la normalización esté bloqueada.

El pasaporte digital de los productos de construcción

El volumen de información que los fabricantes necesitarán trasladar para comercializar sus productos se verá incrementado significativamente con el nuevo Reglamento. De forma progresiva en el tiempo les aplicará la obligación que impone el nuevo Reglamento en relación al Pasaporte Digital de Producto (DPP- Digital Product Passport) que incluirá la información sobre las prestaciones pero también otro tipo de documentación técnica e información relevante del producto. El pasaporte digital permitirá, mediante los correspondientes identificadores únicos y los soportes de datos, tener una adecuada trazabilidad del producto y del fabricante, mejorar la transparencia, reducir las trabas administrativas y especialmente, gestionar la información en toda la cadena de valor de la construcción. La integración de toda la información relativa al DPP en el correspondiente sistema, pendiente de definir, facilitará el uso de dicha información, de forma estructurada, por ejemplo, en BIM o por las auto-

ridades de vigilancia de mercado.

Aplicación y periodo de transición

Si bien el nuevo RPC entró en vigor el pasado mes de enero, la mayoría de las disposiciones no serán aplicables hasta el 8 de enero de 2026. Adicionalmente, se ha establecido un amplio periodo de transición con el anterior Reglamento para permitir la progresiva adaptación de las especificaciones técnicas armonizadas, que se irán actualizando a lo largo de los próximos 15 años en función de la aprobación de las respectivas solicitudes de normalización de cada familia de producto.

Por tanto, las obligaciones derivadas del nuevo Reglamento serán de aplicación a los productos de construcción a medida que se vayan publicando las correspondientes normas armonizadas, que gozarán, asimismo, de un tiempo de coexistencia con las anteriores. Son de destacar algunas de las obligaciones relativas, por ejemplo, a la declaración de las prestaciones medioambientales, o al pasaporte digital de producto, con calendario propio dentro del nuevo Reglamento, y que estarán supeditadas a la publicación de las correspondientes normas armonizadas actualizadas.

A modo de resumen

El nuevo Reglamento de Productos de Construcción supone una apuesta por la sostenibilidad, la economía circular y la digitalización del sector, que permitirá que los diferentes agentes de la cadena de valor de la construcción (arquitectos, constructores, usuarios, autoridades públicas) puedan elegir los productos más adecuados a sus necesidades y de acuerdo a los requisitos reglamentarios (el nuevo Reglamento mantiene la competencia nacional de los Estados miembro a regular las obras de construcción) en base a la información sobre el comportamiento de los productos. El pasaporte digital de producto permitirá el despliegue de información a todos los actores, proporcionando toda la información necesaria sobre las prestaciones y la conformidad de los productos, también en el ámbito de la sostenibilidad, facilitando así la evaluación de la sostenibilidad ambiental de los edificios e infraestructuras.

Las normas técnicas serán un apoyo fundamental

en la implantación del nuevo Reglamento, permitiendo a los fabricantes cumplir con sus obligaciones.

CEPSA

se transforma en

moeve

Juntos impulsamos
tu futuro

Nuestros ligantes y betunes contribuyen a la economía circular y hacen que las carreteras sean más sostenibles, eficientes y duraderas.



Este futuro
tiene futuro

Nuevo Reglamento Europeo de Productos de Construcción: ¿un ambicioso avance normativo o más incertidumbre crónica?



La Comisión Europea ha invertido varios años de esfuerzo en elaborar un documento que, sin duda, será clave durante las próximas décadas para fabricantes de mezclas bituminosas y otros productos de construcción. Atrás han quedado las consultas públicas de 2020 y 2022, múltiples borradores filtrados y extensas negociaciones entre la Comisión, el Parlamento y el Consejo Europeos. Pero, sorprendentemente, también parecen quedar atrás los tiempos en los que la propia Comisión abogaba por un marco regulatorio predecible y simplificado, como establecía claramente el Green Deal Industrial Plan de 2023.

El resultado es un nuevo reglamento que supera las 300 páginas y cuya implementación plantea más incertidumbres que certezas. La complejidad del texto es considerable y deja en manos de la propia Comisión Europea múltiples "empoderamientos" que, mediante Actos Delegados y actos de ejecución, podrían eludir los procedimientos habituales de normalización cuando fuese necesario. Además, en numerosos aspectos, más que proporcionar pautas claras y previsibles, este nuevo reglamento establece un cimiento complejo sobre el que, en los próximos años, se edificará un sistema regulatorio que podría ser todavía más intrincado.

En este contexto, surgen numerosas preguntas:

Las famosas Solicitudes de Normalización (o Standardisation Request en Inglés - SReq), ¿realmente son una solución al estancamiento normativo de los últimos 20 años?

Según el antiguo marco regulatorio, los Comités Técnicos de Normalización (CEN) estaban limitados por Mandatos desactualizados, como el M/124 que afecta directamente a mezclas y ligantes bituminosos. Estos mandatos permanecieron sin revisión durante más de dos décadas, impidiendo así la incorporación de importantes avances científicos y técnicos en las normas armonizadas. El nuevo Reglamento contempla la revisión de los antiguos mandatos mediante nuevas solicitudes de normalización (SRs), que aunque diferentes en algunos aspectos, en términos generales recogen información muy similar: una lista de características esenciales, junto con un método de ensayo y un modo de declaración para cada una. Eso sí, el nuevo Reglamento establece que las nuevas SReq tendrán un período de validez de cinco años, tras el cuál deberán ser periódicamente revisadas. La intención es buena y podría romper con el arriba mencionado inmovilismo normativo, pero ¿dispone realmente la Comisión de los recursos suficientes para garantizar revisiones periódicas de todas las familias de productos? Es importante recordar que las prime-

Nuevo Reglamento Europeo de Productos de Construcción: ¿un ambicioso avance normativo o más incertidumbre crónica?

ras SReq tardaron hasta tres años en materializarse, aplicadas tan solo a dos productos específicos.

¿Cuándo tendremos nuestra propia SReq?

Desde 2021 y anticipándose al nuevo Reglamento, la Comisión Europea ha estado implementando el sistema conocido como Procedimiento Acquis, cuyo objetivo es proporcionar el contenido técnico para el desarrollo de las SReq de las distintas familias de productos, garantizando así la conformidad de las especificaciones técnicas armonizadas resultantes con el Reglamento de Productos de Construcción. Para ello, y debido a la escasez de recursos de la Comisión Europea para hacer frente a todos los productos de construcción a la vez, se consultó a los Estados Miembros y se estableció un orden de prioridad, bajo el cual las mezclas bituminosas se encuentran en la 12ª posición. La lentitud del proceso es evidente, puesto que desde 2021 solamente tres grupos de trabajo han finalizado sus trabajos. Y, aunque los grupos 10 y 11 han empezado a trabajar a principios de este 2025, la Comisión Europea anunció recientemente que una nueva consulta está siendo llevada a cabo para actualizar el orden de prioridades. Esto amenaza con relegar a las mezclas bituminosas de la 12ª posición y retrasar aún más nuestro proceso.

¿Qué podremos incluir en la SReq y quién lo decidirá?

Durante años, en los comités técnicos CEN/TC227 y CEN/TC336 hemos trabajado intensamente en propuestas para el contenido de las futuras SReq. Sin embargo, nada garantiza que dichas propuestas sean finalmente aceptadas. En el mencionado Procedimiento Acquis los Comités Técnicos de CEN son solamente una de las partes implicadas en la negociación con representantes de los Estados Miembros, Comisión Europea, y otras instituciones, tales como asociaciones industriales. Quiénes serán dichos representantes o qué propuestas pondrán sobre la mesa para el caso de las mezclas bituminosas es todavía incierto.

En este sentido, una de las novedades que contempla el nuevo Reglamento es la necesidad de declarar el comportamiento ambiental de los productos y consecuentemente las normas armonizadas deberán reflejar las características esenciales correspondientes y

su forma de verificarlas y declararlas. Adicionalmente, también se contempla la posible existencia de normas armonizadas voluntarias que incluyan desarrollos de posibles requisitos funcionales, de seguridad o medioambientales de los productos que la Comisión haya establecido previamente mediante los correspondientes actos delegados. Es decir, que las normas ya no solo incluirán qué declarar y cómo, sino que también posibles requisitos cuyo cumplimiento deberá ser justificado por los fabricantes de las mezclas. Ahora bien, ¿qué propuestas se traerán al Procedimiento Acquis? ¿Nos encontraremos requisitos específicos como resistencia mínima al agua, a fatiga, etc.? ¿Serán por el contrario más genéricos, como el decir que ningún componente de las mezclas podrá impedir la reutilización de las mismas en el futuro? ¿O irán más por la línea de contenidos mínimos de material fresado, contenidos máximos de ciertas sustancias, etc.?

Otro ejemplo de la incertidumbre existente es que el comité CEN/TC336, encargado del desarrollo de las normas de los ligantes bituminosos, propone dejar fuera de las normas armonizadas y marcado CE los nuevos métodos avanzados de ensayo (como los relacionados con el comportamiento reológico de los betunes), relegándolos a normas voluntarias no armonizadas. Una decisión controvertida, teniendo en cuenta que los Estados Miembros no podrán requerir la declaración de características esenciales adicionales a las incluidas en las normas armonizadas y que países como Alemania o Austria ya aplican especificaciones nacionales más avanzadas. Pero aun siendo éste el caso, ¿cuál será la alternativa propuesta?

¿Cuándo será obligatoria la declaración de impactos ambientales y sustancias peligrosas en mezclas bituminosas?

Siguiendo con lo dicho anteriormente, otra notoria novedad del nuevo Reglamento es la obligatoriedad de declarar impactos ambientales y de sustancias peligrosas contenidas en el producto. No obstante, dicha obligatoriedad se establecerá de manera paulatina a lo largo de los próximos años. Por ejemplo, la declaración de impactos relacionados con el potencial de calentamiento global (emisiones de CO₂-equivalente) será obligatoria a partir de principios de 2026, mien-

tras que los indicadores ambientales fundamentales definidos en la Norma EN 15804+A2:2019 deberán declararse desde 2030, y el resto de indicadores desde 2032. Ahora bien, para la declaración de dichos impactos, dos cosas deben suceder anteriormente: (1) la publicación de nuevas normas armonizadas que incorporen cláusulas específicas sobre dichos indicadores; y (2) la publicación de la correspondiente norma europea con las Reglas Complementarias de Categoría de Producto (RcCP) específicamente desarrolladas para las mezclas bituminosas. Sobre la demora en la publicación de las normas armonizadas me remito a las líneas anteriores. En relación con las RcCP, es importante destacar que desde el grupo de trabajo CEN TC227 WG6 "Sostenibilidad" llevamos casi una década desarrollando dichas reglas. Actualmente, estamos próximos a publicar una Especificación Técnica, que todavía será necesario convertir posteriormente en una Norma EN. Dado que dichas Normas EN deben ser adoptadas por los diferentes miembros de CEN, y teniendo en cuenta que algunos países como Países Bajos, Noruega, y más recientemente Irlanda y Alemania, ya disponen de RcCP nacionales, el alcanzar un consenso llevará, sin duda, unos cuantos años más.

En definitiva, aunque el nuevo Reglamento de Productos de Construcción es uno de los más amplios, ambiciosos y complejos hasta la fecha, deja aún muchas preguntas abiertas sobre cómo será su desarrollo e implementación práctica. Esta incertidumbre, sumada a años de estancamiento normativo en los que las instituciones europeas no lograron aportar soluciones claras, invita más a la desesperación que al optimismo. Sin embargo, también constituye una llamada urgente a la acción y a mantener una vigilancia activa por parte del sector. Las decisiones que se tomen próximamente serán determinantes para el futuro de nuestra industria y por ello, resulta esencial implicarse de forma proactiva para evitar que las actuales dudas se conviertan en futuras barreras.

la materia prima! La paradoja es evidente: gastamos millones en infraestructura digital para las carreteras - cámaras, paneles luminosos, sistemas de cobro automático etc.- pero olvidamos modernizar el material sobre el que circula todo este progreso. El resultado: "Autopistas Inteligentes en una base física propia de la edad de Piedra". ¿De qué nos sirve tener coches ultramodernos si circulan sobre un pavimento que se agrieta, se deforma por el calor y más pronto que tarde acaba parcheado como un viejo pantalón?

Imaginemos un mundo donde el pavimento asfáltico sea parte activa de la digitalización, en lugar de un simple soporte pasivo. Carreteras con materiales fotovoltaicos que generen energía, con mezclas asfálticas que alargan su "vida útil", con sensores integrados que detecten fisuras antes de que se conviertan en socavones traga-coches o revienta-neumáticos. Todo esto ya existe en laboratorios, proyectos pilotos, en estudios prometedores sobre los que se habla en Congresos...pero el presupuesto para carreteras sigue igual de rígido que el viejo asfalto bajo una helada invernal.

Se habla -especialmente por parte de las diferentes Administraciones de Carreteras- de invertir en movilidad sostenible, en tecnología, de eficiencia energética, seguridad, mezclas descarbonizadas, de economía circular para reducir el consumo de recursos naturales, y un largo etc. de "intenciones medallero-populistas", pero... cuando les llega la hora de asignar presupuestos para conservación del pavimento miran para otro lado y las carreteras se llevan las sobras.

Lo más frustrante es que la tecnología ya la tenemos, ya está inventada. Existen materiales innovadores que podrían transformar nuestras carreteras en infraestructuras verdaderamente inteligentes, sostenibles y duraderas. Algunas técnicas como:

Asfaltos fotovoltaicos

Asfaltos autorreparables

Mezclas asfálticas con residuos reciclados

Mezclas permeables e "inteligentes" con sensores integrados capaces de detectar deformaciones, cambios de temperatura o incluso el peso de los vehículos

Son solo algunos ejemplos de tecnologías disponibles para la modernización integral de nuestras carre-

teras. Y si la tecnología está lista ¿por qué seguimos con más de lo mismo?, la respuesta es tristemente sencilla: **dinero y mentalidad innovadora.**

Los presupuestos destinados a carreteras continúan viéndose como un gasto a minimizar y no como una inversión a largo plazo. Las Administraciones Públicas optan por repetir las fórmulas tradicionales porque son más baratas a corto plazo, ignorando que las reparaciones frecuentes, los socavones y los cortes de tráfico cuestan mucho más en el futuro.

Y aquí es donde deberíamos plantarnos frente a la Administración como D. Erre que Erre se plantó frente al banco deudor. No podemos ni debemos conformarnos con migajas presupuestarias ni promesas vacías, las carreteras merecen más, pues el progreso les pertenece y debemos reclamarlo con la misma testarudez con la que ese entrañable personaje reclamaba sus derechos, hasta el día en que las Administraciones comprendan que las carreteras no son un gasto y sí una inversión muy rentable de cara al futuro, y dejen de remendarlas con las mismas recetas de siempre. Hasta entonces, seguiremos **"asfaltando el futuro con materiales del pasado"**.

Es por eso por lo que no debemos seguir parcheando las carreteras como si fuesen viejos pantalones, necesitamos un cambio de mentalidad, tanto desde la Ingeniería como, especialmente, desde la Administración. Ingenieros proactivos con soluciones innovadoras para dejar de hacer "lo de siempre" y empujar soluciones que funcionarán mucho mejor. Y por supuesto las Administraciones, de las que espero que algún día entiendan que las carreteras no son solo superficies por donde circulan vehículos, si no que son una inversión estratégica que puede llegar a ser más segura, más sostenible y, a la larga, más rentable, siempre que apuesten por materiales innovadores.

Creo que la Sociedad debe exigir carreteras que estén a la altura del siglo XXI; si queremos coches eléctricos, ciudades inteligentes, un transporte eficiente, las carreteras no pueden seguir siendo las de hace 50



años. Y, como ejemplo, comentar que ya se han iniciado protestas ciudadanas con cortes en la AP-7 exigiendo a la Administración más inversiones en conservación y seguridad para que una de las autopistas con más tráfico en España se modernice y poder estar a la altura de los tiempos actuales, de hecho, en breve, se implantará en esta autopista, por parte de la DGT, un Nuevo Sistema Inteligente que limitará, en tiempo real, la velocidad de los vehículos dependiendo de factores como tráfico, climatología, estado del pavimento, hora del día, obras de conservación etc. todo en aras de la seguridad. Serán límites de velocidad dinámicos en un tramo de 150 km en donde se espera, con esta medida, disminuir además las emisiones de CO2 así como un ahorro de combustible. De momento no se sabe si los costes serán muy altos, pero el concepto pinta muy bien.

Por supuesto, lo que nos hace falta es voluntad para cambiar, por que como ya he comentado en párrafos anteriores, si D. Erre que Erre consiguió que le devolvieran lo que le pertenecía, a base de insistir, nosotros – ingenieros, administraciones y ciudadanos- podemos hacer lo mismo hasta conseguir carreteras dignas de este siglo. Porque el futuro es nuestro... y nos corresponde reclamarlo.

Ah! Por cierto, mi DNI caduca el 01/01/9999, espero que para entonces podamos cantar victoria.



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

SAFETYPVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

José Ramon López Marco

jrlopez@pavasal.com

José Ramón Albert

jralbert@pavasal.com

Sara Rabadán Mayordomo

srabadan@pavasal.com

Iñaki Maurtua Ormaetxea

inaki.maurtua@tekniker.es

Aitor Gutiérrez Basauri

aitor.gutierrez@tekniker.es

Iker Iluvia Hermosilla

iker.lluvia@tekniker.es

El sector de la construcción es uno de los que lidera históricamente el índice de incidencia en accidentes laborales en España. Según datos del Observatorio de la Construcción, el número de accidentes debidos a la pérdida total y parcial del control de maquinaria representa el 18%, 15.5% y 26.3% de los accidentes leves, graves y mortales dentro del sector. Con estos datos, existe una necesidad imperativa de mejorar la seguridad del entorno laboral.

Dentro del extendido de mezclas asfálticas, los intentos por mejorar la seguridad mediante dispositivos integrados en la maquinaria capaces de generar alertas o detenerla, no han sido muy fructíferos hasta la fecha. La mayoría de ellos se basan en sensores de proximidad de diferente índole que en un entorno donde la casuística es tremendamente variable, con espacios reducidos, obstáculos y personal de obra, no resultan efectivos ya que producen un exceso de mensajes de advertencia que saturan al operador, o detienen constantemente la maquinaria interrumpiendo la producción.

Para abordar este problema, la empresa Pavasal en colaboración con el centro tecnológico Tekniker están desarrollando un proyecto de investigación con financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación (Red.es), en el que mediante cámaras RGB-D situadas en la maquinaria e Inteligencia Artificial para el tratamiento de imágenes, el sistema sea capaz de discriminar e identificar la presencia de un ser humano y su movimiento relativo con respecto a la maquinaria (velocidad y dirección) y evaluar si se encuentran en una trayectoria de posible colisión.

En esta comunicación se muestran los avances realizados hasta el momento en el proyecto, donde se ha conseguido que el sistema identifique de manera selectiva la figura de un cuerpo humano en multitud de posturas, así como, su distancia a la maquinaria identificando diversas situaciones de riesgo y no riesgo, con diferentes condiciones de iluminación, incluyendo la nocturna.

Palabras Clave: Seguridad en obra, Deep Learning, Inteligencia Artificial

The construction sector has historically been one of the leading industries in terms of workplace accident incidence in Spain. According to data from the Construction Observatory, the number of accidents caused by total or partial loss of control of machinery accounts for 18%, 15.5%, and 26.3% of minor, serious, and fatal accidents in the sector, respectively. Given these figures, there is an urgent need to improve workplace safety. In the field of asphalt mixtures, attempts to enhance safety through machinery-integrated devices capable of generating alerts or stopping operations have not been very successful to date. Most of these systems rely on various types of proximity sensors which, in environments where circumstances are highly variable—with confined spaces, obstacles, and onsite personnel—prove ineffective. They often generate an overload of warning messages that overwhelm the operator or cause constant stoppages in machinery, thereby disrupting production. To address this issue, the company

SAFETYPVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

Pavasal, in collaboration with the technology center Tekniker, is developing a research project funded by the Ministry of Science and Innovation (Red.es). The project uses RGB-D cameras mounted on machinery along with Artificial Intelligence for image processing, allowing the system to detect and identify the presence of a human being and their relative movement with respect to the machinery (speed and direction), and evaluate whether they are on a potential collision course. This paper presents the progress made so far in the project, which has successfully enabled the system to selectively identify the shape of a human body in a variety of postures, as well as determine its distance from the machinery. The system is able to distinguish between risk and non-risk situations under different lighting conditions, including nighttime.

Keywords: Worksite Safety, Deep Learning, Artificial Intelligence

1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace poco tiempo, la digitalización global en el ámbito de la construcción parecía una quimera debido a la alta variabilidad en las etapas constituyentes producidas fuera de un entorno industrial convencional. La gran cantidad de datos necesarios hacia inviable un proceso totalmente controlado, hasta la llegada de la Inteligencia Artificial (IA).

Tres factores están actualmente contribuyendo a ralentizar la incorporación de la IA en el sector de la construcción:

1. Una legislación vigente que, al igual que ocurre con el vehículo autónomo, todavía no da suficientes garantías para introducir una IA en un proceso constructivo.
2. Escasez de conocimiento y talento tecnológico en las organizaciones.
3. Una cultura empresarial reacia a incorporar nuevas formas de construir.

Sin embargo, la automatización de los procesos constructivos parece irrenunciable en un contexto social donde prima la eficiencia de los recursos naturales, la seguridad y el bienestar de los trabajadores. A este respecto, otros sectores industriales de tradición más manufacturera ya cuentan con un nivel de desarrollo e integración de soluciones basadas en IA ofreciendo a la construcción un espejo donde mirarse.

Sin embargo, el reto tecnológico es mayúsculo debido a la casuística de un entorno tremendamente variable, tanto en la localización del mismo como en la variabilidad de parámetros a controlar dentro de cada una de las localizaciones. En el caso de una máquina en movimiento, como es el ámbito de este proyecto, debe resol-

ver, al menos, los siguientes retos:

- Percepción del entorno.
- Identificar los obstáculos.
- Entender los entornos cambiantes.
- Funcionar en condiciones adversas (obra y su entorno).

La solución propuesta a esos retos se basa en algoritmos de IA que son capaces de dar respuesta en tiempo real y que dan soporte a la toma de decisiones en percepción, localización, planificación, actuación y control.

Afrontar un proyecto de automatización de un proceso constructivo exige elegir el mejor enfoque, ya que es diferente robotizar una máquina ya existente que optar por un robot comercial y adaptarlo a una necesidad concreta.

Desde el punto de vista tecnológico, la robótica ofrece ya muchas alternativas para automatizar la construcción por lo que resulta crucial definir bien la necesidad para elegir la mejor opción disponible. En función del problema que se quiera resolver, el nivel de agregación tecnológica y el enfoque de la solución serán diferentes.

Existen funcionalidades de una máquina de construcción que, por cuestiones de seguridad o eficiencia, puede resultar interesante dejarlas fuera del espacio de decisión del operario que maneja la máquina. Estas automatizaciones no tienen por qué sustituir al operario, pero sí ofrecer soporte en el caso de que cierta operación no esté siendo óptima o se desencadene una escena peligrosa.

La vida útil de las máquinas del sector de la construcción es dilatada en el tiempo y, en ocasiones, sucede que las necesidades actuales no son plenamente satisfechas por unas máquinas que fueron desarrolladas hace décadas. Es por ello que ha nacido una tendencia tecnológica

denominada retrofitting que se basa en modificar la maquinaria actual, incorporándole nuevo hardware y software, con el fin de dotarla de autonomía.

Este proyecto aúna todos estos conceptos y pretende paliar la necesidad de la implementación de un sistema autónomo para la toma de decisiones en temas de seguridad tanto en maquinaria ya existente como en la nueva maquinaria que se fabrique, minimizando la actuación del operador de la maquinaria móvil.

Esta necesidad viene respaldada por los números de accidentabilidad con maquinaria móvil en general y de su uso en la construcción el particular. Los accidentes mortales con maquinaria móvil en nuestro país se incrementaron un 21,2% en el periodo entre 2015 y 2019 (UMIVALE, s.f.)[1], donde los conductores y operarios que emplean maquinaria móvil para desempeñar su trabajo sufren más accidentes laborales que hace cinco años. En concreto, los accidentes de trabajo con baja en jornada de este colectivo se han incrementado un

39,5%, pasando de 33.993 accidentes en 2015 a 47.445 en 2019.

Si hablamos de mortalidad, las cifras no mejoran. En los últimos cinco años se han incrementado un 21,2% los accidentes de trabajo con fatal desenlace, de 113 fallecidos en 2015 a 137 en 2019. Por género los accidentados son mayoritariamente hombres y si hablamos del tipo de lesiones en la mitad de los casos se tratan de dislocaciones, esguinces y distensiones, siendo las partes del cuerpo más afectadas las extremidades, que suponen el 60% de los casos.

El sector de la construcción, junto el agrícola y la industria, es uno de los sectores que lidera históricamente el índice de incidencia en accidentes laborales en España. Si nos centramos en el mundo de la construcción, según datos del Observatorio de la Construcción, el número de accidentes y mortalidad en la construcción debido a la pérdida (total y parcial) de control de maquinaria representa el 18%, 15.5% y 26.3% de los acci-

Equipo de Trabajo	Tipo Equipo / Tipo No Equipo	Grave	Mortal	Total general	% parcial	% total
Maquinaria fija (41%)	Cinta transportadora	7	0	7	58%	24%
	Molino	3	0	3	17%	7%
	Torre Perforadora	1	0	1	8%	3%
	Envasadora	1	0	1	8%	3%
Total Maquinaria fija		12	0	12	100%	41%
Maquinaria móvil (41%)	Pala cargadora	2	2	4	33%	14%
	Volquete	2	1	3	25%	10%
	Vagón de mina	1	0	1	8%	3%
	Tractor	1	0	1	8%	3%
	Excavadora	0	1	1	8%	3%
	Perforadora	1	0	1	8%	3%
	Retroexcavadora	1	0	1	8%	3%
Total Maquinaria móvil		8	4	12	100%	41%
Instalaciones (14%)	Estructura metálica	2	0	2	50%	7%
	Instalación de agua	1	0	1	25%	3%
	Instalación eléctrica	1	0	1	25%	3%
Total Instalaciones		4	0	4	100%	14%
Herramientas (3%)	Barra metálica	1	0	1	100%	3%
Total Herramientas		1	0	1	100%	3%
Total general		25	4	29		100%

Tabla 1. Accidentes 2018-2020 por tipo de equipo de trabajo en minería

SAFETYPAVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

dentes leves, graves y mortales dentro del sector de la construcción (Fundación Laboral de la Construcción, 2017)[2].

En el ámbito del sector de la minería la situación es incluso peor, ya que el porcentaje de accidentes mortales es del 100% asociado a maquinaria móvil durante el periodo entre 2018-2020:

Con estos datos, existe una necesidad imperativa de mejorar la seguridad en el entorno laboral, pero no únicamente de los operarios que emplean o que están cerca del trabajo ejecutado por maquinaria móvil, sino también de los usuarios ajenos a la obra, que por motivos en los que la obra se encuentra en entornos urbanos o interurbanos, pueden sufrir situaciones de riesgo para su seguridad por su cercanía a la maquinaria móvil en operación.

Un ejemplo de desarrollo en temas de seguridad de la maquinaria móvil son los sistemas de ayuda a la conducción para evitar atropellos. Existen soluciones implantadas en el mercado que avisan al operario del riesgo de atropello o, incluso, con capacidad autónoma de detener la máquina en el caso de detectar un peligro de colisión.

Sin embargo, aunque la maquinaria móvil dispone de estos elementos de detección que permiten la identificación de objetos, estos sistemas se ven muy influenciados por el entorno y la propia actividad desarrollada que obliga a la presencia de personal en la cercanía de la máquina, no siendo capaces de identificar posibles situaciones de peligro, ya que normalmente se basan en:

- RADAR: Sistema que es capaz de identificar la proximidad de un objeto en el entorno de la maquinaria móvil y su distancia relativa basado en ondas magnéticas. Sin embargo, no es capaz de discernir entre objetos y personas y su constante aviso de proximidad de los diferentes objetos impide la concentración de los operarios de la maquinaria móvil. Además, la acción de elementos meteorológicos o cambios en el ángulo de trabajo de la maquinaria impide su empleo por la distorsión de las ondas que componen el sistema.
- Sistema visionado de imágenes mediante cámaras: Este método permite la identificación de las personas en entornos en el que se mueve la maquina-

ria móvil, pero son altamente ineficientes debido al grado de atención que deben prestar los conductores de dichas máquinas a dichas imágenes mientras se está ejecutando su tarea.

Adicionalmente, cabe reseñar que, aunque el entorno de las obras es peligroso y siempre se debe estar en constante grado de concentración, existen disposiciones en que la maquinaria puede acercarse a corta distancia de los operarios/usuarios sin que estos se encuentren en peligro, como son situaciones en que la persona está detrás de un muro, a una distancia lejana y sin riesgo de atropello por parte de la maquinaria, ya que esta se desplaza en otro sentido.

Por ello en el proyecto "Inteligencia Artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil (SAFETYPAVV 4.0)" se pretende el desarrollo de un sistema de prevención de accidentes en obra a partir de la aplicación de la Inteligencia Artificial sobre imágenes 2D/3D capturadas en tiempo real mediante sensores incorporados en las máquinas. Entre los objetivos específicos del proyecto se encuentran:

- Reducir la accidentabilidad asociada a las actividades desarrolladas en la obra y que ponen en riesgo la integridad de los trabajadores presentes en la misma, así como de los usuarios ajenos a la obra que se puedan verse expuestos a las actividades realizadas por maquinaria pesada.
- Implementar una solución autónoma que permita la toma de decisiones en cuestiones de seguridad, obteniendo un sistema totalmente digitalizado que permita tener control sobre la maquinaria, disminuyendo el riesgo de incidencias debido a la reducción de accidentes en situaciones no controlables por operadores humanos.

Para ello, se desea implantar un sistema capaz de detectar no únicamente personas sino situaciones de riesgo, siendo el primer paso la correcta identificación de los operarios en situación de riesgo. Para ello, el Centro Tecnológico colaborador del proyecto, dispone de una tecnología capaz de medir la distancia mínima entre una máquina y una persona, como parte de la estrategia de seguridad de velocidad y separación entre máquina y personas en escenarios de robótica colaborativa. Este sistema denominado Proximity Detection System (PDS)

[3](España Patente nº ES2681123B2, 11/09/2018)[3], es capaz de medir la distancia relativa entre una máquina y un objeto en su proximidad, utilizando para ello la información en forma de nube de puntos provista por un sensor. En desarrollos posteriores el sistema ha evolucionado de ser un sistema capaz de medir la distancia relativa entre una máquina y un objeto en su proximidad, a ser capaz de distinguir entre objetos y partes del cuerpo de una persona gracias a la introducción de modelos de IA. El sistema es capaz de detectar distintas partes del cuerpo humano y calcular la distancia relativa entre un objeto y esas partes del cuerpo, en base a imágenes RGB y la información de la nube de puntos proporcionados por un sensor RGB-D.

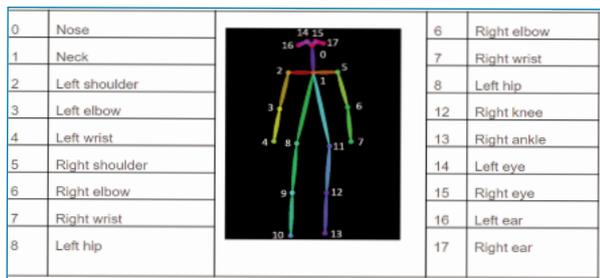


Figura 1. Partes del cuerpo detectadas por el modelo

Como se puede apreciar en la Figura 5, las partes del cuerpo se detectan sobre la imagen RGB (Figura 3 izquierda), y la alineación entre la imagen RGB y la nube de puntos permite posicionar aquellos puntos en la imagen de profundidad (Figura 3 derecha). Gracias a la información de profundidad de la cámara RGBD, se tiene la distancia entre la cámara y cada uno de las partes del cuerpo.

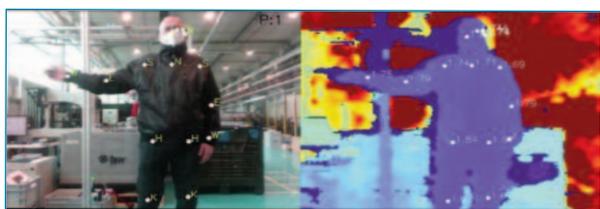


Figura 2. Cálculo en tiempo real de la distancia entre las partes del cuerpo y la cámara

Esta tecnología es la base para el desarrollo del proyecto, con la incorporación de la toma de decisiones sobre las situaciones de riesgo/no riesgo entrenadas y eva-

luadas por parte del sistema de IA.

Es por ello que el objetivo principal del proyecto es obtener una solución autónoma que pueda ser empleada en todas las obras y situaciones, utilizando un sistema que integre visualización de imágenes en tiempo real y su análisis avanzada mediante IA. El desarrollo de esta herramienta tecnológica permite obtener el mejor resultado desde el punto de vista de seguridad en obra teniendo en cuenta:

- Identificación de situaciones de riesgo: Evaluación de riesgo según el entorno en el que se mueve la maquinaria móvil.
- Identificación de posición relativa y la cinemática entre la maquinaria y operario/usuario
- Actuación sobre la maquinaria móvil que evite situaciones de accidente, que normalmente son de carácter grave para el operario/usuario que sufre el atropello.

Para cumplir con los objetivos, en el proyecto se plantearon diferentes fases 5 fases, implementadas en los diferentes paquetes de trabajo:

- FASE 1: La detección de objetos estáticos y móviles.
- FASE 2: Conocer la trayectoria de los objetos móviles, dentro del campo de actuación de la maquinaria.
- FASE 3: Predecir las trayectorias de estos objetos móviles, con el fin de conocer el riesgo de colisión por parte de la maquinaria.
- FASE 4: Alarmar si existe riesgo de colisión y registro de dichas activaciones para posterior evaluación.
- FASE 5: Como fin último, en primera instancia no arrancar la maquinaria si existe un objeto dentro de la zona de riesgo extremo y segundo, si la maquinaria está en movimiento, detener la maquinaria si existe riesgo extremo de colisión.



Figura 3: Fases del proyecto

SAFETYPAVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

2. INICIO DE LOS TRABAJOS

Previo a la FASE 1, Como inicio de las acciones para obtener el sistema de prevención, se realizaron unas pruebas para testear y analizar la validez y limitaciones del sistema de detección de personas, partes del cuerpo objetos y distancias desarrollado por el centro tecnológico, que nunca había sido empleado en el contexto de proceso de asfaltado.

El sistema se basa en la utilización de un conjunto de cámaras RGB-D y el análisis en tiempo real de las imágenes obtenidas, aplicando modelos basados de deep-learning. Es un sistema que no está certificado desde el punto de vista de seguridad, pero puede ser utilizado como un asistente para el conductor del vehículo, al que puede avisar en caso de una situación que requiera su atención.

2.1. Definiciones de experimentos realizados

Para evaluar las situaciones de peligro, se definieron las siguientes pruebas a realizar con una descripción el objetivo final de la misma:

2.2. Hardware

El sistema de adquisición de datos previos se basa en la utilización de un conjunto de cámaras RGB-D Intel RealSense D435i, mientras que el análisis en tiempo real de las imágenes obtenidas se realizó mediante un hardware específico con 4 Jetson Nano (miniPC con GPU integrada), cámaras, un switch Ethernet, un router 4G y una batería de litio de 24V 1.5AH para su alimentación, Para llevar a cabo la experimentación se diseñó y fabricó un hardware específico con 4 Jetson Nano (miniPC con GPU integrada), 3 cámaras RGB-D Intel RealSense D435i, un switch Ethernet, un router 4G y una batería de litio de 24V 1.5AH para su alimentación. aplicando modelos basados de deep-learning.

Nº TEST	Descripción	Objetivo
1	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con iluminación diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo sin personas visibles en el rango de las cámaras.	Contabilizar el número de falsos positivos de la solución.
2	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con iluminación diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con parte del equipo de trabajo llevando EPI y otra parte del equipo sin EPI.	Demostrar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente del uso de EPIs con distinto número de operarios alrededor.
3	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo con personas en diferentes posiciones (de pie, en cuclillas, de rodillas, etc.).	Demostrar que la solución detecta a personas independientemente de la postura que adopten.
4	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo en el que una o varias personas se encuentra tumbadas	Demostrar que la solución detecta a personas tumbadas en caso de desmayos
5	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual utilizando herramientas de trabajo (palas, picos, etc.).	Demostrar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente del uso de herramientas de trabajo (palas, picos, etc.) con muchos operarios alrededor.

6	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual transportando distinto material (sacos de obra, perfiles, ...)	Demostrar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente al transporte de distintos elementos con distintos operarios alrededor.
7	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con trabajadores a distintas distancias (menos de 3.5m, entre 3.5 y 8m, más de 8m)	Demostrar que la detección de distancias a los humanos funciona correctamente.
8	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con parte del equipo llevando EPI y otra parte del equipo sin EPI moviéndose alrededor del vehículo acercándose a la maquinaria en distancias marcadas	Demostrar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente de su desplazamiento acercándose a la maquinaria.
9	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con parte del equipo llevando EPI y otra parte del equipo sin EPI moviéndose alrededor del vehículo alejándose en distancias marcadas	Demostrar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente de su desplazamiento alejándose de la maquinaria.
10	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con parte del equipo llevando EPI y otra parte del equipo sin EPI moviéndose alrededor del vehículo moviéndose en paralelo en distancias marcadas	Demostrar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente de su desplazamiento de manera paralela a la maquinaria.
11	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con lluvia (simulación a través de aspersor).	Comprobar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente de las condiciones climatológicas.
12	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con el asfalto desprendiendo vapores.	Comprobar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente de que el asfalto desprenda o no vapores.
13	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con trabajadores que lleven ropa similar al entorno (ropa y fondo del mismo color)l vehículo alejándose en distancias marcadas	Comprobar que la solución detecta personas cercanas al peligro independientemente de su vestimenta en condiciones de baja iluminación.
14	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en una situación de trabajo habitual con personas delante y detrás de una bionda o encima del vehículo.	Demostrar que la solución detecta personas parcialmente ocultas.
15	Con el vehículo detenido/movimiento/vibrando, realizar test con diurna/nocturna/baja en con la maquinaria en una superficie peraltada o en una rampa con parte del equipo de trabajo llevando EPI y otra parte del equipo sin EPI	Demostrar que la solución detecta personas independientemente de la inclinación del vehículo.

Tabla 2. Test a desarrollar en las pruebas

SAFETYPAVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

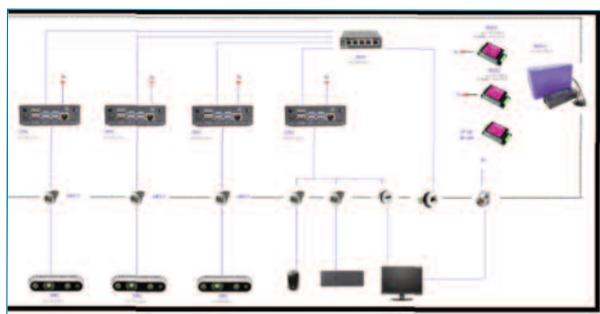
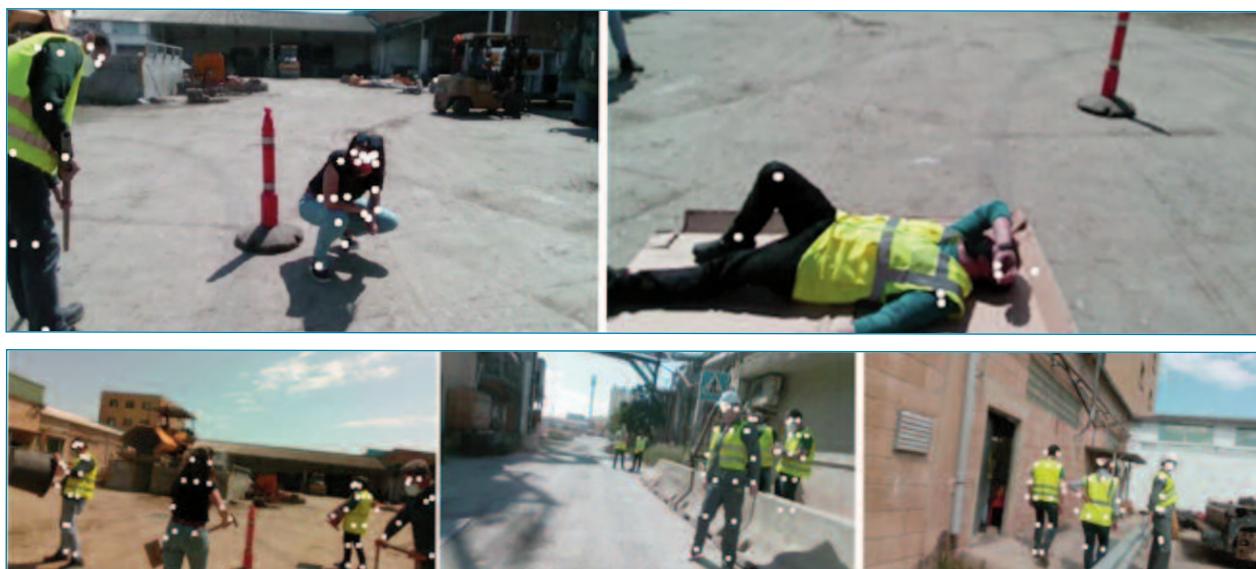


Figura 4. Esquema con los diferentes elementos hardware

3. FASES 1 y 2. Detección de objeto y seguimiento de trayectoria

Una vez instalado el hardware en la maquinaria, durante las FASES 1 y 2, se realizaron pruebas planificadas en las situaciones de peligro previamente definidas en el sistema instalado. Estas pruebas se realizaron en un rodillo compactador, con la ubicación en altura de la cámara y se probaron configuraciones previamente definidas para garantizar que no hubiera puntos ciegos. Dentro de esta fase, también se definieron las localizaciones de las cámaras RGB-D utilizadas en las pruebas,



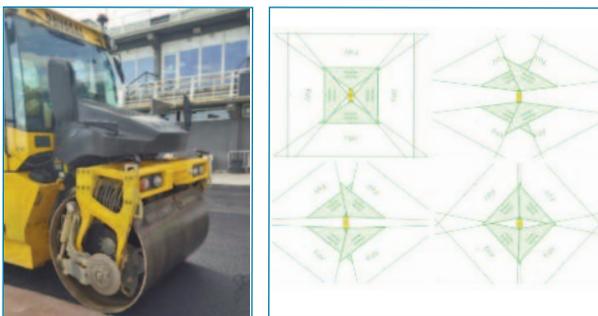
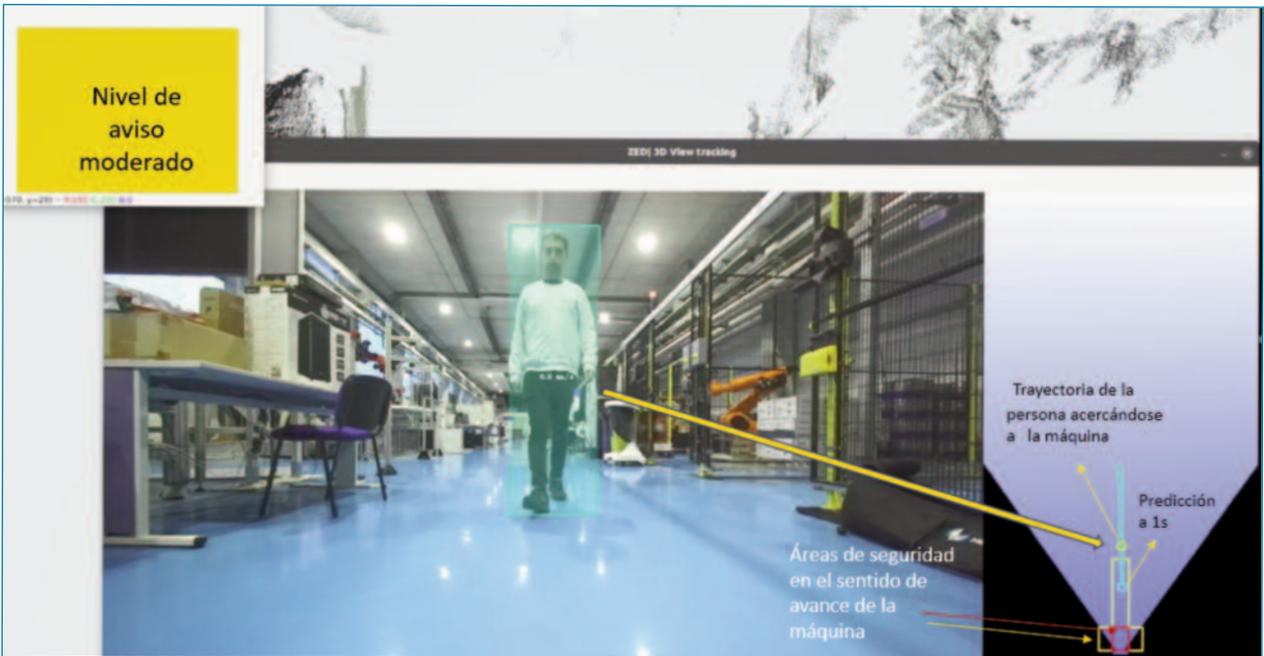


Figura 5. Colocación de las cámaras sobre una máquina móvil y prueba de configuraciones

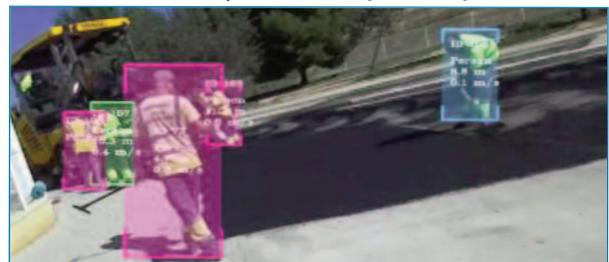
con el fin de evitar ángulos muertos.

Se realizaron en diversas condiciones de iluminación y condiciones atmosféricas. Además se confirmó que el sistema capturaba imágenes con éxito e identificó todos los escenarios que pueden ocurrir en un sitio de construcción. Además, se verificó que la adquisición de la nube de puntos de la cámara permite la identificación de elementos no humanos, contribuyendo a detectar-

los. Además, el sistema fue testado para evaluar las posibles trayectorias del usuario en relación con su posición, lo que permite identificar tempranamente y evitar posibles situaciones de colisión.

Con ello, el sistema SAFETYPAV 4.0 permitía detectar tres elementos:

- ⇒ Velocidad de la máquina: a través de la IMU de las cámaras.
- ⇒ Elementos no humanos estáticos y en movimiento, mediante detección de nube de puntos y IA.
- ⇒ Seres Humanos (detección de IA), en el cual se determinaba su posición, trayectoria y velocidad.



SAFETYPAVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil



Figura 6: Detección de personas y objetos

Pero además, en estas fases se comenzó a identificar elementos, rasgos y posiciones que permitan realizar una predicción: la identificación facial, elementos que implicaban distracción como son teléfonos móviles o tablets, situaciones insólitas (tumbado), con el fin de obtener un sistema que permita la predicción de trayectorias y tiempos de respuesta para avisar en un primer momento o detener la maquinaria.

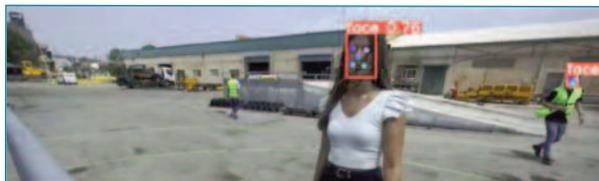


Figura 7: Detección de rasgos faciales

4. FASE 3. Predicción de trayectoria

Con todos los elementos identificados pasamos a la fase 3, obteniendo un sistema predictivo que permite variar los tiempos de respuesta según la predicción de riesgo y sólo cuando hay riesgo, donde los cálculos de trayectoria y futura posición se modifican según el grado de atención de los diferentes operarios.

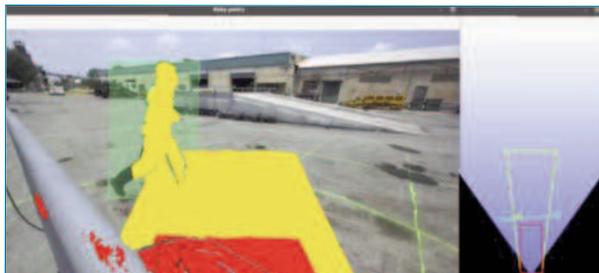


Figura 8: Zonificación zona riesgo

Con el sistema predictivo definido, se estableció un sistema de alarma predictivo zonal que indica la

predicción e identificación de probabilidad de accidente ante un tiempo de respuesta que dependía de la velocidad y trayectoria del operario y la máquina.



Figura 9: Cambio de la evaluación de riesgo de atropello según aproximación

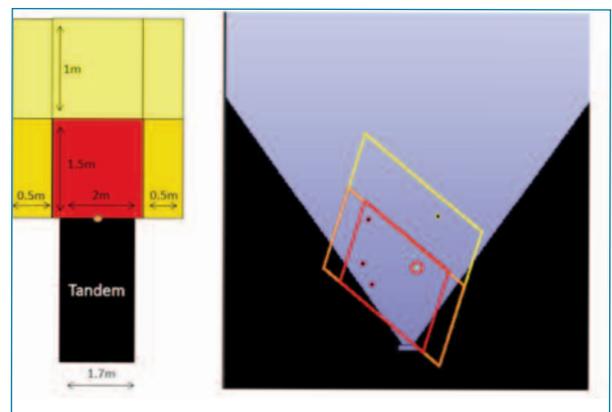


Figura 10: Áreas de detección en estático

5. FASE 4. Alarma y registro

Con el sistema predictivo definido, llegamos a la fase 4. Como hemos indicado, este sistema funciona mediante algoritmos de detección y respuesta los cuales no son infalibles si es necesario detener la máquina. Por ello, existen pasos previos para poder avisar a los operarios y conductor del riesgo de posible colisión antes de actuar.

En esta fase, se desarrolló un sistema mediante OCR (Reconocimiento de Caracteres Óptico, por sus siglas en inglés), que pretende dar alarma cuando es necesario ya quien es necesario. Por ello, se diseñó un sistema de aviso de alarma único para el operario que está en riesgo, mediante codificación única del operario y un dispositivo que lo alerta mediante tecnología bluetooth, así como un sistema que avisa al conductor del riesgo de atropello, mediante señal lumínica y sonora.



Figura 11: Dispositivos bluetooth y ejemplo de chaleco con OCR

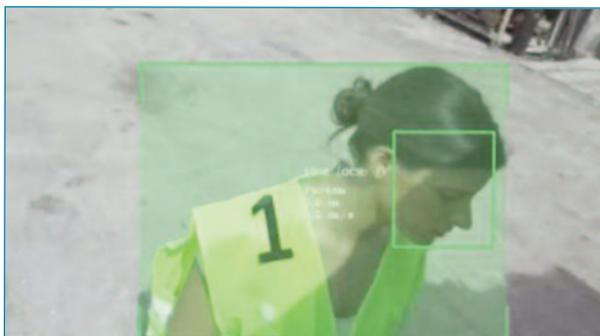


Figura 12: Ejemplo de detección por OCR

Además, para mejorar la operativa de trabajo, el sistema recopilaba los datos de activación de alarma para una posterior análisis que permita mejorar en seguridad, obteniendo el grado de alarma como un video con la activación.



Figura 13 : Baliza en distintos estados

6. FASE 5. Acción sobre la maquinaria

Como paso final, si todos los sistemas anteriores fallaban, la última fase, la número 5, fue el poder actuar sobre el sistema de parada de la maquinaria cuando existe riesgo de colisión entre ésta y un objeto que este en zona de riesgo dentro del tiempo de reacción. Si los avisos lumínicos y mediante los dispositivos de alarma portátiles no son suficientes, el sistema, llegado al nivel de la lógica desarrollada, era capaz de detener la máquina mediante paro de emergencia.

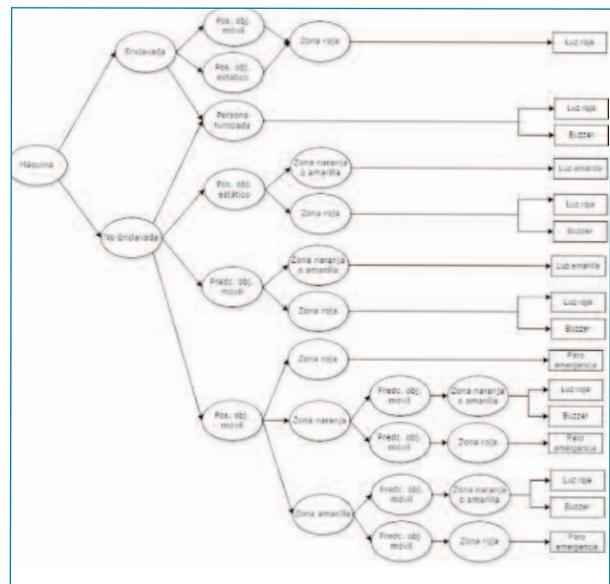


Figura 14: Lógica desarrollada

Para ello, en primer lugar se obtuvo información del sentido del movimiento, velocidad y disposiciones que pudiese tener la máquina, ya que las máquinas pueden trabajar con un ancho fijo tanto en los rodillos delanteros y traseros o ampliar el ancho, por lo que el

SAFETYPAVV 4.0: Inteligencia artificial aplicada en la seguridad de maquinaria móvil

sistema tuvo que adaptarse con el cambio de anchura de la maquinaria.

Cuando se alcanzaba el grado de alerta máxima, mediante la activación del software, se procedía a detener la máquina antes de que se produzca el atropello o impidiendo el arrancado de la misma si se haya un obstáculo dentro de la zona de riesgo máximo



Figura 15: Alarmas riesgo medio y alto, con detención de máquina

7. CONCLUSIONES

Debido a que las operaciones de asfaltado requieren labores en las que las máquinas se encuentran, en numerosas ocasiones, muy cerca de los operarios, el objetivo principal de SAFETYPAVV 4.0 y, lo que lo diferencia con respecto a los actuales sistemas basados en detectores de proximidad, es conseguir que solo se alerte cuando realmente existe un peligro, evitando alarmas reiteradas y repetitivas que acaban siendo ignoradas por el operario de la máquina y al final no resultan operativas. Esto se consigue mediante los algoritmos de decisión basados en inteligencia artificial, que realizan la predicción futura de la posición relativa entre la máquina y la persona implicada, analizan e interpretan las condiciones del entorno y establecen el nivel de alarma variable

para cada circunstancia.

La conclusión más importante tras las pruebas realizadas es que, el sistema actual SAFETYPAVV 4.0, es capaz de detectar perfectamente a humanos con y sin oclusiones en todas sus posiciones, con una alta tasa de acierto. Por otra parte, se dispone de un algoritmo para el tratamiento de la nube de puntos que pueden detectar objetos y evaluar si se encuentran o no en la trayectoria futura de la máquina. Actualmente se está trabajando en un algoritmo de decisión encargado de procesar toda esta información, añadiendo la que se puede obtener de la propia máquina (velocidad, posición de giro, sentido de avance, etc.), para que pueda decidir en tiempo real si emitir o no una alarma, tanto al conductor de la máquina, como al operario en peligro de manera selectiva.

Así, puesto que las operaciones de asfaltado requieren labores en las que las máquinas se encuentran, en numerosas ocasiones, muy cerca de los operarios, el objetivo principal del sistema y, lo que lo diferencia con respecto a los actuales sistemas basados en detectores de proximidad, es conseguir que solo se alerte cuando realmente existe un peligro, evitando alarmas reiteradas y repetitivas que acaban siendo ignoradas por el operario de la máquina y al final no resultan operativas. Esto se consigue mediante los algoritmos de decisión basados en inteligencia artificial, que realizan la predicción futura de la posición relativa entre la máquina y la persona implicada, analizan e interpretan las condiciones del entorno y establecen el nivel de alarma variable para cada circunstancia que a. es capaz de:

- Detectar elementos estáticos y móviles y predecir su trayectoria, con el resultado de alertar a los operarios implicados de un posible accidente y con capacidad de detener la maquinaria.
- En última instancia, de detener la máquina si se está en zona de riesgo o si hay intención de entrar en ella, con un tiempo de respuesta asociada a la velocidad.
- Además, el sistema SAFETYPAVV 4.0 se puede integrar en todo tipo de maquinaria con una serie de adaptaciones, no sólo las basadas en la construcción de carreteras, siendo capaz de prevenir accidentes mortales que involucren cualquier tipo de

maquinaria pesada.

Actualmente el proyecto se encuentra en sus últimas fases, implementando distintas funcionalidades y evaluando todas las casuísticas descritas. Además, se están desarrollando nuevas aplicaciones que permitan discernir entre un conjunto de operarios, reconociendo de manera selectiva quién es el que se encuentra en peligro y de esta forma avisar, no solo al maquinista que conduce, sino también al operario que se encuentra en peligro, para lo cual se plantean sistemas de alarma integrados en su indumentaria.

Una vez implementados los algoritmos y los modelos para la predicción de situaciones de riesgo, el último paso del proyecto será la integración del algoritmo desarrollado en una de las máquinas móviles disponibles, introduciendo sistemas de aviso y parada en dicha máquina en situaciones de riesgo de accidente.

Los autores desean agradecer la financiación de este proyecto a través del programa «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, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) «Una manera de hacer Europa».



8. REFERENCIAS

- [1] UMIVALE. (s.f.). Umivale Activa. Obtenido de <https://umivaleactiva.es/blog/prevencion-y-habitos-saludables/>
- [1] UMIVALE. (s.f.). Umivale Activa. Obtenido de <https://umivaleactiva.es/blog/prevencion-y-habitos-saludables/>
- [2] Fundación Laboral de la Construcción. (2017). Informe 2017 accidentabilidad en la construcción.
- [3] Fundación TEKNIKER (11/09/2018). España Patente nº ES2681123B2
- [2] Fundación Laboral de la Construcción. (2017). Informe 2017 accidentabilidad en la construcción.
- [3] Fundación TEKNIKER (11/09/2018). España Patente nº ES2681123B2.



asefma

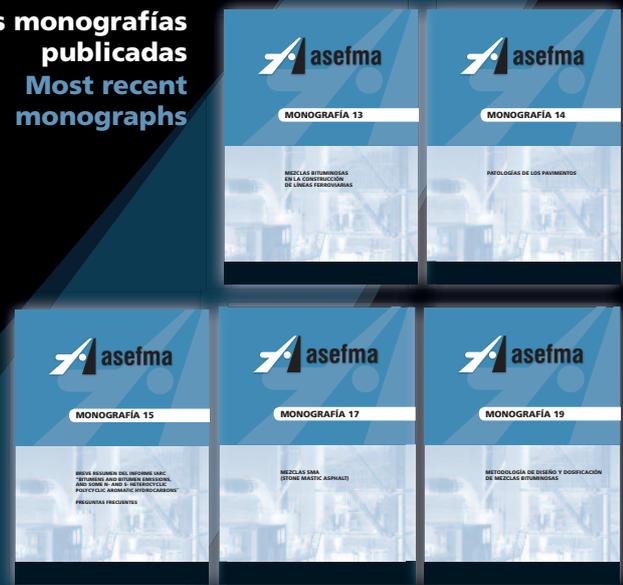
“reforzamos el firme, consolidamos el futuro”
“by reinforcing pavements, we guarantee the future”

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

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



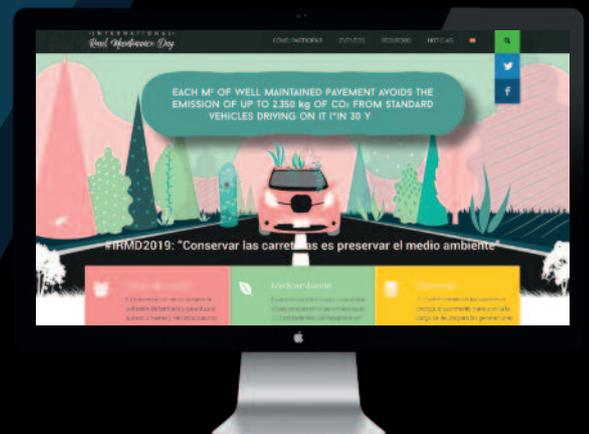
Últimas monografías publicadas Most recent monographs



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

www.roadmaintenanceday.org

Catálogo de Capacidades Técnicas Catalogue of Technical Capacities



Síguenos en: / Follow us on:

- @asefma_es
- @asefma
- @asefma
- company/asefma

www.asefma.es

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

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

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

NLT-383/25 Evaluación de la resistencia, tenacidad, ductilidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FENIX.

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

Para la ficha de ensayos de este número de la revista *Asfalto y Pavimentación*, se ha seleccionado la revisión de la norma NLT 383/25 sobre el ensayo Fénix, en su versión más reciente, y explicar las modificaciones realizadas respecto a la edición del año 2020.

Esta revisión se ha producido como consecuencia del incremento de la experiencia del ensayo y la necesidad de modificar y ampliar el texto de la anterior edición.

En el texto de esta ficha se hace referencia a los cambios producidos en la nueva edición que consideramos que tienen mayor relevancia, con especial atención al punto 7 para una mejor comprensión del diagrama Fénix.

CAMBIOS.

En TÍTULO de la norma y en el apartado 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN se introduce el término "*ductilidad*" en la evaluación y parámetros a determinar y también la valoración del envejecimiento en testigos.

Título: "Evaluación de la resistencia, tenacidad, ductilidad y energía de rotura..."

Objeto: "... procedimiento para determinar la resistencia, la tenacidad, la *ductilidad* y la energía de rotura..." "...puesta en obra o para valorar los efectos del envejecimiento producido durante su vida útil mediante el análisis de testigos extraídos del pavimento..."

En el apartado 2 de TÉRMINOS Y DEFINICIONES

se amplían las definiciones de ductilidad y tenacidad, introduciendo para este último el producto de la resistencia a tracción por la ductilidad.

Ductilidad: "...permite valorar la capacidad de la mezcla para seguir deformándose (rotura dúctil) a la vez que mantiene suficiente resistencia y cohesión interna durante la fase de rotura para que esta ocurra gradualmente..."

Tenacidad: "... Representa la energía disipada en el ensayo únicamente durante la fase de rotura, indicando el trabajo requerido para que el material rompa, al seguir manteniendo una cierta resistencia a la propagación del daño y alguna capacidad de deformación según progresa este..."

"... Un valor aproximado de este parámetro puede obtenerse calculando el producto de la resistencia a tracción RT por la ductilidad DT."

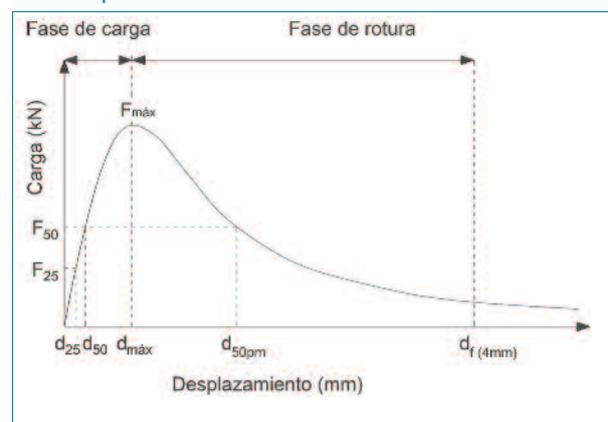


Figura 1. Curva carga-desplazamiento NLT 383/25.

En el apartado 4 PROCEDIMIENTO, la nueva edición de la norma indica que se recomienda ensayar un mínimo de 4 probetas, en lugar de 3 o 4 que señalaba la

NLT-383/25 Evaluación de la resistencia, tenacidad, ductilidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FENIX.

edición de la norma anterior (se elimina la recomendación de ensayar 3 probetas). Igualmente, acota la recomendación del diámetro de las probetas o testigos a **100 milímetros** en lugar de 100 o 150 milímetros (elimina la recomendación de ensayar probetas con diámetro de 150 milímetros)

En el apartado 5 RESULTADOS se introduce el parámetro tenacidad para aportar en el informe de resultados: "... Tenacidad, expresada como producto (RT x DT) en MPa.mm o kJ/m², con aproximación a la segunda cifra decimal. ..."

DIAGRAMA FENIX. Nuevo apartado de la norma NLT 383/25.

Permite realizar una clasificación de las mezclas a partir de los valores de ductilidad y resistencia obtenidos en el ensayo Fénix. La posición en el diagrama para cada temperatura facilita la caracterización de la mezcla y una previsión de comportamiento.

Representación de los valores de ductilidad (DT) en abscisas y resistencia a tracción (RT) en ordenadas.

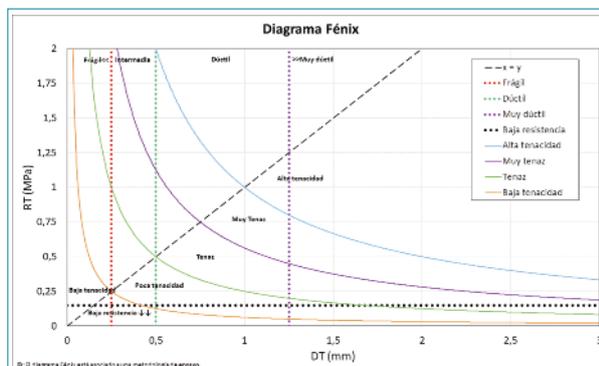


Figura 2. Diagrama Fénix de la NLT 383/25.

Explicación del diagrama:

Líneas de puntos verticales. Situadas en valores de DT de 0,25 mm, 0,5 mm y 1,25 mm con el siguiente

Frágil	Si DT < 0,25 mm
Intermedia	Si 0,25 < DT < 0,5 mm
Dúctil	Si 0,5 < DT < 1,25 mm
Muy dúctil	Si DT > 1,25 mm

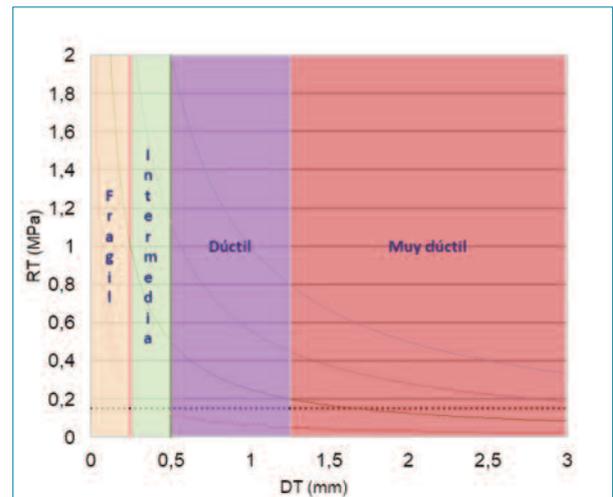


Figura 3. Diagrama Fénix con las zonas de ductilidad.

criterio:

Línea punto horizontal. Situada en el valor de RT de 0,15 MPa límite por debajo del cual una mezcla presenta reducida resistencia a la tracción a una temperatura dada.

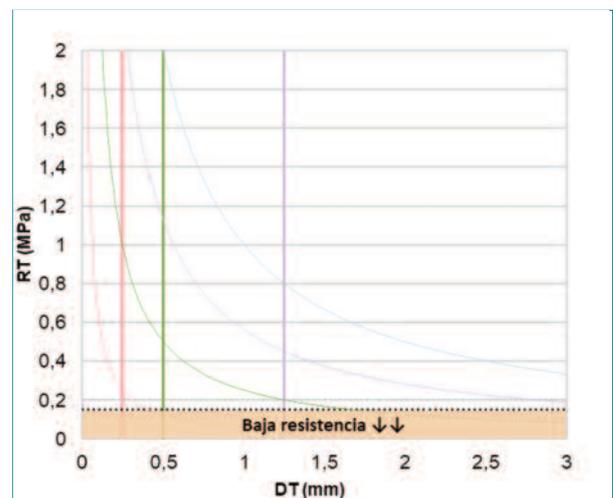


Figura 4. Diagrama Fénix con la zona de baja resistencia.

Cuatro curvas hiperbólicas equiláteras del tipo $RT \times DT = a$, siendo a una constante que toma los valores de 0,25, 0,50, 0,75 y 1,00 respectivamente. Estas curvas delimitan 5 regiones para distintos rangos de tenacidad expresada como producto $RT \times DT$.

Según el valor del ensayo puede clasificarse como:

Frágil	Si $DT < 0,25$ mm
Intermedia	Si $0,25 < DT < 0,5$ mm
Dúctil	Si $0,5 < DT < 1,25$ mm
Muy dúctil	Si $DT > 1,25$ mm

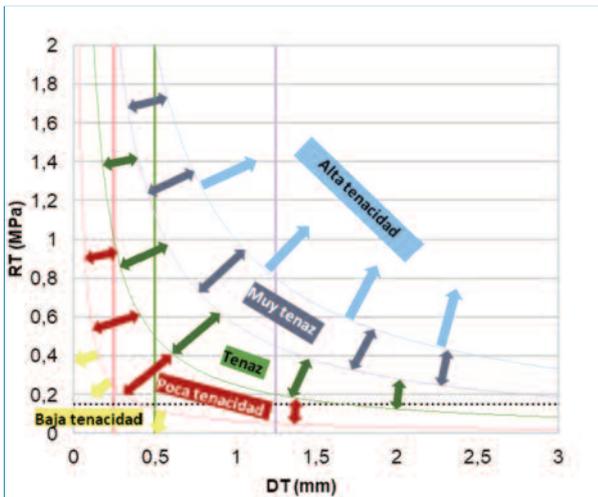


Figura 5. Diagrama Fénix con las zonas de tenacidad.

BIBLIOGRAFÍA

- NLT-383/25. Evaluación de la resistencia, tenacidad, ductilidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo Fénix.

El ensayo Fénix es un ensayo sencillo que permite evaluar propiedades de las mezclas bituminosas que no se medían anteriormente. En estas propiedades el ligante que se utiliza tiene una gran influencia, y en este ensayo se obtienen valores distintos en función del ligante utilizado. Esto supone una novedad que puede aplicarse para el diseño y control de las MB

#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



EVENTOS
VR / 3D

EVENTOS EN REALIDAD VIRTUAL 3D

itafec incorpora la tecnología de realidad virtual (VR / 3D) a los eventos técnicos para conectar mejor a los profesionales del sector. Ahora el contacto personal, gracias a un avatar personalizado, es perfectamente posible así como las acciones comerciales, el desarrollo de stands virtuales, reuniones privadas, etc... y todo ello con un sonido 3D totalmente compatible con emisión en streaming HD.

1 Conferencias **2 Exposiciones** **3 Networking**

Estands virtuales multimedia · e-posters · presentaciones interactivas · encuentros profesionales · salas de reuniones online · auditorios virtuales · aulas digitales · espacios lúdicos y formales para interacción y networking · agenda digital de contacto de asistentes

 **itafec.com, motor de transformación digital**

realidadvirtual@itafec.com

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

Jorge Payá Herrero
jorge.paya@iie.upv.es
Abdelrahman H. Hassan
ahassan@iie.upv.es

José Ramón Albert García
jralbert@pavasal.com

El planeta se encamina cada vez más rápidamente hacia una economía neutra en carbono, por lo que cualquier solución que minimice la emisión de gases de efecto invernadero (GEIs) es un paso más hacia ese objetivo.

En las industrias existen numerosos procesos que consumen energía, que parte de la misma se desaprovecha en forma de calor. Esta energía proviene en su gran mayoría de combustibles fósiles, por lo que es necesario implementar una reutilización de dicha energía en los procesos productivos con el fin de reducir el consumo de dichos combustibles.

En la producción de mezclas asfálticas en caliente y semicaliente, se produce un proceso de calentamiento de los áridos, resultando un exceso de calor residual que es eliminado a través de las chimeneas. Este calor es posible emplearlo en otros procesos que también necesitan de combustibles fósiles para elevar la temperatura, reduciendo así su consumo.

Actualmente, existen proyectos de investigación financiados por Europa que pretenden maximizar esta recuperación de calor mediante el empleo de bombas de calor de alta eficiencia, siendo uno de ellos el proyecto PUSH2HEAT, donde participa como socio la Universidad Politécnica de Valencia y donde PAVASAL, una empresa experta en producción de mezclas bituminosas, ha participado en la generación de un caso de uso a mezclas asfálticas.

En el presente caso de estudio, se plantea una solución económicamente viable que pretende la recuperación de calor residual mediante el uso de una tecnologías de recuperación calor de alta eficiencia. El objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción de mezclas asfálticas, con el fin de minimizar el impacto asociado de dichas emisiones.

Este trabajo fue presentado en el XXII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (CILA), celebrado en Granada los días 22 al 26 de abril de 2024.

Palabras Clave: Recuperación calor, reducción emisiones, medioambientalmente sostenible

The planet is rapidly moving toward a carbon-neutral economy, so any solution that minimizes greenhouse gas (GHG) emissions is a step closer to that goal. In industry, there are numerous energy-consuming processes, and a portion of that energy is wasted as heat. Most of this energy comes from fossil fuels, which makes it necessary to implement energy reuse strategies within production processes in order to reduce fossil fuel consumption. In the production of hot and warm mix asphalt, aggregates are heated, generating excess residual heat that is released through chimneys. This heat can be reused in other processes that also require fossil fuels to increase temperature, thus reducing their

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

consumption. Currently, there are research projects funded by the European Union aiming to maximize this heat recovery using high-efficiency heat pumps. One such project is PUSH2HEAT, in which the Polytechnic University of Valencia is a partner. PAVASAL, a company specializing in bituminous mix production, has contributed by developing a use case involving asphalt mixtures. This case study presents a financially viable solution for recovering residual heat using high-efficiency heat recovery technologies. The goal is to reduce greenhouse gas emissions in the asphalt production process to minimize the associated environmental impact. This work was presented at the XXII Ibero-Latin American Asphalt Congress (CILA), held in Granada from April 22 to 26, 2024.

Keywords: Heat recovery, GEI reduction, environmentally sustainable

1. INTRODUCCIÓN

Hacer de Europa la primera economía circular, climáticamente neutral y sostenible digitalmente para 2050, requiere una profunda transformación de sus sistemas de movilidad, energía, construcción y producción [1]. La industria es uno de los mayores consumidores de energía (28%) y contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero (30%) [2] a nivel mundial. La transición energética necesaria de los combustibles fósiles a energías renovables neutras en carbono es una gran oportunidad para la industria europea para crear crecimiento inclusivo y empleo en los Estados miembros y países asociados, reducir los costos para los consumidores, disminuir la dependencia de importaciones de la UE y redirigir las inversiones hacia una infraestructura inteligente y sostenible. A nivel global, como se puede observar en la Figura 1, el 74% de la demanda de energía industrial se destina al calor de proceso, con el 52% de esa energía requerida a niveles bajos y medios de temperatura [3]. La demanda de calor global total se estima que aumentará de aproximadamente 50,000 TWhth en 2020 a 56,600 TWhth para 2050, siendo su principal impulsor el calor de proceso industrial [4]. La combinación de empleo de energías renovables con bombas de calor eléctricas de alta eficiencia (HP) para mejorar el exceso de calor será una solución fundamental para la transición industrial de calor hacia la descarbonización.

En consecuencia, el empleo de tecnologías de alta eficiencia para mejorar la recuperación de calor residual será una solución para la transición industrial hacia la descarbonización. Sin embargo, el estado actual de la tecnología, principalmente las bombas de calor convencionales, no satisface actualmente las necesidades de la

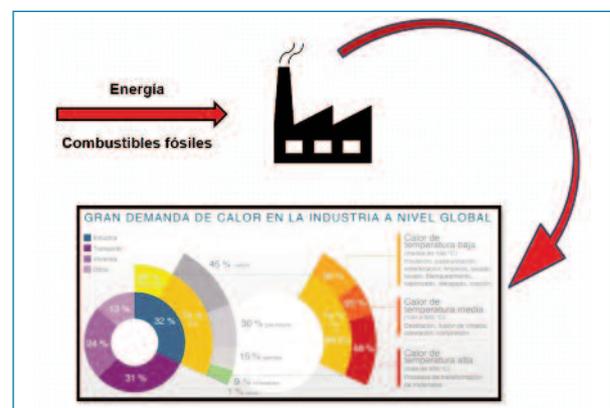


Figura 1. Demanda de calor en la industria a nivel global.

industria, Las bombas de calor comercialmente disponibles no pueden suministrar procesos con calor de hasta 160°C y/o son de pequeño tamaño y potencia, no han sido suficientemente probadas y demostradas en entornos operativos ampliados debido al desafío complejo de adaptarlas a la estructura específica de demanda de calor de cada industria (por ejemplo, ratios de carga base variables y estacionalidad de la demanda de calor) y los correspondientes costos de capital (CAPEX) y operación (OPEX) no las hacen lo suficientemente atractivas. Además, su acoplamiento en sistemas híbridos altamente eficientes con fuentes de calor renovables, como el calor solar térmico y el exceso de calor industrial, no ha sido suficientemente investigado a escala industrial y carece de herramientas de optimización holística tanto para el diseño como para la operación, con el fin de abordar la necesidad de un sistema flexible que garantice el suministro de energía de la industria. Además, los modelos de negocio innovadores para la comercialización y financiación de bombas de calor eléctricas de alta eficiencia en combinación con energías renovables y exceso de ca-

lor están todavía en una etapa inicial de desarrollo, mientras que las barreras legales, regulatorias y socioeconómicas para abordar las barreras de aceptación son importantes. Por lo tanto, es necesario idear nuevos acuerdos contractuales entre proveedores de tecnología, fabricantes y financiadores, pero también con otros actores involucrados (por ejemplo, dentro de las plantas industriales, con otras plantas vecinas o redes de calefacción), teniendo en cuenta el enfoque de nuevos centros para la circularidad y proponer medidas eficientes para superar posibles barreras regulatorias, técnicas, económicas, financieras y de riesgo.

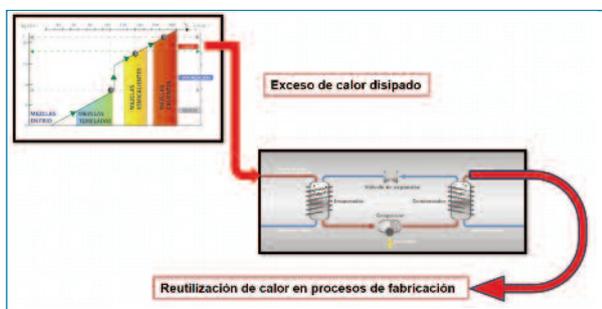


Figura 2. Reutilización de calor en la producción de mezclas asfálticas

Para ayudar a acoplar este tipo de tecnologías, actualmente existen proyectos de investigación financiados por Europa que pretenden maximizar esta recuperación de calor mediante el empleo de bombas de calor de alta eficiencia, incrementando el valor del coeficiente de operatividad o coeficiente de rendimiento (COP) de una bomba de calor siendo está la razón entre el calentamiento o enfriamiento proporcionado y la electricidad consumida, ya que coeficiente mayores equivalen a menores costes operativos. [5]

2.PROYECTO PUSH2HEAT

Con este objetivo, nace el proyecto PUSH2HEAT. Éste es un proyecto financiado por la Unión Europea a través del programa Horizonte Europa y que tiene como objetivo abordar las barreras técnicas, económicas y regulatorias que impiden que las tecnologías de mejora del calor de las bombas de calor se desplieguen ampliamente.

Entre sus objetivos se encuentran:

1. Desarrollo a escala completa de tecnologías de mejora de calor para asegurar una integración optimizada en los procesos industriales.
2. Demostración de sistemas de mejora de calor industriales a escala completa.
3. Desarrollo de hojas de ruta de explotación exitosas, modelos de negocio y acuerdos contractuales para la implementación de tecnologías de mejora de calor.
4. Evaluación del impacto ambiental y económico.
5. Difusión del trabajo de PUSH2HEAT y resultados críticos.



Figura 2. Reutilización de calor en la producción de mezclas asfálticas

Para lograr los objetivos, lo hace escalando cuatro tecnologías diferentes de mejora de recuperación de calor (cuyas temperaturas de suministro van desde 90 °C hasta 160 °C) para optimizar su eficiencia y rendimiento económico, centrandose en integrarlas en los sectores industriales relevantes. Las tecnologías y los sectores son:

1. Mejora del calor residual del proceso mediante una bomba de calor de compresión de vapor con compresores de pistón en la industria papelera.
2. Mejora del calor residual de calor y energía combinados (CHP) mediante una bomba de calor de compresión de vapor con compresores turbo en la industria papelera.
3. Mejora del calor residual del proceso y CHP mediante una bomba de calor de absorción en una planta química.
4. Monitorización a largo plazo de una bomba de calor termoquímica en un sitio de demostración in-

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

dustrial ya existente, con pruebas adicionales en la industria química.

En este proyecto, participa como socio la Universidad Politécnica de Valencia, a través del Instituto de Ingeniería Energética, que contactó con la empresa con el fin de extrapolar los resultados obtenidos en el proyecto a través de la generación de un nuevo caso de uso, debido a la ideal casuística que tiene la empresa al ser productora de mezclas asfálticas y por lo tanto, consumidora de energía y con exceso de calor residual en el proceso productivo.

3. OBJETIVOS

En el presente caso de estudio teórico, se plantea soluciones económica y medioambientalmente viables que pretenden la recuperación de calor residual mediante el uso de técnicas de recuperación de calor de alta eficiencia para su reutilización en el proceso de producción de las mezclas.

El objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción de mezclas asfálticas, con el fin de minimizar el impacto asociado de dichas emisiones, tanto desde el punto de vista medioambiental como económico a medio plazo, bajo la suposición de una legislación sobre emisiones cada vez más restrictiva asociada al camino que pretende seguir la Unión Europea.

4. DATOS PARA LA EVALUACIÓN

La empresa suministró los datos que alimentarían al sistema de evaluación, incluidos en la Figura 4, donde se analizaba el consumo energético para producir una tonelada de asfalto. Las cantidades positivas indican calor generado o calor disponible no utilizado, y los negativos indican consumo de calor.

Los resultados obtenidos del proceso indicaba que el calor recuperado por los gases emitidos en la producción de asfalto, con las tecnologías actuales de recuperación de calor, no es capaz de proporcionar el calor necesario para calentar uno de los componentes en la producción de mezclas asfálticas, el betún necesario en la producción anual, por lo que es necesario emplear tecnologías

Proceso	Parámetro	Valor	Unidad
Quemador	\dot{m}_{gas}	4.55	Kg/ton _{asf}
	η	95	%
	CFI _{gas}	55080	KJ/kg _{gas}
	Energía	66.13	kWh
Calentar filler	\dot{m}	35	Kg/ton _{asf}
	C_p	1.1	KJ/kg K
	ΔT	140	K
	Energía	-1.5	kWh
Calentar áridos	\dot{m}	78.9	Kg/ton _{asf}
	C_p	1.1	KJ/kg K
	ΔT	140	K
	Energía	-33.45	kWh
Evaporación humedad	\dot{m}	41.2	kg
	ΔT	140	K
	Energía	-3.58	kWh
	$h_{v@1 atm}$	2257	KJ/kg
	Energía latente	-25.8	kWh
Gases	Energía total	-29.36	kWh
	T_{gas}	108	C
	\dot{m}_{med}	37	ton/h
	Perdidas calor	10	%
Caldera betón	\dot{m}_{gas}	0.18	Kg/ton _{asf}
	η	95	%
	CFI _{gas}	55080	KJ/kg _{gas}
	Energía	2.34	kWh
Calentar betón	\dot{m}	42	Kg/ton _{asf}
	C_p	0.9	KJ/kg K
	ΔT	140	K
	Energía	-1.5	kWh
Gases caldera	T_{gas}	227	C
	\dot{m}_{med}	2	ton/h
	Perdidas calor	10	%
	Energía	0.76	kWh

Figura 4. Datos de producción de una tonelada de asfalto

adicionales con el fin de obtener un proceso viable tanto económica como medioambientalmente y por ello, se evaluaron 4 tipo de tecnologías:

- o Bomba de calor (High Temperature Heat Pump o HTHP) con caldera (Gas Boiler o GB)
- o Bomba de calor con tubos de vacío (Solar Vacuum Tubes o SVT)
- o Transformador de calor por absorción (Adsorption Heat Transformer o AHT) con caldera
- o Transformador de calor por absorción con tubos de vacío

Donde la fuente de calor para los elementos de recuperación de calor serían una combinación de recuperación de calor excedente de los gases emitidos, así como calor solar concentrado a través de tubos de vacío o una caldera, con el fin de proporcionar una fuente de calor estable para la bomba de calor.

En la Figura 5 se muestra los principales parámetros fijos utilizados para el análisis técnico-económico en este estudio, como son los costes CAPEX de los elementos a evaluar, horas de trabajo, datos de eficiencia, e incluso, el coste de las emisiones de CO₂ a precio actual (octubre 2023), aunque sabemos que este coste se incrementará, viendo la tendencia de los datos.

Parámetro	Valor	Unidad
Coste específico de la caldera	70	€/kWt
Eficiencia caldera	85	%
CAPEX Bomba calor	700	€/kWt
Refrigerante bomba calor	100	kg
GWP	2	-
Fugas anuales	10	%
Factor recuperación refrigerante	95	%
CAPEX AHT	960	€/kWt
CAPEX tubos vacío	1500	€/m ²
Costes mantenimiento GB, HTHP y SVT**	2	%
Coste mantenimiento AHT**	3	%
Emisiones CO ₂ de la electricidad ₁	0,217	kg-CO ₂ /kWhe
Emisiones CO ₂ gas	0,234	kg-CO ₂ /kWht
Coste de emisiones de CO ₂ *	87,9	€/ton-CO ₂
Horas de trabajo anuales plantas*	2200	h
Amortización	20	yr
Tasa de interés	5	%
Tasa inflación***	3	%

Figura 5. Principales parámetros fijos utilizados para el análisis técnico-económico

Hemos supuesto el estudio económico tanto contabilizando el pago por emisiones como sin él.

5. RESULTADOS ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES

5.1 Bomba de calor con caldera (HTHP+GB)

En este escenario (HTHP+GB), se evalúa la integración del HTHP en el proceso. Cualquier déficit en producción de calor es cubierto por la caldera de gas. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 6, que resume el análisis técnico-económico para este escenario después del primer año de funcionamiento y dentro de la vida útil de la inversión (20 años).

Estos resultados demuestran que el HTHP no es capaz de cubrir el total de calor requerido, existiendo un déficit de ≈47,3%, el cual es cubierto por la caldera de gas. El escenario HTHP+GB tiene un periodo de retorno que alcanza los 19,60 años. Como se puede observar en

la Figura 7, todos los valores son negativos, tanto contabilizando el pago por emisiones como sin contabilizarlas, lo que indica la no rentabilidad del escenario HTHP+GB según los supuestos actuales.

5.2 Bomba de calor con tubos de vacío (HTHP+SVT)

En este escenario (HTHP+SVT), se evalúa la integración de HTHP en el proceso, y cualquier déficit en la producción de calor será cubierta por la tecnología de tubos de vacío (SVT). Como se mencionaba en el escenario anterior, el déficit de calor es ≈47,3%. En base a esto y considerando la media de irradiación solar al día en la zona de evaluación, para cubrir el resto de la demanda de calor se requeriría una superficie de 529 m². Sin embargo, hay que tener en cuenta que el principal factor que puede afectar a la rentabilidad de esta configuración es el alto CAPEX específico (que incluye el equipamiento y costes de instalación) del sistema SVT, que podrían alcanzar

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

Tecnología	Parámetro	Valor	Udidad
HTHP	Producción de calor anual	0,53	TWh
	Déficit de calor	47,3	%
	Consumo de energía anual	0,18	TWh
	Emisión CO ₂ anual	39,2	ton-CO ₂
	Coste energía anual	41,533.3	€
	Coste de mantenimiento anual	3,383.8	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	3,446.2	€
	CAPEX	169,188.2	€
	OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	48,363.3	€
	OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	44,917.1	€
GB	Producción de calor anual	0,48	TWh
	Consumo de energía anual	0,56	TWh
	Emisión CO ₂ anual	132	ton-CO ₂
	Coste energía anual	39,370.1	€
	Coste de mantenimiento anual	304	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	11,568.4	€
	CAPEX	0	€
	OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	51,242.5	€
	OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	39,674.1	€
HTPT+GB	Total OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	99,605.8	€
	Total OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	84,591.4	€
	Total CAPEX	169,188.2	€
	OPEX ahorrado con emisiones primer año	8,632.1	€
	OPEX ahorrado sin emisiones primer año	—**	€
	SPP con emisiones	19,6	año
	SPP sin emisiones	—**	año
	DPP con emisiones	—**	año
	ROI con emisiones	—**	%
	LCOH con emisiones	0,13	€/kWh
	DPP sin emisiones	—**	año
	ROI sin emisiones	—**	%
	LCOH sin emisiones	0,11	€/kWh

Figura 6. Datos técnico económicos de la solución HTPT+GB (SPP-Simple Payback Period- Período de recuperación simple, DPP: Discounted Payback Period-Período de recuperación descontado, LCOH: Levelized Cost Of Heat-Coste nivelado del calor, ROI: Return On Investment-Retorno de la inversión)

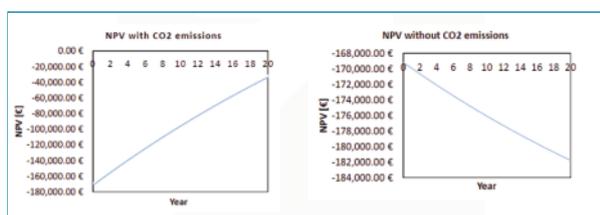


Figura 7. Retorno de la inversión de la solución HTPT+GB

los 1.500 €/m². Los datos del análisis se muestran en la Figura 8.

Si observamos los retornos de la inversión en la Figura 9, al ser una tecnología mucho más cara que el empleo de la caldera, los retornos de inversión serían de 21,9

años si se incluye el coste de las emisiones de CO₂ y de 49,1 años si no se incluye; es decir, significa que no hay rentabilidad dentro de la vida útil determinada de la inversión.

5.3 Transformador de calor por absorción con caldera (AHT+GB)

En este escenario, el HTHP eléctrico convencional se reemplaza por un transformador de calor por absorción (AHT). Esta tecnología reemplaza al compresor mecánico con uno térmico. El principio fundamental de funcionamiento de AHT es que algunas sustancias tienen la

Tecnología	Parámetro	Valor	Udidad
HTHP	Producción de calor anual	0,53	TWh
	Déficit de calor	47,3	%
	Consumo de energía anual	0,18	TWh
	Emisión CO ₂ anual	39,2	ton-CO ₂
	Coste energía anual	41,533.3	€
	Coste de mantenimiento anual	3,383.8	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	3,446.2	€
	CAPEX	169,188.2	€
	OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	48,363.3	€
	OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	44,917.1	€
SVT	Producción de calor anual	0,48	TWh
	Consumo de energía anual	0	TWh
	Emisión CO ₂ anual	0	ton-CO ₂
	Coste energía anual	0	€
	Coste de mantenimiento anual	15,858.1	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	0	€
	CAPEX	792,906.3	€
	OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	15,858.1	€
	OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	15,858.1	€
HTPT+SVT	Total OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	64,221.4	€
	Total OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	60,775.2	€
	Total CAPEX	962,094.5	€
	OPEX ahorrado con emisiones primer año	44,016.7	€
	OPEX ahorrado sin emisiones primer año	19,581.2	€
	SPP con emisiones	21,9	año
	SPP sin emisiones	49,1	año
	DPP con emisiones	—**	año
	ROI con emisiones	—**	%
	LCOH con emisiones	0,15	€/kWh
	DPP sin emisiones	—**	año
	ROI sin emisiones	—**	%
	LCOH sin emisiones	0,14	€/kWh

Figura 8. Datos técnico económicos de la solución HTPT+SVT(SPP-Simple Payback Period- Periodo de recuperación simple, DPP:Discounted Payback Period-Periodo de recuperación descontado, LCOH: Levelized Cost Of Heat-Coste nivelado del calor, ROI: Return On Investment-Retorno de la inversión)

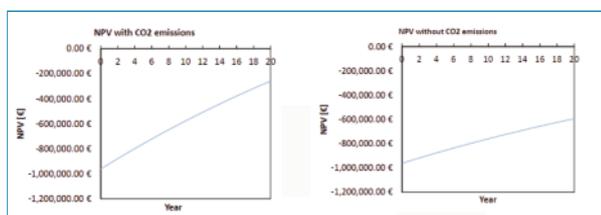


Figura 9: Retorno de la inversión de la solución HTPT+SVT

tendencia a absorber otras sustancias, como es el caso de la absorción de vapor de agua por una solución de bromuro de litio, absorbiendo energía. Este sistema es más complejo en cuanto a su instalación y operación y necesita más calor residual para funcionar de manera eficiente en comparación con el HTHP convencional.

Esta complejidad se refleja en incrementar el costo de mantenimiento al 3% en lugar del 2% en el caso de HTHP, GB y SVT, sin embargo, el consumo eléctrico del AHT es muy bajo comparado con el HTHP empleado principalmente para accionar las bombas de circulación, por lo que el COP relativo al consumo eléctrico es muy alto, en el rango de 30. Por el contrario, el AHT necesita una gran cantidad de calor residual para satisfacer la demanda de calor, por lo que, según el incremento de temperatura dado entre la fuente y el disipador, el COP en relación con la capacidad térmica de la fuente debe estar en el rango de 0,49, obteniendo un déficit de calor del 83% respecto a la bomba de calor convencional. Como en el caso de HTHP+GB, el déficit de demanda de

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

calor se cubre con un GB. Los resultados del análisis se muestran en la Figura 10.

Si observamos los retorno de la inversión, la configuración AHT+GB tiene un retorno de 5,1 años, teniendo en cuenta el coste de las emisiones de CO₂, y de 7,0 años si este costo se desprecia, por lo que esta tecnología si es rentable económicamente en un plazo de tiempo aceptable, incluso si se desprecia el pago por emisiones de un futuro próximo, como se puede observar en la Figura 11.

5.4 Transformador de calor por absorción con tubos de vacío (AHT+SVT)

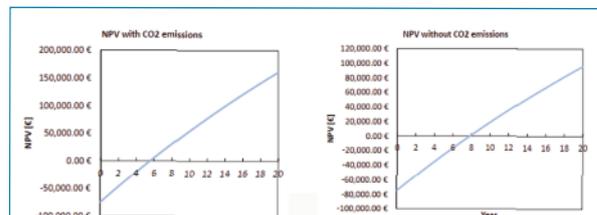


Figura 11. Retorno de la inversión de la solución AHT+GB

Como último estudio, se evalúa el uso de tubos de vacío con el uso de AHT. En esta configuración, se utiliza el SVT en lugar del GB para cubrir el déficit del 83% en la demanda de calor. Según la irradiación solar diaria en la zona de estudio, la superficie requerida de tubos de vacío debería ser de 926 m², lo que es un 75 % más que

Tecnología	Parametro	Valor	Udidad
AHT	Producción de calor anual	0,17	TWh
	Déficit de calor	83	%
	Consumo de energía anual	0,0057	TWh
	Emisión CO ₂ anual	1,24	ton-CO ₂
	Coste energía anual	1,319.0	€
	Coste de mantenimiento anual	2,251.3	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	109,4	€
	CAPEX	75,042.8	€
	OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	3,679.7	€
	OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	3,570.5	€
GB	Producción de calor anual	0,84	TWh
	Consumo de energía anual	0,99	TWh
	Emisión CO ₂ anual	230,6	ton-CO ₂
	Coste energía anual	68,989.9	€
	Coste de mantenimiento anual	533,1	€
	Coste emisiones CO ₂ anual	20,271.8	€
	CAPEX	0	€
	OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	89,794.8	€
OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	69,523.0	€	
AHT+GB	Total OPEX con emisiones de CO ₂ después de primer año	93,474.5	€
	Total OPEX sin emisiones de CO ₂ después del primer año	73,093.5	€
	Total CAPEX	75,042.8	€
	OPEX ahorrado con emisiones primer año	14,763.5	€
	OPEX ahorrado sin emisiones primer año	10,709.2	€
	SPP con emisiones	5,1	año
	SPP sin emisiones	7	año
	DPP con emisiones	5,6	año
	ROI con emisiones	16,2	%
	LCOH con emisiones	0,12	€/kWh
	DPP sin emisiones	7,9	año
ROI sin emisiones	16	%	
LCOH sin emisiones	0,09	€/kWh	

Figura 10. Datos técnico económicos de la solución AHT+GB(SPP-Simple Payback Period- Periodo de recuperación simple, DPP:Discounted Payback Period-Periodo de recuperación descontado, LCOH: Levelized Cost Of Heat-Coste nivelado del calor, ROI: Return On Investment-Retorno de la inversión)

la superficie requerida de los tubos de vacío utilizados en la configuración HTHP+SVT. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 12.

Si observamos los retornos de la inversión mostrados en la Figura 13, al ser una tecnología mucho más cara que el empleo de la caldera y como en el caso estudiado con el HTPT, los retornos de inversión serían de 19,1 años si se incluye el coste de las emisiones de CO2 y de 28 años si no se incluye; es decir, significa que no hay rentabilidad dentro de la vida útil determinada de la inversión.

Sin embargo, es la solución medioambiental más viable, ya que elimina el 99.5% de las emisiones, situación

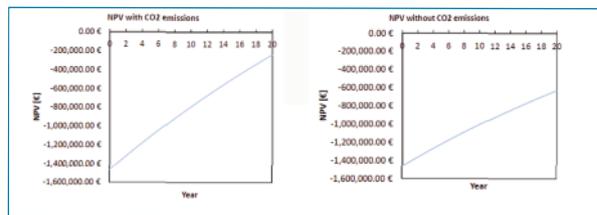


Figura 13: Retorno de la inversión de la solución AHT+SVT

que habrá que tener en cuenta si los precios por emisión se incrementan.

6. CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS

Existe una gran cantidad de calor desaprovechada en

Tecnología	Parámetro	Valor	Udidad
AHT	Producción de calor anual	0,17	TWh
	Déficit de calor	83	%
	Consumo de energía anual	0,0057	TWh
	Emisión CO2 anual	1,24	ton-CO2
	Coste energía anual	1,319.0	€
	Coste de mantenimiento anual	2,251.3	€
	Coste emisiones CO2 anual	109,4	€
	CAPEX	75,042.8	€
	OPEX con emisiones de CO2 después de primer año	3,679.7	€
	OPEX sin emisiones de CO2 después del primer año	3,570.5	€
SVT	Producción de calor anual	0,84	TWh
	Consumo de energía anual	0	TWh
	Emisión CO2 anual	0	ton-CO2
	Coste energía anual	0	€
	Coste de mantenimiento anual	27,788.9	€
	Coste emisiones CO2 anual	0	€
	CAPEX	1,389,444.7	€
	OPEX con emisiones de CO2 después de primer año	27,788.9	€
	OPEX sin emisiones de CO2 después del primer año	27,788.9	€
	AHT+SVT	Total OPEX con emisiones de CO2 después de primer año	31,468.6
Total OPEX sin emisiones de CO2 después del primer año		31,359.4	€
Total CAPEX		1,464,487.5	€
OPEX ahorrado con emisiones primer año		76,769.5	€
OPEX ahorrado sin emisiones primer año		52,443.2	€
SPP con emisiones		19,1	año
SPP sin emisiones		28	año
DPP con emisiones		—**	año
ROI con emisiones		—**	%
LCOH con emisiones		0,14	€/kWh
DPP sin emisiones		—**	año
ROI sin emisiones		—**	%
LCOH sin emisiones	0,14	€/kWh	

Figura 12. Datos técnico económicos de la solución AHT+SVT(SPP-Simple Payback Period-Periodo de recuperación simple, DPP:Discounted Payback Period-Periodo de recuperación descontado, LCOH: Levelized Cost Of Heat-Coste nivelado del calor, ROI: Return On Investment-Retorno de la inversión)

Aprovechamiento de calor residual mediante tecnología de bomba de calor. Caso de uso en planta de producción de mezclas asfálticas

las industrias manufactureras y en este estudio se analizaron cuatro configuraciones diferentes para evaluar su aprovechamiento: bomba de calor con respaldo de caldera (HTHP+GB), bomba de calor con respaldo de tubos de concentración solar de vacío (HTHP+SVT), transformador de calor por absorción con respaldo de caldera (AHT+GB) y transformador de calor por absorción con respaldo de tubos de concentración solar de vacío (AHT+SVT). El resumen de este estudio se resume a continuación. Donde se incluyen los SPP (periodo de recuperación simple) y DPP (periodo de recuperación descontado). La diferencia clave entre el SPP y el DPP radica en cómo contabilizan el valor temporal del dinero. El SPP simplemente calcula el tiempo que tarda la inversión inicial en recuperarse mediante las entradas de efectivo. El DPP, por otro lado, descuenta los flujos de efectivo futuros a su valor presente antes de calcular el periodo de recuperación, lo que refleja que el dinero de hoy vale más que el de mañana.:

- Desde el punto de vista de la viabilidad y facilidad de integración en el proceso actual, la configuración HTHP+GB es la mejor opción. El HTHP cubre el 52,7% de la demanda total de calor mientras que la caldera de gas actual se utiliza para cubrir el resto. El CAPEX total de esta configuración es de 169.188,2 euros y ahorra hasta un 38% de emisiones de CO₂ al año. Sin embargo, tiene un largo SPP de 19,6 años y valores DPP y ROI negativos.
- Desde un punto de vista económico, la AHT+GB es la mejor configuración. En este caso, el AHT cubre sólo el 17% de la demanda de calor, mientras que GB cubre el resto. El CAPEX total de esta configuración cuesta 75.042,8 euros y ahorra hasta un 17% de emisiones de CO₂ al año. Sin embargo, tiene un SPP razonable de 5,1 años, un DPP de 5,6 años y un ROI del 16,2%.
- Desde un punto de vista medioambiental, el AHT+SVT se considera la mejor solución. Sin embargo, necesita una superficie total para tubos de vacío ≈926 m². Esta configuración tiene un CAPEX total de 1.389.444,7 euros y ahorra hasta un 99,5% de emisiones de CO₂ al año. Sin embargo, tiene un valor SPP muy largo de 19,1 años y valores DPP y ROI negativos.

- Se sigue investigando en los proyectos de investigación, tecnologías que incrementen el rendimiento de COP para mejorar rendimientos medioambientales y económicos.

Los autores Jorge Payá Herrero y Abdelrahman H. Hassan, desean agradecer a la Unión Europea, ya que el proyecto PUSH2HEAT ha recibido financiación del Programa de Investigación e Innovación Horizonte Europa de la Unión Europea en virtud del Acuerdo de subvención nº 101069689.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en; (b) KfW Research (2021), Transitioning to climate neutrality by 2050: a major challenge for German industry. (c) Agora Energiewende and Wuppertal Institute (2020): Breakthrough strategies for climate-neutral industry in Europe: Policy & technology pathways for Raising EU Climate Ambition.
- [2] Fostering Renewable Energy integration in the industry, IEA RE TCP 2017
- [3] Solar Paypack, 2017, based on IEA statistics and calculation by IRENA, www.solarpaces.org/new-iea-report/
- [4] Keiner, D., Barbosa, L., Bogdavnos, D., Global-local heat demand development for the energy transition time frame up to 2050, MDPI, June 2021
- [5] https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_operatividad

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 7 de marzo al 16 de mayo de 2025.

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- EN 1426 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja
- **PNE- prEN 1427 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento. Método del anillo y bola
- **PNE- EN 12594 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Preparación de las muestras de ensayo
- **PNE- EN 12597 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Terminología
- **PNE- EN 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- prEN 15626 (Última publicación año 2016). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de los ligantes bituminosos fluidificados y flu-xados
- **PNE- prEN 16659 (Última publicación año 2016). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Ensayo de fluencia-recuperación bajo múltiples esfuerzos repetidos (ensayo MSCR).
- **PNE 51136 IN (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Emulsiones bituminosas. Reglas de categoría de producto.

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

NORMATIVA APROBADA

- **UNE-EN 13880-3 (Publicada en MAYO DE 2025).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 3: Métodos de ensayo para la determinación de la penetración y la recuperación (resiliencia)
- **UNE-EN 13880-4 (Publicada en MAYO DE 2025).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 4: Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia al calor. Variación de la penetración

Secciones fijas

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 12272-1 (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 1: Índice y regularidad de la dispersión del ligante y de las gravillas.
- **PNE-prEN 12272-3 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la adhesión entre ligante y árido por el método de ensayo de choque de la placa Vialit
- **PNE-EN 12697-2 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **PNE-prEN 12697-3 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3 Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- **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 12697-10 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-EN 12697-13 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **PNE-EN 12697-16 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-prEN 12697-17 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de probetas de mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-prEN 12697-18 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento de ligante
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista
- **PNE-prEN 12697-23 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-27 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras
- **PNE-EN 12697-31 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Métodos de ensayo. Parte 31: Preparación de la muestra mediante el compactador giratorio.
- **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

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **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-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial cortante
- **PNE-FprCEN/TS 12697-52 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para determinar el envejecimiento oxidativo
- **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-prEN ISO 13473-5 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 5: Determinación de la megatextura.
- **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-prEN 13036-8 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación de los índices de regularidad superficial transversal
- **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
- **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 ISO 13473-5 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 5: Determinación de la megatextura

Secciones fijas

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 13880-11 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 11: Método de ensayo para la preparación de bloques de mezcla bituminosa.
- **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 APROBADA

- **UNE-EN 933-6 (Publicada en ABRIL DE 2025).** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **UNE-EN 1097-1 (Publicada en ABRIL DE 2025).** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
- **UNE-EN 1097-6 (Publicada en ABRIL DE 2025).** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **UNE-EN 1097-7 (Publicada en ABRIL DE 2025).** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **UNE-EN 1744-4 (Publicada en ABRIL DE 2025).** 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

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-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-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. Pat 2: Complementary information

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Para cada uno de los Comités desde la última publicación han tenido lugar las siguientes actualizaciones:

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

- Se está llevando a cabo la redacción de una norma española para definir las reglas de categorías de producto para las emulsiones bituminosas (PNE 51136)

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC2)

- Se han incorporado para revisión las siguientes normas: 12697-10 (compactibilidad), 12697-13 (medida de la temperatura), 12697-17 (pérdida de partículas), 12697-18, 12697-23 (medida de la tracción indirecta) y 12697-27 (toma de muestras)

Áridos (Comité Técnico AEN/CTN 146/SC3)

- Se han aprobado la siguiente relación de normas: 933-6 (evaluación de las características superficiales de los áridos mediante el coeficiente de flujo de los áridos), método de tamizado), 1097-1 (medida de la resistencia al desgaste por el método Micro Deval), 1097-6 (densidad de partículas y absorción de agua), 1097-7 (densidad de las partículas por el método del picnómetro) y 1744-4 (medida de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas)

Mecánica Científica S.a.



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

MODELOS:

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

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

Analizador especial para mezclas asfálticas modificadas con «goma»

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



Mezcladora en caliente de aglomerado asfáltico

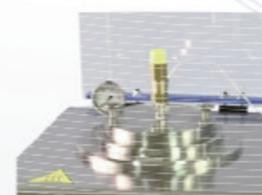
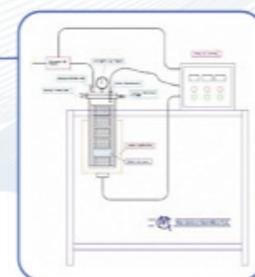
Dispone de un recipiente de mezclado de 40 cm. de Ø y 22 cm. de alto (medidas interiores) construido en chapa de acero cincado con doble pared con aislamiento térmico y calefactado por resistencias, con una potencia total de 3.000 W. La temperatura de amasado se controla por medio de un termostato incorporado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

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

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

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

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



LÍDER EN CALIDAD Y SERVICIO POST VENTA

MÁS DE 50 AÑOS

FABRICANDO EQUIPOS DE ENSAYO

PARA INGENIERÍA CIVIL

 C/ Fundidores, 14 - Pol. Ind. «Los Ángeles»
 28906 Getafe (Madrid - España)

 (+34) 91 696 21 15 / 91 696 24 15

 comercial@mecacisa.com
 www.mecacisa.com

Compactador de rodillo electromecánico (EN 12697-33)

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

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



Equipos para ensayos dinámicos universales servoneumáticos y electromecánicos

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



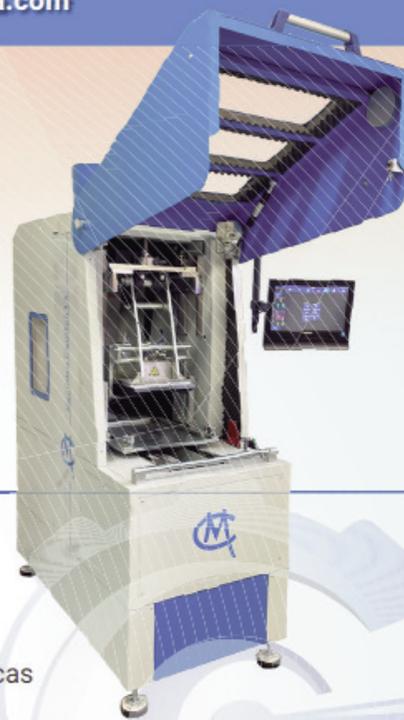
Para materiales bituminosos los métodos de ensayo incluyen:

Módulo: EN 12697-26 Anexo C; ASTM D4123; AASHTO TP31; AASHTO TP62.

Deformación permanente: EN 12697-25 métodos A y B.

Fatiga: EN 12697-24 Anexo E.

Ensayos de rendimiento simples: Dynamic modulus; flow number; NCHRP9-19; NCHRP9-29.



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

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

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



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

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

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

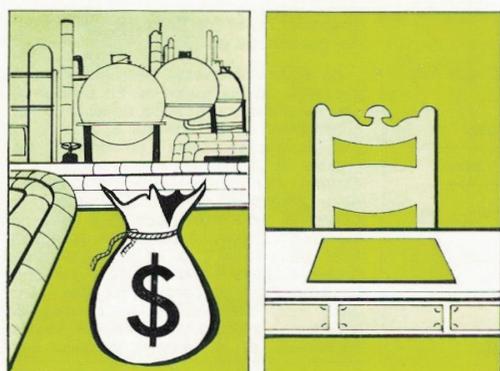
Todas las prensas cuentan con motor de última generación gobernado por un sistema electrónico que confiere al equipo un control suave y preciso por carga y desplazamiento.



LÍDER EN DURABILIDAD DE LOS EQUIPOS

Mirando al pasado

Documento publicado en enero- febrero de 1974.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Redactamos este comentario a mediados de enero de 1974, y en la actualidad se marcan dos hechos básicos que pueden justificar un comentario.

El primero lo constituye, dentro del cuadro de los relevos generales en el Gobierno, los que han tenido lugar en el Ministerio de Obras Públicas y en la Dirección General de Carreteras. Lo único que se puede decir a este particular es que de la experiencia y larga vinculación, tanto del nuevo Ministro como del nuevo Director General de Carreteras, con los problemas de las carreteras y el tráfico españoles, se pueden esperar en el futuro

grandes beneficios para nuestra red viaria. Tal como ya hemos indicado en estas páginas en repetidas ocasiones, la labor que se ha realizado en las carreteras españolas en los últimos años es ciertamente ingente, pero eran tan grandes los problemas que aún están muy lejos de encontrarse totalmente resueltos, y queda amplio campo para que el nuevo equipo demuestre su capacidad con unos brillantes resultados.

Otro hecho a comentar, y éste de índole puramente económica, es el incremento que, como consecuencia de la crisis mundial del petróleo, han sufrido los precios de los materiales asfálticos en todo el mundo y, naturalmente, también en España. Estos incrementos de precio repercuten evidentemente en el costo de las unidades de obra en tanto mayor cuantía cuanto más proporción de asfalto contengan, pudiendo estimarse que el costo de la tonelada de aglomerado se incrementa por este concepto aproximadamente en un 10 %.

Desgraciadamente, las circunstancias hacían totalmente imposible evitar esta subida, quedándonos el consuelo de que hay cierta seguridad de que no se producirán interrupciones en los suministros de crudo y, por consiguiente, los suministros de aglomerantes asfálticos podrán seguir realizándose con normalidad.

Esperemos que gradualmente se produzca una normalización en los mercados mundiales de productos petrolíferos, de forma que pueda evitarse la necesidad de aplicar nuevas subidas en un futuro próximo.

MEZCLAS ABIERTAS EN CALIENTE PARA CAPAS DE RODADURA

Tal como anunciábamos en el anterior número del Boletín, últimamente existe gran interés en el empleo como capa de rodadura de mezclas abiertas construidas en caliente, como consecuencia de su gran utilidad para conseguir superficies antideslizantes económicas y de gran eficacia. Sus buenas propiedades antideslizantes bajo tráfico de alta velocidad se deben principalmente a su gran porosidad, que permite el drenaje del agua y evita la compresión de ésta entre el neumático y el pavimento.

Durante los meses de marzo y abril de 1973, el Instituto del Asfalto realizó una investigación encaminada a obtener información sobre los métodos de diseño de mezclas utilizadas por los diversos Estados de los Estados Unidos para capas de rodadura delgadas de mezcla abierta. A continuación damos un resumen de la información recogida.

Procedimiento de la División de Carreteras de California

La División de Carreteras de California utiliza la siguiente fórmula para estimar el contenido de asfalto en las capas de rodadura abiertas:

Porcentaje de asfalto: $1,5 Kc + 3,5$.

Kc es el valor K para los áridos gruesos determinado en el CKE.

Se preparan mezclas de ensayo con contenidos de asfalto ligeramente por encima y por debajo del obtenido mediante la fórmula. Las muestras se mezclan a una temperatura de 110° C, se colocan en una bandeja y se dejan endurecer a temperatura ambiente durante 10 minutos. A continuación se examinan visualmente, observando la cantidad de asfalto que escurre en el fondo de la bandeja. Se selecciona un contenido de asfalto que dé lugar a que escurra de la mezcla una pequeña cantidad de asfalto, pero que no sea excesiva. La experiencia indica que los contenidos de asfalto más frecuentemente utilizados oscilan entre el 5,5 y el 6 %.

Calendario de eventos

AÑO 2025		
3-4 de junio ASEFMA	XIV Jornada Técnica de Asefma	Madrid (España) www.asefma.es
4 de junio EUROBITUMEN	Eurobitume's 9th "Open to All" Webinar: Bitumen Chemistry	Virtual www.eurobitume.eu
12 de junio ATC	Avance en firmes sostenibles	Madrid (España) www.atc-piarc.com
8-11 de julio NAPA	NAPA 2025 Midyear Meeting	Louisville (USA) www.asphaltpavement.org
11-14 de agosto ASPHALT INSTITUTE	Asphalt Institute Summer Meeting	Toronto (USA) www.asphaltinstitute.org
20-22 de agosto AMAAC	XIII Congreso mexicano del asfalto	Cancún (Méjico) www.amaac.org.mx
8-10 de septiembre NAPA	Impact leadership group conference	Georgia (USA) www.asphaltpavement.org
17-18 de septiembre NAPA	Hill Day 2025	Washington (USA) www.asphaltpavement.org
16-18 de septiembre ATC	I Jornadas de proyecto y construcción de carreteras	Sevilla (España) www.atc-piarc.com
24-25 de septiembre	4th International Conference on Asphalt 4.0 #ICA4point0	Virtual https://ica4point0.com/es/
25 de septiembre EUROBITUMEN	Bitumen Day 2025	Bern (Suiza) www.eurobitume.eu
29 de sept -1 oct NAPA	International Conference on Decarbonization of Asphalt Pavements	Chicago (USA) www.asphaltpavement.org
11 -de octubre ASEFMA	Día Mundial de la Carretera #WorldRoadDay	Virtual www.asefma.es
14-16 de octubre AEMA	Road Resource Network Bootcamp	Virtual www.aema.org
20-23 de octubre ARRA	Pavement recycling summit	Tennessee (USA) www.rra.org
25 de octubre ISSA	Roadvocate Training	Virtual www.slurry.org
28-30 de octubre EAPA	20th AfPA International Conference: Future Ready Roads	Australia www.eapa.org
29-30 -de octubre ASEFMA	XX Jornada Nacional de Asefma	Madrid (España) www.asefma.es
17-21 -de noviembre CILA	XXIII CILA	Asunción (Paraguay) www.cilacongreso.com
26-28 de noviembre EAPA	20th Colloquium on Asphalt, Bitumen and Pavements	Slovenia www.eapa.org
AÑO 2026		
11-15 de enero TRB	2026 TRB Annual Meeting	Washington (USA) www.trb.org
26-29 de enero NAPA	NAPA 2026 Annual Meeting	Phoenix (USA) www.asphaltpavement.org
10-13 de marzo PIARC	17º Congreso mundial de vialidad invernal y resiliencia de la carretera	Chambéry (Francia) www.piarc.org
11-12 de junio EAPA	3er E&E Event	Viena (Austria) www.eapa.org
AÑO 2027		
10-14 de enero TRB	2027 TRB Annual Meeting	Washington (USA) www.trb.org
4-8 de octubre PIARC	XXVIII Congreso Mundial de la Carretera	Vancouver (Canadá) www.piarc.org



JUNIO 2025

Las mezclas asfálticas se fabrican en plantas específicas: **ÁRIDOS** y **BETÓN** se calientan para permitir su mezclado

ADVANTAGE 70: Ongoing innovations, such as warm-mix asphalt, reduce fuel consumption and emissions in the asphalt industry

Reduciendo emisiones, reforzando el firme

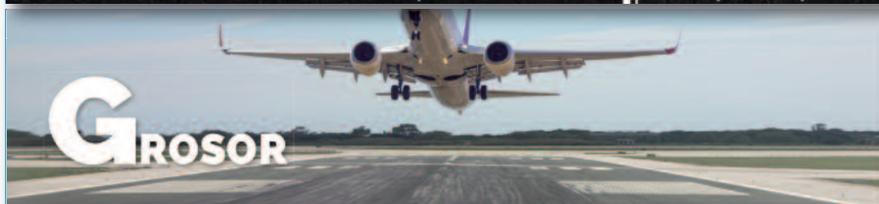
JUNIO 2025

Colaboran:
 El /asefma X @asefma_es /company/asefma @asefma

EVENTOS

4-5 de junio
#XIVJornadaTecnica
Asefma

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



El GROSOR del pavimento VARÍA mucho EN FUNCIÓN DE SU USO

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

Reduciendo emisiones, reforzando el firme

JULIO 2025

Colaboran:
 El /asefma X @asefma_es /company/asefma @asefma

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

Noticias del sector

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

La SEITT respalda el enfoque de ASEFMA sobre conservación viaria como estrategia de descarbonización

Con motivo del Día Internacional de la Conservación de Carreteras (IRMD, por sus siglas en inglés), la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT) presentó en Bruselas un innovador caso de estudio, derivado del proyecto EMIPAV, que demuestra el impacto directo de las actuaciones de rehabilitación del firme en la reducción de emisiones de CO₂ y consumo de combustible. La jornada, que reunió a expertos europeos en movilidad sostenible, contó con la participación de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) y su presidente, Juan José Potti, también fundador del IRMD.

Durante su intervención, Camino Arce Blanco, directora técnica y de desarrollo de negocio de SEITT, expuso los resultados provisionales del proyecto de rehabilitación de firmes en la autopista M-50. Gracias a la aplicación de metodología Big Data y al análisis de datos procedentes de vehículos conectados, se ha constatado una reducción media del 9-10% en el consumo de combustible y emisiones de CO₂ por parte de los usuarios.

En concreto, sobre un tramo de 28,1 km, se reducen diariamente 32.412 litros de combustible y 85,7 toneladas de CO₂, lo que supone un ahorro anual de 11.830.380 litros de combustible y 31.269 toneladas de CO₂. Estas cifras evidencian que la rehabilitación viaria no solo mejora la seguridad y el confort, sino que contribuye de forma tangible a los objetivos de descarbonización y ahorro energético.

“El mantenimiento adecuado del firme no es solo una cuestión de seguridad y confort, sino una herra-

mienta poderosa para reducir las emisiones y el consumo energético del transporte por carretera”, afirmó Camino Arce.

Hacia una nueva narrativa: CESCE

En esta línea, Juan José Potti propone una nueva estrategia de comunicación que redefine el papel del mantenimiento vial bajo el acrónimo CESCE: reducción del consumo de combustible, disminución de emisiones, incremento de la seguridad, mejora del confort y ahorro de energía. Esta visión, presentada por el presidente de ASEFMA durante la jornada, defiende que los proyectos de conservación y refuerzo deben ser considerados prioritariamente como “proyectos de reducción de emisiones y consumo de combustible/energía de los vehículos”.

“Más del 20% de las emisiones de la UE provienen del transporte por carretera y podemos cuantificar cuánto se puede reducir gracias al mantenimiento preventivo”, explicó el presidente de ASEFMA. “Es el momento de actuar con decisión”, sentenció.

Desde la asociación se insta a las administraciones a replantear los títulos de los proyectos de refuerzo, incluyendo explícitamente los objetivos de ahorro energético y reducción de emisiones, así como a comunicar estos beneficios directamente a la ciudadanía mediante paneles informativos en la carretera.

Además, se propone la elaboración de mapas de emisiones y su reducción asociada a cada vía, con el objetivo de priorizar actuaciones viarias según su impacto ambiental positivo.

La industria española del asfalto, representada por ASEFMA, reclama que el mantenimiento y conservación de carreteras se integre en el plan de rearme europeo

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) considera que el plan de rearme anunciado por la Unión Europea, que prevé movilizar hasta 800.000 millones de euros, debe incorporar actuaciones de mantenimiento y mejora de las infraestructuras viarias, con especial atención a la red de carreteras del Estado y los corredores estratégicos.

Las empresas asociadas en ASEFMA advierten que las carreteras forman parte de las infraestructuras críticas de cualquier país, y recuerdan que unos firmes bien conservados son esenciales tanto para la logística civil como para garantizar la operatividad en situaciones de emergencia, defensa o crisis.

En este sentido, ASEFMA subraya que las políticas de rearme no pueden centrarse exclusivamente en la inversión en equipamiento militar, sino que deben integrar actuaciones en infraestructuras clave como las viarias, incorporando criterios de sostenibilidad, digitalización, seguridad y resiliencia.

Por otro lado, las empresas del sector consideran que este nuevo contexto europeo debe servir también para actualizar el modelo de contratación pública en España, facilitando la participación de empresas especializadas en conservación, modernización y digitalización de pavimentos. Asimismo, reclaman fórmulas de colaboración público-privada que permitan una ejecución más eficiente, transparente y tecnológicamente avanzada.

Desde ASEFMA también se recuerda que España presenta una de las ratios más bajas de inversión pública en infraestructuras dentro de la UE y que esta situación compromete tanto la competitividad económica como la cohesión territorial. Por ello, reclaman una planificación a largo plazo en materia de conservación viaria, en línea con los objetivos estratégicos europeos.

Se abre el período de envío de resúmenes técnicos para el IV Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0



Madrid acogerá los días 24 y 25 de septiembre de 2025 una nueva edición del Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0 (4th International Conference on Asphalt 4.0, ICA 4.0), el foro europeo de referencia en la digitalización del sector viario. ASEFMA y ZAS, entidades organizadoras del evento, han anunciado el plazo para la presentación de resúmenes técnicos, que permanecerá abierto hasta el 15 de junio de 2025.

La convocatoria está dirigida a empresas, centros tecnológicos, universidades, laboratorios de control de calidad y administraciones públicas que estén desarrollando proyectos vinculados a la transformación digital del sector. Los trabajos deberán enviarse al correo electrónico asefma@asefma.com.es e incluir el título de la comunicación, los datos de los autores (nombre, apellidos, entidad y correo electrónico) y un resumen de hasta 700 palabras.

El congreso, que se celebrará en Meeting Place (calle Orense 34 de Madrid), se estructura en dos jorna-

das con un programa que combinará ponencias de expertos, presentaciones de tecnologías emergentes, mesas redondas y sesiones técnicas. La cita ofrecerá un espacio de encuentro para el análisis de los avances más recientes y los desafíos que plantea la digitalización en el ámbito de los pavimentos.

Tras dos primeras ediciones celebradas en Madrid y una tercera en Liubliana, el Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0 regresa a la capital española. Mantendrá su dimensión internacional reforzada por la estrecha colaboración con el grupo de trabajo "Asphalt 4.0" de EAPA, principal impulsor europeo de la digitalización del sector.

Además de favorecer el intercambio de conocimiento entre profesionales, ICA 4.0 busca convertirse en punto de partida para programas de formación y atracción de talento joven. "Una revolución digital como la actual abre nuevas líneas de trabajo para las futuras generaciones. Este congreso aspira a ser el inicio de un proceso de capacitación e incorporación de nuevos perfiles profesionales a la industria del asfalto", afirman desde el comité organizador.

La información detallada sobre el programa del congreso, la inscripción y otras formas de participación estará disponible próximamente en la web oficial del evento: ica4point0.com

ASEFMA asiste a la inauguración de la planta SteelPhalt™ de asfalto sostenible en Euskadi impulsada por una de sus empresas asociadas

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) ha estado presente en la inauguración de la nueva planta de SteelPhalt™ en la localidad alavesa de Murga, la primera instalación en España que producirá asfalto sostenible a partir de escorias siderúrgicas. El acto, presidido por el Lehendakari Imanol Pradales, ha contado con la asistencia de autoridades autonómicas y representantes institucionales, así como con el responsable técnico de ASEFMA, José Luis Peña.

La planta, promovida por SteelPhalt –empresa perteneciente a Harsco Environmental y socia de ASEF-

MA– representa un modelo industrial pionero en el ámbito de la economía circular aplicada a la pavimentación viaria. A partir de residuos de acerías vascas, la instalación será capaz de producir hasta 190.000 toneladas anuales de eco-asfalto, lo que equivale al tratamiento de la mitad de las escorias siderúrgicas generadas en Euskadi.

Desde ASEFMA, su responsable técnico José Luis Peña ha valorado positivamente el enfoque circular del proyecto y ha subrayado que la industria del asfalto "avanza hacia soluciones donde rendimiento técnico y compromiso ambiental van de la mano". En este sentido, ha señalado que la valorización de residuos industriales como las escorias siderúrgicas "permite generar pavimentos duraderos, seguros y con menor huella ecológica".

Peña también ha señalado que el desarrollo de este tipo de instalaciones "refleja el compromiso del sector viario con los retos ambientales y la innovación", y ha afirmado que "la incorporación de residuos valorizados en la fabricación de mezclas asfálticas nos permite avanzar hacia modelos de pavimentación más sostenibles, alineados con los objetivos europeos de economía circular y neutralidad climática".

La planta de Murga es la primera instalación que SteelPhalt construye fuera del Reino Unido. Ha supuesto una inversión de más de 13 millones de euros, ocupa 30.000 m² e incorpora un laboratorio de I+D propio. El asfalto producido contiene hasta un 95% de material reciclado, lo que supone una importante reducción en el uso de recursos naturales y de la huella de carbono. Además, sus prestaciones técnicas mejoran la durabilidad del firme hasta en un 20%.

El modelo operativo de SteelPhalt ha recibido apoyo institucional a través de la línea de ayudas a la economía circular del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado con fondos europeos.

EUROBITUME publica el nuevo informe del análisis de ciclo de vida (LCA 4.0) para el betún asfáltico



El pasado 3 de marzo de 2025 se ha publicado el NUEVO INFORME LCA 4.0 de Eurobitume en el que se proporcionan datos importantes sobre el análisis de ciclo de vida del betún asfáltico más utilizado en Europa en la pavimentación de carreteras. Los resultados que se incluyen en dicho informe permitirán calcular con precisión el impacto ambiental de los productos finales, fabricados a partir de dicho betún, como lo son las mezclas asfálticas convencionales ya que no incluye a los betunes modificados con polímeros (PmB)

El Informe LCA 4.0 de Eurobitume sustituye al anterior Informe LCI 3.1 de Eurobitume, publicado en 2020 y actualizado en 2022. Se trata de un informe científicamente sólido y revisado por pares, que se considera representativo de la situación actual del betún producido en Europa utilizando la metodología descrita por las normas según ISO 14040+A1 e ISO 14044.

Los resultados del informe LCA 4.0 de Eurobitume son compatibles con la norma europea EN15804+A2 y, por tanto, el informe resulta adecuado para su uso en futuras DAP para productos de construcción.

Todas las fuentes de datos utilizadas están disponibles públicamente y los datos del Informe LCA 4.0 de

Eurobitume son compatibles con softwares comerciales de LCI, lo que permitirá a los profesionales de LCI incorporar fácilmente estos datos como parte de la evaluación del ciclo de vida de un producto de construcción.

El Informe LCA 4.0 de Eurobitume aporta respuestas adecuadas a las principales deficiencias señaladas en la revisión crítica del estudio anterior, centrándose en el potencial de calentamiento global, indicador de betún en un período de 100 años (GWP100). Su objetivo es presentar los principales supuestos, resultados y las principales diferencias entre el nuevo ACV 4.0 y la versión anterior LCI 3.1 para la cual se empleó una base de datos de crudos de petróleo, IOGP, que subestimó las emisiones de metano* y en la que utilizaron pocos datos primarios como entrada.

El GWP100 para el betún (EN12591) es de 530 kg de CO₂ eq./t de betún según el LCA 4.0 (2025) cuando el El GWP100 para el betún (EN12591) era de 216 kg de CO₂ eq./t de betún en el LCA 3.1 (2022).

*El impacto en el resultado es significativo ya que el GWP100 del metano es 30 veces mayor que el del dióxido de carbono.

La principal diferencia entre los resultados de ambos ACV está relacionada con un cambio en la metodología de cálculo del ACV y en la información de referencia, en particular en la base de datos de petróleo crudo utilizada, ahora basada en datos primarios procedentes de 17 refinerías en Europa. Por tanto, las diferencias en los resultados no están relacionadas con cambios en los procesos industriales o las prácticas con respecto a la producción de betún. Las emisiones físicas al medio ambiente debidas a la producción de betún no han aumentado desde la publicación del ACV 4.0, pero se contabilizan de forma diferente.

Se han realizado dos seminarios sobre este tema, en fechas 12 y 26 de marzo de 2025, para explicar al sector de la pavimentación asfáltica los resultados del nuevo LCA 4.0. Tanto el informe realizado por Eurobitume como un documento con preguntas y respuestas frecuentes se encuentra alojado en la web de Eurobitume <https://eurobitume.eu/bitumen/sustainability> para la consulta de quien pueda estar interesado en conocer los datos y origen con más detalle.

ERMF celebra un webinar gratuito con motivo del Día Internacional de la Conservación de Carreteras IRMD 2025

El Foro Europeo para la Conservación de Carreteras (European Road Maintenance Forum, ERMF) organiza un evento online gratuito con motivo del Día Internacional de la Conservación de Carreteras (IRMD), que se celebró el pasado 3 de abril de 2025 de 10:00 a 12:30 (CEST). La participación será exclusivamente online y requerirá inscripción previa. Además, se podrá ver en diferido en hora local a las 17:00 desde la plataforma digital de itafec.

Este encuentro reunirá a líderes del sector, expertos y responsables políticos europeos con el objetivo de impulsar soluciones sostenibles para el mantenimiento vial, en línea con los objetivos europeos de descarbonización. El programa, aún provisional, se divide en dos sesiones que abordarán cuestiones como la importancia del mantenimiento proactivo, el uso de datos masivos (Big Data) para evaluar el rendimiento de las infraestructuras, el impacto ambiental del estado de los firmes y las nuevas estrategias de comunicación que promueven la conservación viaria como herramienta clave en la descarbonización del transporte por carretera.

Entre los ponentes confirmados se encuentra Juan José Potti, presidente de ASEFMA y fundador del IRMD; Ralf Pomp, presidente de la Asociación Europea de Pavimentos Asfálticos (EAPA); Carsten Karcher, secretario general de EAPA; Christophe Nicodeme, director general de la Federación Europea de Carreteras (ERF); Steve Philips, secretario general de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR); Thomas Fabian, director comercial en la asociación europea de fabricantes de automóviles ACEA; Malcolm Simms, director de la asociación británica MPA Asphalt; y Camino Arce, de la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT).

Este webinar busca poner en valor la conservación de carreteras como una herramienta clave para reducir las emisiones de CO₂, mejorar la seguridad vial y contribuir a una movilidad más eficiente y sostenible.

Abierto el plazo de inscripción para la XIV Jornada Técnica de Asefma

La XIV Jornada Técnica de Asefma se celebrará los días 3 y 4 de junio de 2025 bajo el título "Impacto de los cambios normativos en el sector de la pavimentación asfáltica" en el Auditorio de Meeting Place, c/ Orense 34 Madrid.

En esta XIV edición de las Jornadas Técnicas de Asefma, se pretenden abordar y valorar las consecuencias de los últimos cambios normativos en nuestro sector. Desde el artículo de las Mezclas SMA (O.C. 3/2019) al de las Mezclas AUTL (O.C. 3/2022), las Mezclas reutilizadas (O.C. 2/2023), la fabricación de mezclas semicalientes, los nuevos criterios para el diseño y conservación de firmes (O.C. 1/2023), los Nuevos materiales con diferentes características, el impacto de la Huella de carbono (O.C. 3/2024), la Durabilidad teórica frente a durabilidad real, la Digitalización o Asphalt 4.0 así como los Programas para la CPI: EfaPaves, y la O.C 1/2024 sobre materiales compuestos de áridos y emulsión bituminosa fabricados y puestos en obra a temperatura ambiente.

Como viene siendo habitual, la Jornada se desarrollará en modalidad presencial en Meeting Place y ofrece además la posibilidad de seguirla en streaming HD:

Ya se encuentra abierto el plazo de inscripción presencial que puede realizarse desde la web de itafec o en asefma@asefma.com.es antes del 23 de mayo.

La modalidad digital con el hashtag #XIVJornadaTecnicaAsefma ofrecerá la opción de seguimiento en streaming HD a través de itafec.com con un coste muy reducido.

El XXIII CILA 2025 en Paraguay será el epicentro de la ingeniería vial en Iberoamérica



Del 17 al 21 de noviembre de 2025, Asunción se convierte en el epicentro de la ingeniería vial en Iberoamérica, reuniendo a líderes del sector para discutir el futuro de la infraestructura y la sostenibilidad.

El Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA) es el evento más relevante para profesionales del sector vial y pavimentación en Iberoamérica. Reuniendo a expertos, investigadores y empresas líderes, el congreso ofrece un espacio para el intercambio de conocimientos, la innovación en tecnologías de asfalto y la optimización de infraestructuras viales.

Durante esta edición, se abordarán temas clave como sostenibilidad en pavimentación, nuevos materiales y metodologías de construcción, mantenimiento eficiente de carreteras y normativas actualizadas en la región. Al cierre del plazo de envío de resúmenes de trabajos técnicos, se han recibido algo más de 400 propuestas, lo que representa el número más elevado históricamente, con la excepción del anterior XXII CILA, celebrado en Granada (España) en 2023.

CILA no solo es un espacio de aprendizaje, sino también una plataforma de networking donde los asistentes podrán conectar con líderes del sector, descubrir nuevas oportunidades de negocio y fortalecer el desarrollo de infraestructuras sostenibles para el futuro.

Con esta edición, el CILA se proyecta no solo como un espacio de actualización técnica, sino también como una plataforma de conexión internacional, inter-

cambio de buenas prácticas y promoción de estándares de innovación en pavimentación, sostenibilidad y movilidad urbana en la región.

La elección del Gran Bourbon Hotel como epicentro de este encuentro es resultado de un convenio con la Comisión Organizadora del XXIII CILA, que “no solo garantiza el desarrollo pleno del evento, sino también el alojamiento y atención de expertos internacionales, lo que facilitará una experiencia integral para todos los participantes”, señaló el Ing. Paul Sarubbi Balansa, presidente del Congreso CILA 2025.

Más información se puede obtener ingresando a [@cilacongreso.com/](https://cilacongreso.com/)

European Road Maintenance Forum online event on 3rd April, 2025 #ERMF2025 #IRMD2025

Juan José Potti
Presidente de ASEFMA

Esta iniciativa es accesible en; <https://eapa.org/2025-international-road-maintenance-day/> Desde la Revista Asfalto y Pavimentación reproducimos los aspectos más importantes de este evento en inglés:

The European Road Maintenance Forum (ERMF) took place on 3 April 2025, bringing together industry leaders, policymakers, and experts to mark International Road Maintenance Day and discuss how proactive road maintenance can reduce CO₂ emissions and support sustainable infrastructure across Europe.

Hosted by EAPA, the event was streamed live from the EAPA office in Brussels and attracted hundreds of participants from across the globe. The speakers gathered in person, while the global audience joined online for

a highly engaging session that featured lively discussion, interactive round tables, and real-time questions via the live chat.

Missed it live? You can watch the full session here: <https://www.youtube.com/live/06tXfftfOZo>

Why Road Maintenance Matters

The imperative to reduce CO₂ emissions remains central to global and European policy. With Europe striving for a 55% reduction by 2030 and carbon neutrality by 2050, the transport sector—one of the largest CO₂ emitters—plays a crucial role in achieving these targets. Given that over 90% of European roads are surfaced with asphalt, the industry has significant potential to contribute to emissions reduction.



European Road Maintenance Forum online event on 3rd April, 2025 #ERMF2025 #IRMD2025

Proper maintenance leads to smoother surfaces, cutting fuel consumption and CO₂ emissions by up to 5%. This equates to annual savings of 14 million tonnes of CO₂—comparable to removing 3 million cars from the roads. Additionally, well-maintained roads support electric vehicles, reduce traffic noise, enhance travel time, and lower vehicle maintenance costs. Asphalt pavements are easy to maintain and align with circular economy principles e.g. with their 100% re-usability. Thus, road maintenance is key to sustainability. However, budget restrictions remain obstacles.

That's why we're bringing together industry leaders, policymakers, and experts for the online event by European Road Maintenance Forum (ERMF) on April 3rd, 2025. Join the discussions!

The speakers

Camino Arce Blanco

Camino Arce Blanco is Technical and Business Development Director at SEITT, Spain's largest state-owned motorway operator. She has held senior roles in the Ministry of Transport and serves on key public infrastructure boards. She holds civil engineering degrees from Madrid and Paris and has managed major national infrastructure projects.

Thomas Fabian

Thomas Fabian (Chief Commercial Vehicles Officer) joined the European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) in November 2018. Representing Europe's truck and bus manufacturers, he focuses on decarbonising heavy-duty transport and shaping regulations to support the industry's competitiveness on its path toward climate neutrality. A transport engineering graduate, he has worked on international transport policy since 2000.

Christophe Nicodème

Director General European Union Road Federation (ERF)

Further to a long international experience in road safety equipment, Christophe has been appointed Director General of the ERF, a non-profit organisation representing the European Road Infrastructure sector, acting as a platform of dialogue and research for road mobility, road safety, road asset management and sustainable and smart mobility.

Dr. Juan José Potti

Dr. Juan José Potti, Executive President of Asefma, Former President of EAPA, Founder of the IRMD (International Road Maintenance Day) and President Working Group Asphalt 4.0 of EAPA, he defines himself as a "Knowmad" (Knowledge Nomad) because it has never been so necessary to apply Darwin's famous phrase: "it is not the fastest or strongest species that survives, but the one that best adapts to the environment".

Malcolm Simms

MPA Asphalt (EAPA UK Member) and AIA (Asphalt Industry Alliance)

Director (of both MPA Asphalt and AIA)

Graduated as a Civil Engineer, worked for contractors in early career. Moved into materials in laboratories of aggregate and asphalt producers.

Joined as Asphalt Engineer with then QPA (Quarry Products Association) in 2000 and progressed to Director of MPA Asphalt in 2011. Represents MPA and UK on numerous EAPA, BSI and CEN Standards Committees.

Steve Philips

Steve is the Secretary-General of the Conference of European Directors of Roads. Based in Brussels, CEDR supports cooperation between the national road authorities of Europe and with third parties. In his 35 years in road transport, he has addressed many different aspects of road freight transport including infrastructure and ITS, road safety and environmental issues.

The ERMF Event 2025

The event offered a forward-looking perspective and valuable insights from industry experts on road maintenance, supported by real-world data. It saw active participation through a dynamic live chat, with thoughtful questions from an international audience and excellent feedback from attendees on both the content and the energy of the discussions. If you benefited from or enjoyed the video, let us know in the comments and don't forget to show some love with a like!

ERMF Event takes place on International Road Maintenance Day, first Thursday of April. Set a reminder or subscribe to EAPA newsletter and don't miss any important industry event!

GRUPO DE TRABAJO DE ENSAYOS PRESTACIONALES.

En noviembre de 2023 se crea el grupo de trabajo de ENSAYOS PRESTACIONALES.

El grupo de trabajo se forma en respuesta a la necesidad de utilizar nuevos métodos de ensayo que sirvan como alternativa a los ensayos de laboratorio convencionales con el objetivo de obtener información técnica detallada sobre las propiedades y el comportamiento de las mezclas bituminosas fabricadas con las nuevas tecnologías emergentes.

Las mezclas fabricadas con menor temperatura o aquellas que contienen tasas medias o altas de material fresado requieren ensayos específicos que aseguren el cumplimiento de las propiedades requeridas ya que la mayoría de los métodos de ensayo comúnmente utilizados no permiten evaluar adecuadamente dichos aspectos.

Para este propósito, es necesario emplear nuevos métodos de ensayo conocidos como ensayos prestacionales, los cuales permiten evaluar en mayor grado las propiedades de las mezclas. Las prestaciones o performance de un material o una estructura se refieren al grado en que cumple con los requisitos funcionales establecidos.

Como se ha señalado, el grupo de trabajo se crea en noviembre de 2023 coordinado por Javier Loma y cuenta en su inicio con 25 participantes de distintas entidades integrantes de Aleas. Durante las reuniones iniciales se definieron las líneas de trabajo a abordar en una primera etapa, organizando cinco subgrupos con el fin de distribuir las tareas, facilitar su ejecución y avanzar de manera eficiente hacia los objetivos establecidos, que son:

1. Conocimiento sobre el funcionamiento de los ensayos prestacionales y su posible incorporación a los sistemas actuales de mezclas bituminosas.
2. Recopilación de las experiencias y normativa internacional.
3. Utilización de estos ensayos en los procedimientos

de diseño de firmes.

4. Recopilación de recursos en Asefma-Aleas para la realización de estos ensayos.

5. Realizar anillos interlaboratorio con este tipo de ensayos



Imagen 1. Reunión del GT prestacionales de Aleas.

Ha resultado esencial comprender cómo operan este tipo de ensayos y cómo interpretar los resultados que se obtienen, por lo que el avance en el primer punto ha tenido una relevancia destacada. En este apartado se ha obtenido han establecido diferencias entre 3 tipos de ensayos aplicados a estos materiales:

- **Ensayos prestacionales o fundamentales.** Someten al material a unas condiciones de carga y en unas condiciones de entorno que reflejan fielmente las que soporta en el firme. En la evaluación de las propiedades técnicas se puede recurrir a ensayos que caractericen una determinada propiedad de forma directa (midiendo específicamente la propiedad que queremos controlar), el dato obtenido será realmente representativo de la prestación funcional que queremos analizar (ejemplo: ensayos triaxiales).
- **Ensayos empíricos.** Se relacionan de manera directa con el comportamiento de los firmes, sin que exista una relación estricta y directa entre los parámetros medidos y las prestaciones funcionales, te-

Nueva sección de Aleas

niendo una relación clara con la propiedad medida (ejemplo: ensayo Marshall).

- **Ensayos de simulación.** Se miden directamente propiedades, pero en condiciones que no son exactamente las reales, siendo habitual que estos ensayos se engloben entre los empíricos.

Uno de los trabajos desarrollados por el grupo ha consistido en una recopilación de todas las propiedades de las mezclas bituminosas y los ensayos prestacionales que permiten determinar los valores característicos. Para este apartado se ha tenido en cuenta el documento desarrollado en Asefma publicado en la monografía 19: *Metodología de diseño y dosificación de mezclas bituminosas*.

Las propiedades estudiadas en el trabajo son: Módulo de rigidez, Adaptabilidad al soporte, resistencia a la fatiga, Resistencia a las deformaciones plásticas, resistencia a la acción del agua, resistencia a la desintegración, resistencia a la fisuración a bajas temperaturas, resistencia a la fisuración por envejecimiento, resistencia

a la fisuración mecánica, resistencia a la fisuración por reflexión, resistencia al escurrimiento, permeabilidad, trabajabilidad, macrorugosidad, microrugosidad, propiedades acústicas, propiedades ópticas, resistencia al deslizamiento, resistencia al envejecimiento, resistencia a los combustibles y resistencia al hielo.

Durante el análisis de la normativa técnica internacional, se examinaron diferentes documentos y especificaciones de distintos países, verificando en cuáles de ellos se incorporan estos ensayos como parte del proceso de caracterización de materiales y definición de requisitos del producto. Se ha revisado documentación técnica de Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Francia y Alemania, recogiendo la información relativa a la participación de los ensayos prestacionales en la caracterización y en el control de calidad de las mezclas bituminosas. Destaca la utilización por la mayor parte de ensayos con distinta metodología (normas) del módulo de rigidez, resistencia a las deformaciones plásticas, ensayos de fatiga y ensayos de tracción.

La ejecución de los ensayos prestacionales requiere

Tabla 1. Niveles de ensayo en especificaciones de Francia.

Nivel de Prueba		Método de ensayos	Observaciones
4	3	Preparación de la muestra mediante compactador giratorio NF EN 12697-31	Especificación de contenido de huecos en función de número de giros. Compactadora calibrada con material de referencia para tener el mismo nivel de compactación cualquier sea la tecnología de la compactadora.
		Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa NF EN 12697-12, método B	Conservación 7 días en aire y agua a 18°C. Rotura por compresión diametral
	2	Deformación en pista NF EN 12697-22, Dispositivo de tamaño grande	Ensayo realizado a 60°C en aire y medición a 3.000, 10.000 o 30.000 ciclos
	1	Rigidez NF EN 12697-26, Anexo E o Anexo D	Medición del módulo complejo a 15°C, 10 Hz o por ensayo de tracción indirecta 15°C, 0,02s. Aplicable al método de dimensionamiento de firmes en Francia
		Resistencia a la fatiga NF EN 12697-24, Anexo A	Ensayo de fatiga por flexión en 2 puntos (10°C, 25 Hz), aplicable al método de dimensionamiento de firmes en Francia

que los laboratorios cuenten con equipos específicos, los cuales, en muchos casos, representan una inversión importante. Por esta razón, se ha llevado a cabo una revisión del equipamiento necesario para cada tipo de ensayo, describiendo los elementos necesarios y proporcionando una estimación aproximada de los rangos de coste asociados a su adquisición. En esta primera fase se ha analizado los siguientes ensayos:

- Ensayo Fénix, NLT 383.
- Ensayo de propagación de fisuras mediante ensayo a flexión de una probeta semicircular, UNE EN 12697-44.
- Resistencia a la fatiga. ANEXO E-Ensayo de tracción indirecta sobre probetas cilíndricas, UNE EN 12697-24
- Resistencia a la fatiga. ANEXO D - Ensayo de flexión en cuatro puntos sobre probetas prismáticas, UNE EN 12697-24

- Rigidez. ANEXO C - Ensayo de tracción indirecta sobre probetas cilíndricas, UNE EN 12697-26
- Ensayo de acondicionamiento de probetas asfálticas en atmósfera controlada mediante el envejecimiento por flujo forzado de ozono como agente oxidante, UNE EN 12697-52 (procedimiento B.2).
- Determinación del rozamiento tras el pulido, UNE EN 12697-49
- Evaluación del comportamiento mecánico a fisuración por fatiga de materiales bituminosos (UGR-FACT).

Toda la información recopilada resulta de gran utilidad para aquellos laboratorios que deseen incorporar nuevos métodos de ensayo y modernizar sus instalaciones y ofrecer nuevos servicios.

El equipamiento disponible en la actualidad en los laboratorios que pertenecen a Aleas para la realización de los ensayos prestacionales es muy importante, algu-

NORMA	ENSAYO	Nº
NLT 383.	Ensayo Fenix.	8
UNE EN 1097-8	Ensayo de pulimento acelerado.	9
UNE EN 12697-10	Compactibilidad	13
UNE EN 12697-11	Afinidad árido-ligante	7
UNE EN 12697-12	Determinación de la sensibilidad al agua	18
UNE EN 12697-17	Pérdida partículas	15
UNE EN 12697-18	Esgurrimiento de ligante	15
UNE EN 12697-19	Permeabilidad de probetas	8
UNE EN 12697-22	Ensayo de rodadura	15
UNE EN 12697-23	Determinación de la resistencia a la tracción indirecta	19
UNE EN 12697-24.	Resistencia a la fatiga	11
UNE EN 12697-25.	Ensayo de compresión cíclico	8
UNE EN 12697-26.	Rigidez	12
UNE EN 12697-34	Ensayo Marshall	17
UNE EN 12697-43	Resistencia a los combustibles	2
UNE EN 12697-44	Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular	10
UNE EN 12697-49	Determinación del rozamiento tras el pulido	1
UNE EN 13036-1	Macrotextura superficial (ensayo de circulo de arena)	15
UNE EN 13036-4	Método para la medición de la resistencia al deslizamiento/derrape. Ensayo del péndulo.	13

Nueva sección de Aleas

no de los equipos para la realización de los principales ensayos de materiales son los siguientes (Norma aplicable-Descripción del ensayo-Número de equipos en Aleas):

Se ha llevado a cabo un trabajo en forma de anillo interlaboratorios, en el que participaron siete laboratorios, utilizando uno de los métodos más relevantes en la actualidad: el ensayo Fénix NLT-383.

Para ello, se elaboró un protocolo específico que permitió unificar las condiciones de ejecución entre todos los participantes, con el fin de minimizar variables que pudieran influir en los resultados, como el tiempo o la temperatura.

Se han evaluado tres tipos de mezclas: dos correspondientes a la norma UNE EN 13108-1, del tipo AC, y una conforme a la norma UNE EN 13108-2 del tipo BBTM. En el caso de las mezclas AC, una de ellas incluía material fresado en su composición.

Para el estudio, se utilizaron probetas elaboradas por un único laboratorio a partir de mezcla recién producida, así como probetas fabricadas por cada uno de los laboratorios participantes las cuales tuvieron que ser recalentadas para alcanzar las temperaturas necesarias para su compactación. En todos los casos se determinó la densidad de las probetas y se realizó el ensayo a tres temperaturas distintas: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con lo establecido en la norma correspondiente. Se analizaron diversos parámetros, como la tenacidad, el desplazamiento, la energía de rotura y la resistencia obtenida por cada laboratorio para todas las mezclas eva-

luadas. A partir de estos análisis, se extrajeron conclusiones relevantes, como es la importancia de evitar el recalentamiento de las muestras antes del ensayo, el efecto del material fresado sobre los valores de ductilidad y el comportamiento diferenciado de los materiales ensayados a bajas temperaturas.

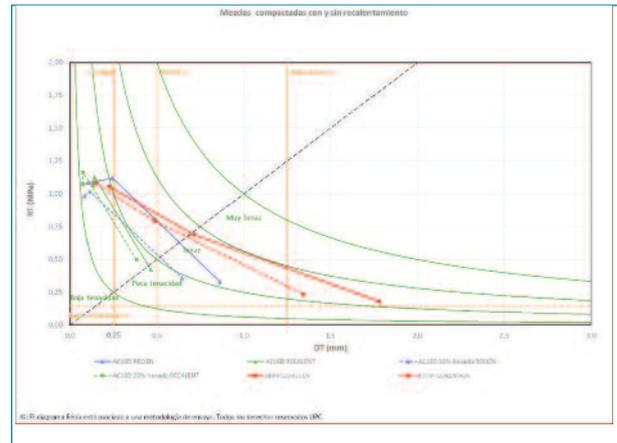


Gráfico 2. Recopilación de datos del ensayo interlaboratorios NLT-383

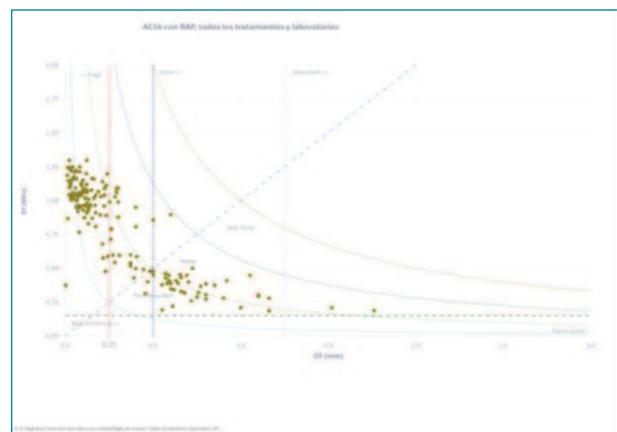


Gráfico 3. Varios gráficos de los resultados obtenidos en el trabajo (mezcla AC-16 con RA)

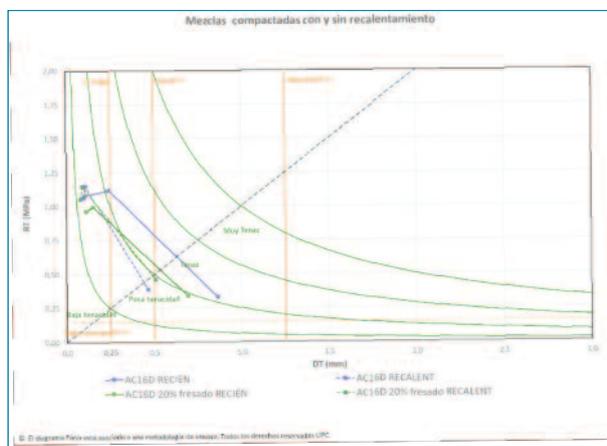


Gráfico 1. Análisis resultados mezcla AC 16. Influencia del recalentamiento.

Actualmente, el grupo de ensayos prestacionales de Aleas está centrado en la preparación de nuevos anillos de ensayo, con el objetivo de evaluar la validez de determinados métodos alternativos para la obtención de resultados relacionados con ciertas propiedades. Además, dentro de la Agrupación ALEAS se ha evidenciado la importancia del trabajo colaborativo en los grupos de trabajo dentro de una agrupación técnica sectorial, como medio para impulsar mejoras en los aspectos técnicos del sector

Lecturas recomendadas

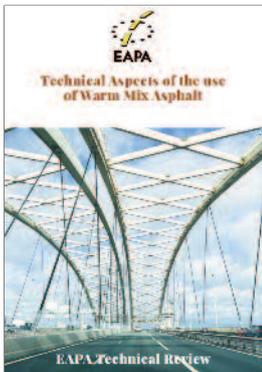
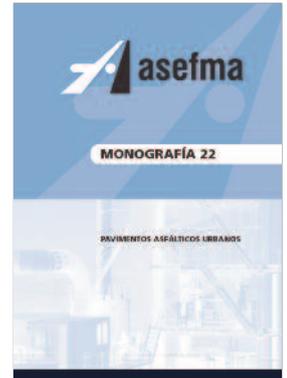
“Monografía 22. Pavimentos asfálticos urbanos”. 2024. Asefma. 66 páginas.

La concentración de la población en las zonas urbanas hace que la movilidad de las personas se convierta en un criterio esencial a la hora de diseñar las ciudades.

Cuando se piensa en el concepto carretera, habitualmente se asocia a vías interurbanas, pero la realidad muestra que la mayor longitud de la red viaria corresponde a zonas urbanas.

La llegada de nuevos tipos de vehículos, especialmente con tracción eléctrica, y los condicionantes medioambientales están cambiando la configuración de las calles, adaptándolas a estas nuevas necesidades.

Los pavimentos asfálticos están permitiendo ofrecer soluciones a estas nuevas demandas. Sin embargo, la difusión que se da a los pavimentos asfálticos urbanos es bastante reducida, por lo que el comité técnico de Asefma promovió la edición de esta monografía que ilustra las muy diversas opciones de pavimentación basadas en materiales bituminosos.



“Medidas para mejorar la resiliencia de los pavimentos” (2023). PIARC. 57 páginas
“Technical Aspects of the use of Warm Mix Asphalt” (2024). EAPA. 48 páginas

La política medioambiental actual (tras, por ejemplo, la firma del Protocolo de Kioto en 1997 y el posterior Acuerdo de París en 2015, el Pacto Verde Europeo o la importante reforma legislativa denominada "Fit for 55"), junto con la escasez de combustibles tras el inicio del conflicto ucraniano en 2022, la nueva normativa sobre exposición a humos ocupacionales o los nuevos sistemas de contratación pública ecológica desarrollados en diferentes países europeos, han convertido las mezclas asfálticas semicalientes (WMA) en una técnica eficaz para la construcción y el mantenimiento de carreteras. Sin embargo, la adopción de las WMA en Europa se está desarrollando a un ritmo más lento de lo previsto.

Con el objetivo de ayudar a la industria europea del asfalto a superar las barreras identificadas y consolidar la implementación de WMA, el presente documento ofrece definiciones, orientación técnica, buenas prácticas y recomendaciones basadas en el conocimiento y la experiencia adquiridos durante más de 20 años en todo el mundo.

<https://eapa.org/eapa-position-papers/>



PRACTICIDAD, CALIDAD Y ALTO RENDIMIENTO A UN COSTO MUY COMPETITIVO

LA PLANTA DE ASFALTO AMMANN ABC SOLIDBATCH CUBRE UNA AMPLIA GAMA DE NECESIDADES, EMPEZANDO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 100 T/H HASTA 340 T/H.

Las características que la distinguen son:

- Planta discontinua, diseñada para producir mezclas tradicionales en caliente, asfaltos tibios con espumado Ammann, mezclas con aditivos sólidos y líquidos
- Garantiza confiabilidad a largo plazo
- Diseñada para el uso de RAP introducido en el mezclador, hasta 40%
- Un proceso optimizado y de alto rendimiento también gracias a la simplicidad y seguridad en el uso y mantenimiento
- Alto ahorro energético gracias a la eficiencia del proceso de secado y filtración de AMMANN
- La baja inversión inicial y los bajos costes de gestión maximizan los beneficios para nuestros clientes
- Diseñada para ser modernizada gradualmente con las últimas tecnologías de Ammann

Observatorio del sector

El betún es el elemento básico en la fabricación y puesta en obra de las mezclas asfálticas.

A día de hoy, su producción depende exclusivamente del petróleo, por lo que los cambios futuros que se están generando por la aplicación de políticas orientadas a la transición energética, van a afectar de modo directo a la calidad y cantidad de petróleo y, por ende, al betún.

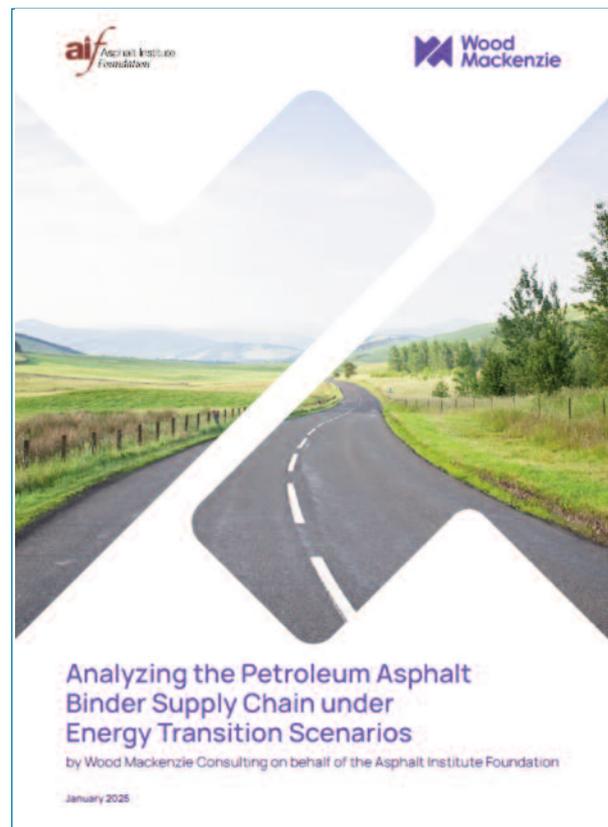
Las características y prestaciones del betún están muy ligadas al origen del petróleo, hecho contrastado en las últimas décadas, en las que la gran variabilidad en las cestas de suministro de crudo ha afectado a la calidad del betún y obliga a los fabricantes de mezclas asfálticas a adaptar sus formulaciones.

El Asphalt Institute Foundation encargó a la consultora Wood Mackenzie Consulting un estudio sobre la cadena de valor del betún bajo la óptica de la transición energética.

El informe final se puede descargar a través del siguiente enlace:

https://www.asphaltfoundation.org/wp-content/uploads/Analyzing-the-Petroleum-Asphalt-Binder-Supply-Chain-under-Energy-Transition-Scenarios_AIF-Wood-Mackenzie.pdf

Siguiendo la tendencia de 2022, a nivel global se aprecia una ligera disminución de la producción (aproximadamente un 4%), tanto en el conjunto de Europa como en el grupo de países de la Unión Europea (EU-27).



SMOPYC 2026

15 A 18 ABRIL

15 TO 18 APRIL

Construimos un mundo más sostenible

Building a more sustainable world

www.smopyc.es



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

20 INTERNATIONAL SHOW
OF PUBLIC WORKS, CONSTRUCTION
AND MINING MACHINERY

Web de EAPA Asphalt 4.0 Tecnologías Digitales y Pavimentación, <https://eapa.org/asphalt-40/>

Esta es una de las secciones más visitadas de la web de EAPA, www.eapa.org, desarrollada por el Grupo Asphalt 4.0 de EAPA, presidido por el Presidente de Asefma, Juan José Potti y el apoyo de su Secretario Breixo Gómez, Director Técnico de EAPA, por su interés y relevancia vamos a mantener el texto original, en inglés.

Digital transformation of Industry, also known as Industry 4.0, refers to a series of smart and autonomous systems fuelled by big data, machine learning, artificial intelligence, blockchain, internet of things (IoT), etc. with capacity to significantly push forward the efficiency, productivity, quality, reliability and sustainability of a given industrial sector. The application of these technologies to the asphalt paving sector is known as Asphalt 4.0. This involves the use of digital tools to automate, monitor and improve the way, in which organisations develop conventional activities, such as management of asphalt plants, manufacturing of bituminous mixtures, transport/supply or installation (e.g. laying, compaction, etc).

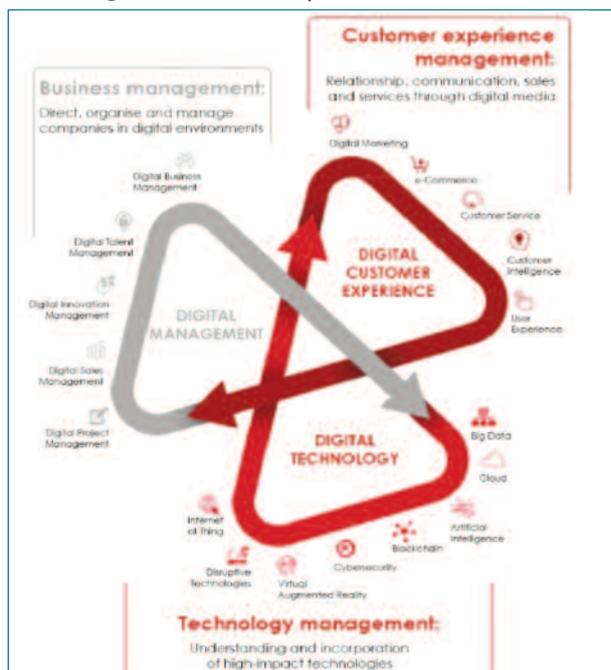
Through the use of digital technology, the organisation can improve the way in which it develops its activity, to help those working in it. In addition, it also facilitates and accelerates the transition of the mobility sector towards its new users, such as the electric and automated vehicles.

The development of the Asphalt 4.0 concept affects all areas of the organisation and for this reason it should be directed at the highest level. The concept is based on three pillars:

- Digital technologies and tools for the safe, effective and efficient data management, which includes its generation, storage and transfer. Some examples are the cloud storage, internet of things (IoT), virtual and augmented reality, blockchain, artificial intelligence, machine-to-machine (M2M) communication systems, advanced sensors, autonomous robots or

cybersecurity protocols.

- Smart management systems able to process all data obtained and identify patterns, which will lead to optimum decision making and in a timeframe, which would not be reasonably feasible for humans. Some examples are the digital business management, digital talent management, digital innovation management, digital sales management and digital project management
- Customer experience. The consequence of previous technologies is a dynamic production system, which is constantly adopting innovations and readapting to maximise the customer satisfaction. Roads are not just delivered after construction, but monitored, managed and maintained based on the instant information that is being received and the resulting optimum strategy. Some examples are digital marketing, e-commerce, customer service, customer intelligence and user experience



Development of the Asphalt 4.0 concept relies on 3 fundamental criteria: transparency, traceability and innovation. An adequate Asphalt 4.0 transformation process can result in greater efficiency of the organisation, better guarantees and durability of the offered products and services, savings of time and resources, a permanent innovation process and a totally different way of managing customer satisfaction (customer experience).

Development of the Asphalt 4.0 concept seems to be a robust answer for the mobility and transportation sectors. This is, without any doubt, an exciting challenge.

For this reason, its development will need to go hand in hand with a new generation of tendering systems, which combine to meet the needs of the sector for innovation, transparency, technical capacity, cost-efficiency and resource optimisation. Its adoption is recommended for all the stakeholders involved in every stage of the road service life, from its design to its end of life (and / or re-use).

How does EAPA help to implement Asphalt 4.0?

<https://eapa.org/how-does-eapa-help-to-implement-asphalt-40-view/>

#94

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las carreteras con pavimentos bien mantenidos con mezclas bituminosas ofrecen una superficie de rodadura cómoda, silenciosa, segura y con bajo consumo de combustible” (Editorial)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

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

Web: www.editorialprensatecnica.net



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

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 Technology 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.



Descubre más aquí