

ASFALTO

y pavimentación

Número 49 · Volumen XIII · Segundo trimestre · 2023

número **49**



VIATOP[®] *plus RC*

Das Pellet.

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



Número 49 · Volumen XIII
Segundo trimestre · 2023

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

María del Mar Colás,
Andrés Costa, Jesús Felipo,
Jacinto Luis García Santiago,
Lucía Miranda, José Luis Peña,
María del Carmen Rubio,
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.asfaltoypavimentacion.com
asfalto@asfaltoypavimentacion.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 49 · Volumen XIII · Segundo trimestre · 2023

Editorial

Declaraciones ambientales de producto en la pavimentación asfáltica

05

Tribuna

Juan José Potti

07

Tribuna

Pepe Soto

09

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

Julio Pozo

11

Secciones fijas

Ensayos

23

Publirreportaje

Ligantes sostenibles para carreteras con futuro

27

Novedades en la maquinaria de obra

Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura

29

Análisis por imágenes de mezclas asfálticas para su control expeditivo

Luis Zorzutti - Regina Muzzolini - Marina C. Casaux - Silvia Angelone

35

Secciones fijas

Normativa, Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector, Lecturas recomendadas, Digitalización del Sector, Afirmaciones Asfálticas

45

We did it!

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

¡INNOCELL® FG3000 cumple!



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

Declaraciones ambientales de producto en la pavimentación asfáltica

La sostenibilidad medioambiental se ha incorporado a nuestras vidas como un concepto rutinario, pero son relativamente pocas las personas que conocen en profundidad los conceptos, metodologías y procedimientos que permiten su evaluación.

Para poder avanzar en la implantación de la sostenibilidad medioambiental es necesario el desarrollo de métricas que permitan armonizar y comparar las diversas alternativas de productos y servicios que se ofrecen a los ciudadanos. En los años 60 se desarrolló la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) enfocado a encontrar vías para cuantificar la energía y así poder conocer el futuro uso y abastecimiento de los recursos naturales disponibles. Una definición breve de ACV es: proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta toda la vida del mismo.

Con el paso del tiempo se ha ido perfeccionando las metodologías de cuantificación de los impactos ambientales y, muy especialmente, las bases de datos que alimentan a dichos métodos de cuantificación de los impactos medioambientales. Además, las metodologías han sido incorporadas a normas internacionales como son las series ISO o EN. Ello ha permitido el desarrollo de herramientas informáticas que ayudan a realizar el proceso de cuantificación del ACV.

Un paso adicional en este proceso surge por la necesidad de comparar y comunicar los resultados de las evaluaciones ambientales. La herramienta más conocida para este fin son las declaraciones ambientales de producto (DAP), que corresponden al etiquetado tipo III de la norma ISO 14020.

En el caso específico de productos de construcción, la norma EN 15804 "Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción", cuya pri-

mera versión fue publicada en 2012, proporciona la cobertura metodológica para elaborar las DAP.

Asefma es consciente de la importancia que tiene el desarrollo de este tipo de herramientas. El sector de la pavimentación asfáltica ha sido líder en la implantación de tecnologías que fomenten la reutilización de materiales y la reducción de los impactos medioambientales de los procesos productivos. Sin embargo, hasta hace relativamente poco tiempo resultaba muy complejo, y había gran incertidumbre, en cómo cuantificar los impactos ambientales de las diversas etapas que implica la pavimentación asfáltica.

Una vez que se ha llegado a un cierto consenso a nivel internacional, es factible el desarrollo de las DAP para las mezclas bituminosas y Asefma ha tomado la decisión de liderar en España el proceso de desarrollo de las DAP a nivel sectorial, aplicándolo a cuatro tipos de mezclas: hormigón bituminoso (AC), mezclas BBTM, mezclas drenantes (PA) y mezclas SMA.

La información que facilitan las DAP permite a los clientes valorar desde un punto de vista medioambiental, los proyectos de construcción y mantenimiento de las carreteras y a los fabricantes de mezclas bituminosas les facilita información sobre los potenciales puntos de mejora de sus procesos productivos y logísticos.

Los datos obtenidos en las DAP sectoriales van a permitir realizar un seguimiento sobre el grado de cumplimiento del sector en el proceso de descarbonización (teniendo en mente el "Objetivo 55" de la Comisión Europea), de reducción en la generación de residuos y de una menor utilización de materias primas y energía, abordando de esta manera algunos de los retos más relevantes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas.



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

Balance of my EAPA Presidency



Juan José Potti
President of EAPA
(2021-2023)

 @jjpotti

I would like to reflect on my two-years presidency at EAPA. I believe this exercise is necessary, and from my point of view, it should be a regular practice.

My presidency began on May 18, 2021. I remember it vividly because on that same day, I received my second COVID vaccine in the morning, which caused a strong reaction. After the video conference, I went to bed to rest because I was exhausted.

In May 2021, most of our activities were still conducted through video conferences, and the presence of COVID was greatly influencing our lives.

In June of that same year, we held the E&E Congress in a virtual VR/2D format. It was the first time we organized the E&E Congress in this format since physical presence was not yet possible. The 7th E&E Congress, "Asphalt 4.0 for future mobility," was originally planned to be held in Madrid in 2020 but had to be postponed to the following year and couldn't take place in Madrid. The preparation for this congress was a long and challenging journey, spanning over three years. I had the pleasure of being a member of the Organizing Committee, and I believe we held more than 38 meetings. It was undoubtedly an example of collaboration, innovation, and resilience. As I mentioned in my closing speech, the success of this 7th E&E Congress would not have been possible without the personal effort and collaboration at the highest level between EAPA and Eurobitume. The final outcome of the congress was excellent, and it compels us to always consider the need to implement our conferences and congresses using the digital resources available, regardless

of the presence of COVID. By the way, the economic result was also very good.

I won't go into exhaustive detail in this assessment, but I believe I should pause for a moment to describe the International Conference on Asphalt 4.0, held in Madrid on September 20 and 21, 2022. It was organized by ASEFMA and ZAS with the participation of EAPA. This conference, which marked the first edition of the International Conference on Asphalt 4.0 (ICA 4.0), has become a mandatory event in the agenda of the asphalt industry regarding the digitization of the sector. The second edition of ICA 4.0 in September 2023 has already been announced. The participants in the first edition found many positive aspects in the event. It offered three different modes of participation: physical presence in Madrid, digital participation through the hashtag mentioned, and virtual participation through the PDV application, which allowed interaction between users and speakers, access to the program, attendance of presentations, virtual booth visits, and more. The conference aimed to bring together stakeholders from companies, universities, administrations, associations, technology centers, etc., to analyze and solve digital challenges in the paving sector. The International Conference on Asphalt 4.0 fostered collaboration and debates on 4.0 solutions.

In 2022, just 18 months after the E&E Congress, the E&E Event took place in Vienna on November 14-15. It was held in a completely different social environment where personal interaction was possible again. It was a major event with a significant physical presence, social activities, and a trade ex-

Balance of my EAPA Presidency

hibition. This event symbolized the overcoming of the COVID period. As EAPA President, I had the privilege of participating in the inauguration, accompanied by my friend and Eurobitume President, Curro Lucas. It was the first time that two presidents from the same country led the two most important associations in Europe.

Moving on to 2023, I must mention the celebration of EAPA's 50th anniversary on March 30 in Madrid. I cannot be objective when describing the events that took place in the days before and after that date, but I sincerely believe that all who attended had the privilege of confirming an important sentiment that has been gradually solidifying over these 50 years—the feeling of the EAPA family.

I do not want to personalize specific people, but I think that the entire EAPA family was proud to be able to count on the physical presence in Madrid of 5 of the last 7 presidents: Dariusz Slotwinski, Alan Mackenzie, John Kruse Larsen, Francois Chaignon and who narrates them. Plus the video presence of 5 Presidents. And also have 3 General Secretaries Max van Devivere, Egbert Beuving and Dr Carsten Karcher in person and Simon van der Byl by video.

The preparation of all the events was a great example of collaboration between EAPA and Asefma. I am extremely satisfied and proud of what we were able to accomplish during those days, and the memories in the form of photos, videos, streaming, teasers, sketching, etc., will remain in the memory of the EAPA family forever.

In summary, here are the highlights of my two-year presidency:

1. On a personal level, it has been an immense pride. Thank you, EAPA.

2. In my role as President of Asefma, I am very satisfied to be the first Spanish President of EAPA in nearly 50 years. I am grateful to the entire Asefma team for their support during these two years.

3. Professionally, I emphasize the digital push and specifically the creation of the annual initiative, the International Conference on Asphalt 4.0. I appreciate the unconditional support of my friend Slovenko and ZAS, as well as the support of EAPA.

4. Regarding communication, let us never forget the lesson taught by COVID. There are increasingly powerful digital tools that should help us reach wider audiences with our messages, particularly younger people. We are on the right

path to being "The voice of the European Asphalt Industry."

5. In terms of the EAPA family sentiment, I believe that during these two years, it has been the first time I have had the privilege of getting to know the spouses of many of you. Thank you. In CILA, I learned that the family bond strengthens when contacts and relationships go beyond the strictly professional sphere.

6. I believe all of this was reflected during the celebration of EAPA's 50th anniversary.

In conclusion, I would like to address the new President of EAPA, my friend Ralph Pomp. Dear Ralph, as the former president, I am leaving the presidency with a highly skilled team within EAPA, led by our Secretary-General, Dr. Carsten Karcher, and with the tremendous collaboration of our Technical Director, Dr. Breixo Gomez. The association's financial situation is excellent, and we have had a very positive balance during these two years. The technical activity and production of documents have also been extraordinary. We have consolidated and strengthened EAPA's communication team during these two years, and today, we are finalizing the relocation of our offices from Brussels to this new headquarters.

Dear President, I am certain that over the next two years, you will undertake initiatives to further improve EAPA. You have already mentioned some of them to me. You have my full support, of course. I wish you much success and enjoyment, just as I have had.

I would like to conclude by presenting you with a small gift. It is a symbol that represents your role as the new President and the visible face of this association, EAPA. Given your fondness for caps, I believe the appropriate gift for you is this elegant black "Borsalino" hat, just like the color of our asphalt pavement.

I hope you like it !!

Dear Ralph, I wish you great success and enjoyment.

Warm regards.

El Metaverso en la Conservación de Carreteras Inteligentes



Si esta Tribuna llega a ver la luz, será la nº 20 de las firmadas por mí en la revista Asfalto y Pavimentación, en las que, hasta ahora, he intentado transmitir parte de mi experiencia en el mundo carreteril, mis opiniones, y algunas recomendaciones que me parecían adecuadas en ese momento, pero todo catalogado dentro del mundo analógico salvo en dos de ellas, “El grito de las carreteras” y “Qué modelo de financiación elegirían las carreteras si pudiesen elegir” (nº 38 y 43), en donde les daba un cierto protagonismo virtual.

Después de esta introducción y teniendo en cuenta mi edad, permitidme que os cuente un Cuento, que nada tiene que ver con el Mirando al Pasado de la Revista, y sí de lo que se nos avecina en un futuro no muy lejano, a nivel de cómo hemos de tratar las Nuevas Tecnologías, la Investigación en general, el mundo de la Medicina, y... ¿por qué no? el mundo de las Carreteras. Me estoy refiriendo al “**Meta-verso**” que como todos sabéis, y su nombre indica, *es el más allá o al otro lado del universo*.

Yo, por más que he escuchado y leído, no tengo muy claro qué es en profundidad el Metaverso y hasta dónde podremos llegar utilizándolo, y es por eso que lo voy a contar en modo Cuento, pues, de momento, no deja de ser ciencia-ficción.

La idea es crear un mundo al que podremos acceder vía dispositivos de realidades virtuales, avatares, de tal manera que la interacción sea similar a la que tenemos en la realidad.

Ya desde ASEFMA se han hecho los primeros pinitos creando unos avatares para asistir, de manera virtual, a Jornadas Técnicas durante la pandemia, algo que hace unos años nos habría parecido ciencia-ficción, y que sin embargo nos permitió asistir e interactuar con otros avatares a la Jornada, pu-

diendo dar nuestra opinión y hacer comentarios sobre los diferentes asuntos tratados e incluso impartir una conferencia.

Y ahora viene el Cuento, que por cierto, ya hace muchos años Lewis Carroll, seudónimo de Charles Lutwidge Dodgson matemático además de escritor, allá por el año 1865 publicó “Las aventuras de Alicia en el país de las maravillas” en el que Alicia accede a un mundo virtual totalmente inimaginable para una mente racional, lo que podríamos calificar como pre-Metaverso.

Imaginemos que pudiésemos crear un equipo de avatares técnicos, capaces de atravesar la barrera de lo real para trasladarse e introducirse, de manera virtual, allí donde existiesen problemas de cualquier índole en el pavimento asfáltico de esas carreteras cada vez más inteligentes, llevando en su “mochila” toda la información que nos ha proporcionado el “Big Data” de las carreteras, y no solo por la cantidad de datos e información aportados sino por la utilidad que les damos, siendo una de las más importantes “la toma de decisiones inteligentes”. El primer paso sería su creación, cada uno con una especialidad muy concreta desde el ligante asfáltico, maquinaria, puesta en obra, fabricación, gestión etc., de tal manera que cualquier problema que apareciese en una carretera, ésta, al ser inteligente y una vez enviada toda la información del problema, se pondría en contacto con la central de avatares que a su vez, en función de la petición de la carretera, enviaría el equipo más idóneo.

Imaginaros que en la Central se recibe un mensaje desde la AP7: “Problema de desprendimiento superficial de gravillas entre los pk 228 al pk 229, sentido Barcelona, carril derecho. Necesitaría diagnóstico urgente de porqué se está produciendo y la solución técnica y económica más adecuada”.

En la central, el avatar-operador, seleccionaría inmediatamente a los avatares especialistas en este tipo de problemas, especialista en betunes (envejecimiento, aditivos, modificación...), en extendido (uniformidad de la temperatura de la mezcla durante el extendido, compactación...), áridos (forma, fragilidad...), al mismo tiempo se desplazaría un avatar para inspeccionar la zona por si existiesen derrames o cualquier otra causa que pudiese afectar a la superficie.

El avatar-operador emplazaría al equipo de avatares seleccionados a desplazarse al interior de la "capa problema" para, de una forma virtual, recorrer las zonas afectadas, catalogar la deficiencia desde el interior e interactuar con nuestra carretera inteligente para definir las causas que lo provocaron así como la mejor solución, enviando toda la información a la central desde donde se pasaría la información a la administración responsable de la carretera para su rápida reparación.

Imaginaros ahora el mensaje de una carretera inteligente en estos términos: "Con el paso de vehículos pesados he empezado a notar ciertos desplazamientos, entre las diferentes capas del pavimento asfáltico, que están disminuyendo de manera alarmante mi capacidad portante". En este caso se desplazarían al interior de las capas afectadas un equipo de avatares para interrogarles sobre a qué temperatura les extendieron, estado de los riegos de adherencia, densidad alcanzada y cualquier otro dato que a los avatares especialistas les pareciera significativo. Una vez interrogadas por los avatares, los comentarios de las capas podrían ser: "A mí me dejaron aquí con 20°C menos que a la sección de al lado y me quedé algo poroso", o bien "El ligante modificado no era igual que el suyo, el mío tenía menos polímero". Como en el caso anterior, con toda la información recabada, se enviaría a la central para determinar las causas del deterioro, la mejor solución y los plazos para la reparación de tal manera que el problema no se magnificase.

Ahora bien, ¿cómo se forma técnicamente un avatar?, teniendo en cuenta que estos elementos creados digitalmente son el objeto gráfico de usuarios reales en los diferentes mundos virtuales, pueden ser personalizables, el Metaverso, hoy, se caracteriza por utilizar la realidad virtual configurando un mundo paralelo que se puede utilizar a nivel personal o laboral y es a través de esta realidad virtual donde el Metaverso solo sustituye en algunos aspectos a la experiencia humana contribuyendo a crear espacios virtuales

controlados por operadores, aunque esto en el futuro también se transformará y la realidad virtual no llegará para sustituir a la experiencia humana, sino para mejorarla, consiguiendo un interfaz cerebro ordenador.

Así pues tenemos un Big Data de conocimientos en carreteras, unos expertos en el proyecto y construcción, en los diferentes materiales que componen las diferentes capas de un firme, y solo nos falta transmitir estos conocimientos a los diferentes avatares para que los utilicen cuando sean requeridos por el operador de la central, de tal manera que ante un problema interactúen entre ellos para transmitirse todos los pros y contras del problema y de cómo solucionarlo. Para esta transferencia de información entre humanos, estaríamos hablando de muchas reuniones, pasando semanas sin llegar a una solución ya que entre nosotros siempre guardamos información que podría ser peligrosa para los intereses empresariales, cosa que en el mundo virtual de Metaverso eso no ocurriría. Estamos hablando de transparencia total.

Además estos avatares estarían sometidos a una formación continua, alimentada por los nuevos conocimientos y descubrimientos en tiempo real.

Me queda la duda de cómo quedarán los puestos de trabajo una vez que estos elementos empiecen a funcionar.

Y colorín colorado...

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

Julio del Pozo Velasco,
juliodelpozo@telefonica.net

En este trabajo se aborda el tema del comportamiento mecánico de la unión de las capas del firme. Usualmente se supone que las capas realizadas con mezcla bituminosa están perfectamente adheridas, y si se trata de capas de mezcla bituminosa con otras con conglomerantes hidráulicos, se aconseja suponerlas semi adheridas. En ambos casos se utilizan emulsiones de distinta naturaleza y dotaciones, y con una puesta en obra no siempre cuidadosa.

El grado de adherencia de las capas tiene importancia en cuanto que modifica la distribución de tensiones y deformaciones, y por lo tanto la resistencia a la fatiga y durabilidad del firme. No parece fácil que las capas estén perfectamente adheridas, en cuanto que la estructura mineral de ambas sufre una discontinuidad en la interfase que queda sometida a las fuerzas de adhesión producidas por los riegos de adherencia y por el rozamiento.

Se trata de establecer una relación entre los resultados del ensayo de corte en laboratorio a través de la norma NLT-382/08, y el parámetro de adherencia entre capas del cálculo elástico multicapa usado habitualmente en el cálculo de las secciones de firme.

Palabras Clave: Emulsiones, Adherencia entre capas, Distribución cortante, Fatiga, Ensayo corte, Rigidez corte.

This paper addresses the subject of the mechanical behavior of the union between pavement layers. It is usually assumed that the layers made with bituminous mixture are perfectly adhered, and in the case of layers of bituminous mixture with others containing hydraulic conglomerates, it is advised to consider them semi-adhered. In both cases, emulsions of different nature and endowments are used, and not always following a careful implementation.

The degree of layer adherence is important as it modifies the distribution of stresses and deformations, and therefore the fatigue resistance and durability of the pavement. It does not seem easy for the layers to be perfectly adhered, considering that the mineral structure of both suffers a discontinuity at the interface which is subjected to adhesive forces generated by the adhesion risks and friction.

The objective is to establish a relationship between the results of the laboratory shear test according to the NLT-382/08 standard, and the adhesion parameter between layers of the multilayer elastic calculation, commonly used in the calculation of pavement sections.

Keywords: Tack Coat, Bond Strength, Distribution Shear Strength, Fatigue, Interface bond strength test.

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

1. INTRODUCCIÓN

La unión de las capas del firme se realiza mediante los llamados riegos de adherencia, los cuales tienen encomendada una misión de la máxima importancia, pues pretenden conseguir que el paquete de firme funcione de una forma monolítica. Sin embargo, es frecuente que no se le preste la debida atención en la ejecución de las obras de pavimentación. A menudo el material o la dotación no son adecuados, el soporte no está suficientemente limpio, el reparto superficial no es homogéneo, o es arrastrado por el tráfico de obra.

El riego se suele hacer mediante emulsiones bituminosas con diversa composición y dotación. Se trata en este estudio, de encontrar métodos de valorar el grado de eficacia de los riegos, utilizando diversos tipos de emulsiones como son las usuales de betún, las modificadas con polímeros y las termoadherentes. Su capacidad de unión de las capas de mezcla bituminosa se valora mediante un coeficiente variable entre 0, capas perfectamente adheridas, y 1, capas despegadas.

Esta capacidad de unión va a incidir en la distribución tenso-deformacional de todas las capas del firme, disminuyendo su durabilidad a fatiga y provocando deformaciones y arroyamientos en el caso de la capa de rodadura.

2. ENSAYOS REALIZADOS

Las emulsiones estudiadas han sido de tres tipos: una emulsión modificada, MODIF; una emulsión standard de referencia, STAND; y una emulsión termoadherente, TERM. Se han fabricado probetas y se han sometido a esfuerzo cortante según la norma NLT-382/08, con las siguientes combinaciones temperatura-velocidad de deformación (VEL).

1.- T=20°C: VEL= 2 mm/min; 50.8 mm/min y 100 mm/min.

2.- VEL= 50.8 mm/min: T= 5°C; T= 20°C y T= 40°C.

Las emulsiones tienen un contenido de betún del 60%.

Para disminuir el número de probetas a ensayar se han tanteado diversas dotaciones de las tres emulsiones sometiéndolas al ensayo de corte a 20°C y 2 mm/min

de velocidad de deformación. Los resultados han sido los siguientes:

DOTACIÓN RESIDUAL, gr/m ²	TENSIÓN CORTANTE MÁXIMA, MPa		
	MODIF	STAND	TERM
200,00	1,35	1,33	1,36
350,00	1,45	1,46	1,34
500,00	1,24	1,16	1,33

Tabla 1

Se ha optado por una dotación de referencia en todos los casos de 350 gr/m² de betún residual.

Las curvas de tensión deformación obtenidas en el ensayo se han tratado según la figura adjunta, identificando la parte elástica y aislando la parte inicial de acoplamiento de las probetas y los sensores del aparato. Si la pendiente de subida no era suficientemente uniforme, se la ha determinado mediante la tangente asociada a la mitad superior de la curva hasta el nivel del valor máximo de la tensión.

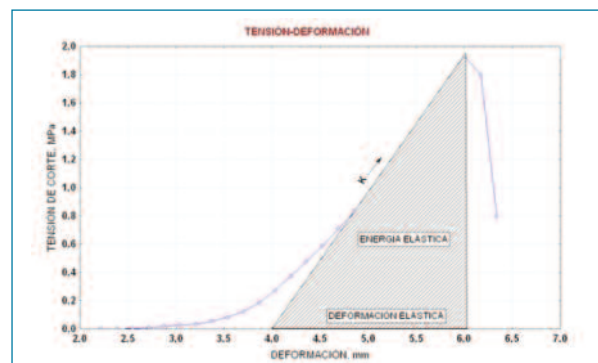


Figura 1

Se han obtenido los siguientes parámetros:

T, MPa, tensión máxima equivalente al límite elástico.

DESP, mm, desplazamiento en el área elástica, asimilable a ductilidad elástica.

K, MPa/mm, asimilable a la elasticidad de la emulsión.

AREA, MPa*mm, área de la zona elástica, asimilable a la tenacidad de la zona elástica.

El resultado de los ensayos ha sido el siguiente:

NUM	T, MPa	VEL, mm/min	EMUL	K MPa/mm	DES, mm	AREA, MPa*mm
1	0,65	2	MODF	MODF	1,55	0,5
2	0,58	2	MODF	MODF	1,36	0,4
3	0,51	2	MODF	0,32	1,6	0,41
4	1,31	51	MODF	0,65	2	1,31
5	1,42	51	MODF	0,71	2	1,42
6	1,57	51	MODF	0,75	2,1	1,65
7	1,65	100	MODF	0,97	1,7	1,4
8	1,5	100	MODF	0,79	1,9	1,42
1	0,34	2	STAND	0,21	1,65	0,28
2	0,54	2	STAND	0,23	2,32	0,63
3	0,57	2	STAND	0,29	1,95	0,55
4	1,23	51	STAND	0,67	1,85	1,14
5	1,18	51	STAND	0,76	1,55	0,92
6	1,23	51	STAND	0,65	1,9	1,17
7	1,3	100	STAND	0,62	2,1	1,36
8	1,68	100	STAND	0,93	1,8	1,51
9	1,6	100	STAND	0,8	2	1,6
1	0,68	2	TERM	0,36	1,9	0,64
2	0,86	2	TERM	0,49	1,75	0,76
3	0,68	2	TERM	0,31	2,2	0,75
4	1,48	51	TERM	0,8	1,85	1,37
5	1,58	51	TERM	0,69	2,3	1,82
6	1,62	51	TERM	0,9	1,8	1,45
7	1,52	100	TERM	0,74	2,05	1,56
8	1,78	100	TERM	0,99	1,8	1,6
9	1,75	100	TERM	0,7	2,5	2,19

Tabla 2

3. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las características descriptivas de las poblaciones, son las siguientes:

Al objeto de conocer las diferencias que pudiera haber entre las distintas poblaciones que constituyen los resultados de los ensayos, se realiza un análisis de varianza

de las variables medidas, y calculadas, T, K, D y AREA, respecto de la velocidad de deformación (VEL), del tipo de emulsión (EMUL), y de ambos. Los resultados son los siguientes:

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

VEL, mm/min EMUL	2-Way Tables of Descriptive Statistics (RES TOT DAT 1.sta) N=26 (No missing data in dep. var. list)											
	T*, MPa Means	T*, MPa N	T*, MPa Std.Dev.	K* MPa/mm Means	K* MPa/mm N	K* MPa/mm Std.Dev.	DESP, mm Means	DESP, mm N	DESP, mm Std.Dev.	AREA* MPa*mm Means	AREA* MPa*mm N	AREA* MPa*mm Std.Dev.
2	0,6014	9	0,1437	0,3396	9	0,0944	1,8089	9	0,3129	0,5463	9	0,1639
MODIF	0,5809	3	0,0711	0,3889	3	0,0617	1,5033	3	0,1266	0,4360	3	0,0594
STAND	0,4831	3	0,1252	0,2435	3	0,0435	1,9733	3	0,3356	0,4875	3	0,1839
TERM	0,7401	3	0,1068	0,3863	3	0,0959	1,9500	3	0,2291	0,7154	3	0,0616
51	1,4030	9	0,1677	0,7308	9	0,0814	1,9278	9	0,2093	1,3610	9	0,2706
MODIF	1,4336	3	0,1313	0,7043	3	0,0471	2,0333	3	0,0577	1,4594	3	0,1734
STAND	1,2170	3	0,0285	0,6933	3	0,0618	1,7667	3	0,1893	1,0768	3	0,1387
TERM	1,5583	3	0,0701	0,7947	3	0,1057	1,9833	3	0,2754	1,5463	3	0,2371
100	1,5953	8	0,1570	0,8166	8	0,1339	1,9813	8	0,2506	1,5795	8	0,2630
MODIF	1,5707	2	0,1058	0,8776	2	0,1277	1,8000	2	0,1414	1,4099	2	0,0159
STAND	1,5254	3	0,2028	0,7835	3	0,1584	1,9667	3	0,1528	1,4910	3	0,1229
TERM	1,6816	3	0,1430	0,8091	3	0,1551	2,117	3	0,3547	1,7810	3	0,3543
All Groups	1,1847	26	0,4649	0,6218	26	0,2347	1,9031	26	0,2614	1,1462	26	0,5076

Tabla 3

Respecto del tipo de emulsión (EMUL):

Variable	Analysis of Variance (RES TOT DAT 1.sta) Marked effects are significant at $p < ,05000$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
T*, MPa	0,3000	2	0,1500	5,1026	23	0,2219	0,6762	0,5184
K* MPa/mm	0,0371	2	0,0185	1,3403	23	0,0583	0,3182	0,7306
DESP, mm	0,2448	2	0,1224	1,4629	23	0,0636	1,9244	0,1687
AREA* MPa*mm	0,5667	2	0,2834	5,8742	23	0,2554	1,1095	0,3467

Tabla 4

Respecto de la velocidad de deformación, (VEL):

Variable	Analysis of Variance (RES TOT DAT 1.sta) Marked effects are significant at $p < ,05000$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
T*, MPa	4,8400	2	2,4200	0,5626	23	0,0245	98,926	0,0000
K* MPa/mm	1,1276	2	0,5638	0,2498	23	0,0109	51,903	0,0000
DESP, mm	0,1342	2	0,0671	1,5735	23	0,0684	0,981	0,3901
AREA* MPa*mm	5,1560	2	2,5780	1,2849	23	0,0559	46,146	0,0000

Tabla 5

Respecto a EMUL y VEL:

Variable	Analysis of Variance (RES TOT DAT 1.sta) Marked effects are significant at $p < .05000$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	P
T*, MPa	5,1580	8	0,6448	0,2446	17	0,0144	44,815	0,0000
K* MPa/mm	1,1986	8	0,1498	0,1788	17	0,0105	14,245	0,0000
DESP, mm	0,7971	8	0,0996	0,9107	17	0,0536	1,860	0,1343
AREA* MPa*mm	5,8661	8	0,7333	0,5748	17	0,0338	21,686	0,0000

Tabla 6

Respecto de la emulsión, EMUL, el conjunto de las variables analizadas, forman una población indistinguible unas de las otras. En cambio, respecto de la velocidad de deformación, VEL, las poblaciones de T, K y AREA, son diferentes estadísticamente, es decir, distintos valores de VEL generan poblaciones diferentes de las variables T, K y AREA. No así para el desplazamiento, DESP.

Para la combinación de EMUL y VEL, se repite lo mismo, igualmente con la excepción del desplazamiento. El valor de F disminuye en los tres casos respecto a los resultados de solo VEL, lo que indica que la EMUL rebaja el reconocimiento de la desigualdad de las poblaciones T, K y AREA, aunque los valores son aceptables.

Es decir, los valores de T, y por lo tanto de K, y AREA, solo son sensibles a la velocidad de deformación VEL.

La tensión máxima T es inferior en la emulsión standard en todos los casos, si bien tiende a igualarse para velocidades altas. Esta tendencia de valores de T desde

2 mm/min a 100 mm/min, hace que las extrapolaciones a valores altos de VEL sean más altas que las otras dos emulsiones.

Es interesante ver la relación que hay entre la tensión máxima, T, y el desplazamiento asociado DESP. La poca diferencia entre la recta de regresión y la $K=T/2$, permite suponer valores cercanos a 2 mm como el valor más aproximado de desplazamiento para cualquier valor de T.

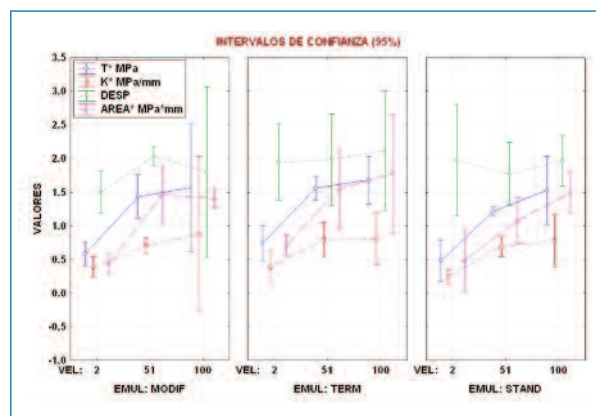


Figura 3

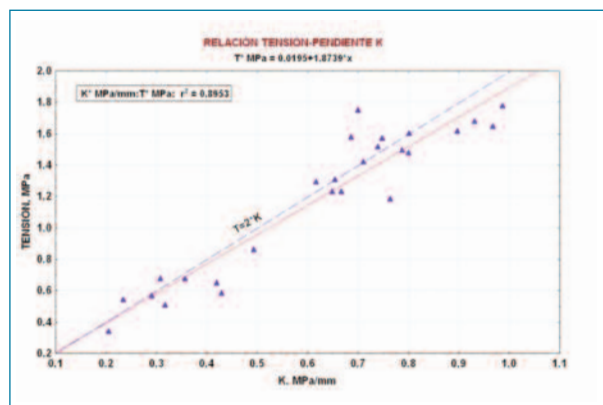


Figura 2

Los intervalos de confianza de las medias son muy amplios debido a los pocos datos por caso de que se dispone (3), y en algún caso, con 100 mm/min (2). Esto, más las propias dispersiones de los ensayos hace complicado extraer conclusiones nítidas. Se pone de manifiesto que los valores del desplazamiento DESP no tienen tendencia al crecimiento ni con la velocidad de deformación, ni con el tipo de emulsión y fluctúan con una media alrededor de 2 mm, como ya se ha visto.

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

4. RELACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN Y LA TENSIÓN NORMAL CON LA RIGIDEZ K

El ensayo de corte en laboratorio, no reproduce las condiciones de servicio reales del firme. Por una parte, el tipo de textura propio de las mezclas de que se trate, tendrá una influencia en la resistencia a cortante de la unión, pero atendiendo a la contribución de la capa de adherencia compuesta por las tres emulsiones analizadas, hay dos factores a tener en cuenta para que los resultados del ensayo se aproximen a la realidad.

Velocidad de deformación. En la realidad muy superior a la de laboratorio. El valor de T y por tanto de la K, también serán superiores.

Tensión normal. En la realidad existe una tensión normal, no considerada en el ensayo, y que puede aumentar también el valor de T y K. Dependerá de la distribución espacial de las dos tensiones, cortante y normal, y su grado de coincidencia, para tenerla o no en cuenta, como se verá más adelante.

Para valorar la variación de la pendiente K con la velocidad de deformación VEL de laboratorio, se han establecido correlaciones para cada tipo de emulsión, obteniendo los siguientes resultados:

MODIFICADA:	$K = 0.326054 * VEL^{0.208529}$	[1]
STANDARD:	$K = 0.21041 * VEL^{0.291371}$	[2]
TERMOADHERENTE:	$K = 0.352687 * VEL^{0.189958}$	[3]

Y gráficamente:

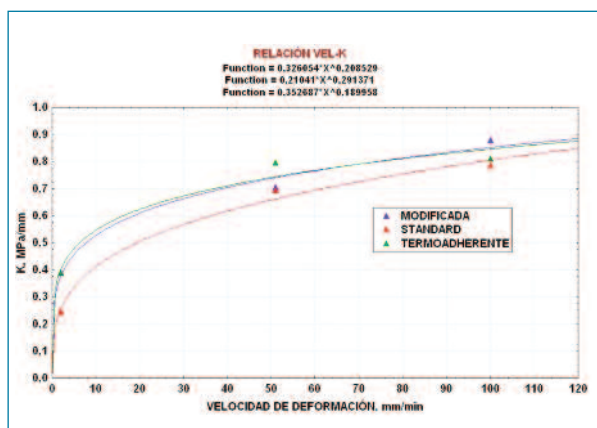


Figura 4

La K va creciendo con la velocidad de deformación, pero la que se produce con el paso de los vehículos está muy lejos de la conseguida en laboratorio. Si se supone una velocidad de 60 Km/h, extrapolando las fórmulas [1], [2], y [3]:

EMULSIÓN	VALOR K [1],[2] Y [3]	VALOR K MEDIO [1],[2] Y [3]
MODIF	5,81	7,79
STAND	11,78	
TERM	4,86	

Tabla 7

Observando cada emulsión, se pone de manifiesto que la STAND tiene valores bajos de K para 2 mm/min, y altos para 100 mm/min, lo que hace que la extrapolación a las velocidades altas, sea superior que las otras dos.

Las relaciones obtenidas con las 3 emulsiones, vendrían a ser equivalentes a la dada por Piber, Canestrari, Ferrotti et al, en RILEM Interlaboratory Test on Interlayer Bonding of Asphalt Pavements, 2009:

$$\tau_{vx} = \tau_{v1} \cdot \left(\frac{vx}{v1}\right)^{0.22}$$

Donde τ_{vx} es el cortante a una velocidad v_x , v_1 es la velocidad del ensayo, y τ_{v1} el cortante del ensayo. Por lo que se puede obtener el cortante τ_{vx} , para cada velocidad de deformación v_x , y por lo tanto la K correspondiente.

Tomando las K medias de las 3 emulsiones para cada velocidad de deformación, y aplicando la fórmula [4], se obtiene:

VEL	K MED	[4]		VALOR K MEDIO [4]
		COEF VEL	COEF VEL	
2,00	0,34	29,77	10,11	10,36
50,80	0,73	14,61	10,68	
100,00	0,82	12,59	10,28	

Tabla 8

La expresión [4] es independiente del tipo de emulsión. No hay datos que especifiquen el tipo de emulsiones con el que se ha obtenido. El crecimiento de T ó de K solo depende de la relación de velocidades de carga de los vehículos respecto de la de laboratorio, mientras que en las [1], [2] y [3] depende de la velocidad de los vehículos, y del tipo de emulsión.

También hay que considerar que la rigidez medida en el laboratorio es debida al cortante puro, pero en la realidad, además de considerar la velocidad de deformación hay que añadir el efecto de la tensión normal, lo que también modifica sustancialmente el valor de K obtenido con el aparato de Leutner (NLT-382/08).

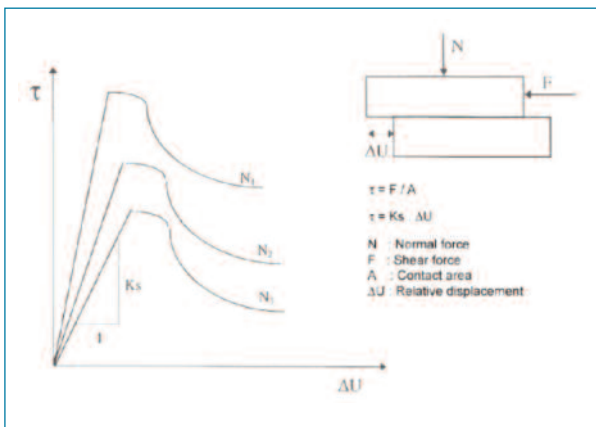


Figura 5. Variación de K con la tensión normal

Así, por ejemplo, se han obtenido las variaciones de esfuerzo cortante en función de la tensión normal, para varios tipos de mezclas obteniendo una pendiente de las rectas comprendida entre 33° y 55°, con una media de 42° (Asphalt Overlay Bond Strength. Greg White. Research Gate April 2015).

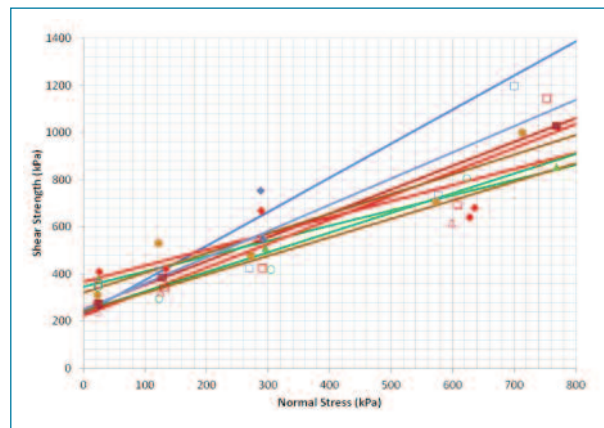


Figura 6

$$\tau_x = \tau_0 + \sigma_x * \tan 42^\circ$$

Y considerando las tensiones de inflado de un camión, 0.8 MPa, la tensión vertical en la interfase, en el caso de capas finas, es prácticamente la misma, con lo que al esfuerzo cortante del ensayo hay que sumarle $0.8 * \tan 42^\circ = 0.72$ MPa.

Ambas rigideces K, las obtenidas en laboratorio, una con velocidad máxima de 100 mm/min, y otra con 200 mm/min (Piber, Canestrari, Ferrotti), están lejos de las reales que se producen en las carreteras. Las relaciones [1], [2] y [3] obtenidas en este trabajo pueden ser una alternativa interesante a tener en cuenta. Aunque no se tiene información del tipo de emulsiones empleadas para establecer la función [4], coincide bien con la obtenida en este trabajo con la STANDARD [2].

5. DISTRIBUCIÓN DE LA TENSIÓN CORTANTE Y NORMAL

Para valorar la acción de la tensión normal sobre la tensión cortante en un firme real, en concreto para capas discontinuas de poco espesor, se estudia el caso del siguiente firme:

3 cm de mezcla discontinua fina. E=3000 MPa

5 cm de mezcla tipo AC16S. E=6000 MPa

10 cm de AC22S. E=6000 MPa

Explanada de módulo 360 MPa.

Capas perfectamente adheridas. Eje de 13 t con doble rueda y una presión de inflado de 0.8 MPa.

Se representa la variación de tensiones cortantes en

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

el plano X-Y a lo largo del eje longitudinal que pasa por el centro de una rueda. El máximo cortante es de 0.14 MPa y se presenta cuando la tensión vertical o normal es casi nula, lo que hace dudar de considerar la tensión normal en los ensayos.

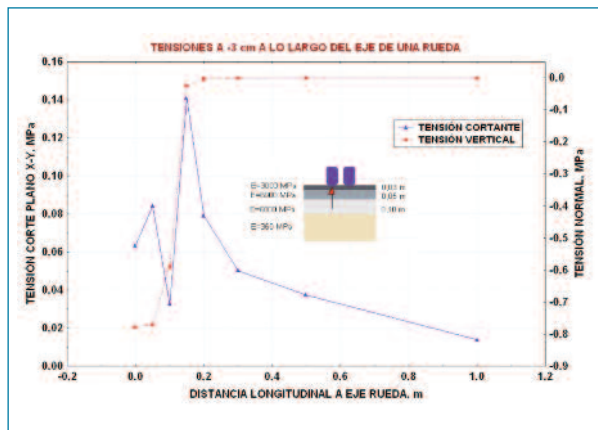


Figura 7

También se ha estudiado el caso de frenada con un coeficiente de rozamiento de 0.6. Aquí sí que hay una interacción entre las dos tensiones, la tensión de corte sube a 0.44 MPa y la vertical tiene una alta proporción de la presión de inflado.

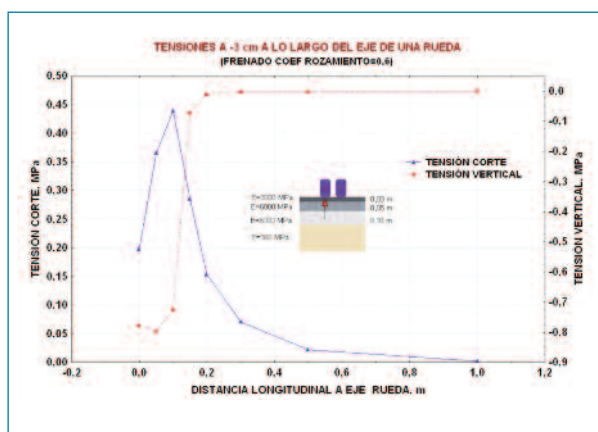


Figura 8

Habría que estudiar más secciones, y sobre todo en otras direcciones de la considerada, para conocer bien la distribución superficial de tensiones identificando las zonas más críticas. En este caso se desprende que solamente en las zonas de frenada habría que corregir el ensayo de corte puro con la componente normal. La aportación a la tensión máxima T sería de unos 0.7 MPa para el

ejemplo estudiado y en condiciones reales de servicio.

Como ejemplo de la distribución superficial de esfuerzos cortantes en la interfase de la rodadura, se adjunta el correspondiente al ejemplo de referencia donde se indica la situación de los esfuerzos al paso de un vehículo. En este gráfico tridimensional se puede apreciar dónde se producen los valores máximos de esfuerzo cortante.

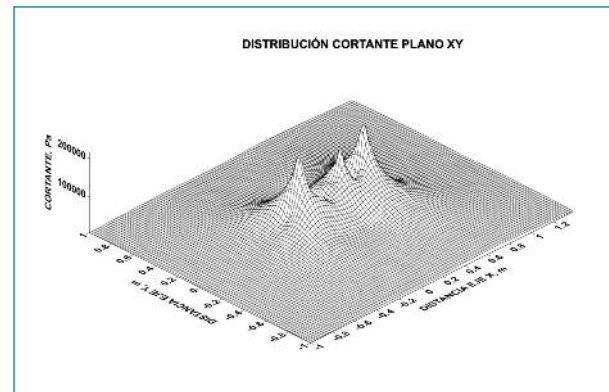


Figura 9

6. INFLUENCIA DE LA RIGIDEZ K EN LA ADHERENCIA DE LAS CAPAS Y FATIGA

Uno de los aspectos importantes de la obtención de la rigidez K en condiciones reales, es poder relacionarla con la adherencia entre las capas, y poder valorar la eficacia de cada una de ellas.

Para ello se utiliza el programa BISAR 3.0, el cual dispone de entradas para simular el distinto grado de adherencia entre capas.

Se considera que el deslizamiento relativo entre dos capas es linealmente proporcional al esfuerzo cortante, es decir, como un muelle de constante AK que represente la rigidez de la unión a cortante:

$$d = AK * T$$

Siendo:

d = desplazamiento relativo

T = tensión cortante

AK = constante del muelle

Como $K=T/d$, en términos del programa BISAR 3.0, se define $AK=1/K$. Y la medida de la adherencia entre

las capas, como:

$$\alpha = \frac{AK}{AK + \frac{1+\nu}{E} * a}$$

Siendo,

AK = Inversa de K, m³/N

a = Radio de la carga, m

E = Módulo de las capas sobre la interfase, Pa

ν = Coeficiente Poisson

α = Parámetro de fricción ($\alpha = 0$, capas pegadas; $\alpha = 1$ capas despegadas)

Con lo que, tomando el mismo firme como referencia, la relación de K con el parámetro de rozamiento y con la fatiga, es:

AK, m ³ /N	DEF, mstrains	EJES	PARAM FRICC	K, MPa/mm	PER REL FAT
1,000E-12	117	3241464	0,00	1000,00	1,00
1,000E-11	118	3064218	0,13	100,00	0,95
1,000E-10	126	2460043	0,56	10,00	0,76
1,000E-9	134	1945405	0,93	1,00	0,60
1,000E-8	136	1842436	1,00	0,10	0,57

Tabla 9

Por lo que, a efectos prácticos, los valores de K entre 1 y 100, es decir AK de 1E-9 a 1E-11, pueden representar capas despegadas y pegadas, respectivamente. Con este criterio, la fatiga puede bajar hasta el 60% con capas despegadas, y en el límite hasta el 57% si las capas están totalmente despegadas.

Y gráficamente para el firme de referencia:

Con los valores obtenidos en laboratorio y extrapolados a velocidades reales con distintos criterios, se obtienen valores de K comprendidos entre 5 MPa/mm y 11 MPa/mm. Esto significa valores de parámetros de fricción de 0.54 a 0.67, es decir, capas parcialmente pegadas, y una fatiga del 72% al 77% respecto de la obtenida con capas pegadas, si en la fórmula [5] se considera el módulo 6000 MPa. Si se considera el módulo 3000 MPa, los parámetros de fricción estarían entre 0.4 y 0.57, es decir mejora la adherencia con la disminu-

ción del módulo.

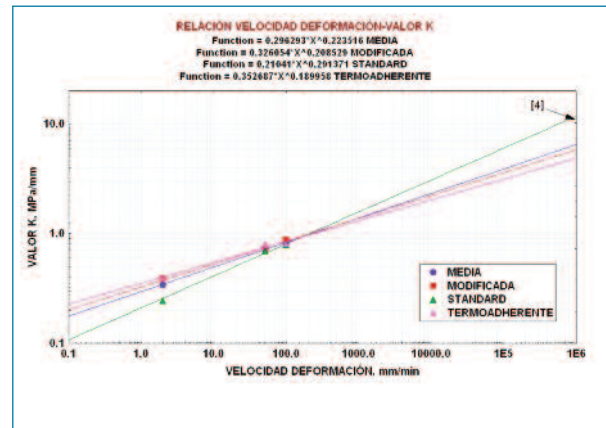


Figura 10

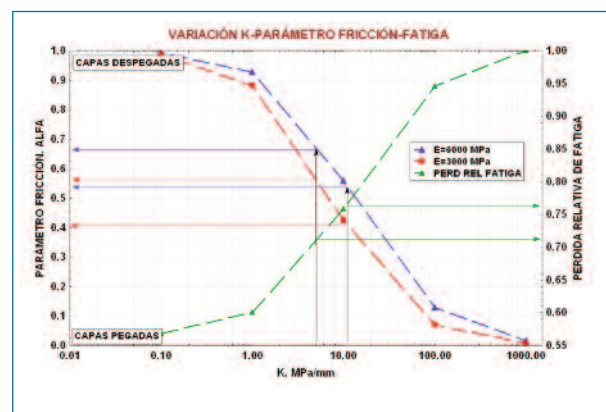


Figura 11

Por lo cual, a tenor de los valores de cortante obtenidos en el análisis multicapa del ejemplo, habría que recalculer el estado tenso-deformacional con esta hipótesis de adherencia de capas, si bien, en base a los

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

valores de cortante obtenidos para el plano X-Y, se puede concluir que las capas trabajan en régimen elástico, pero parcialmente pegadas. Esto significa que, si los materiales mantienen sus características iniciales, la adherencia entre capas no debería sufrir una degradación en el tiempo, pero sí una afectación al estado tenso-deformacional del conjunto del firme.

7. ISÓCRONAS A VARIAS TEMPERATURAS

Este trabajo se ha completado con ensayos sobre el mismo tipo de probetas, a una temperatura de 5°C, 20°C y 40°C, y una velocidad de deformación de 50.8 mm/min.

TEMP °C	K, MPa/mm		
	MODIF	STAND	TERM
5	1,49	1,42	1,19
20	0,78	0,85	0,98
40	0,31	0,33	0,35

Tabla 10

Inicialmente se han obtenido los valores de K para T=20°C y 2 mm/min, 50.8 mm/min y 100 mm/min, ahora se dispone de K a T=5°C; T=20°C y T=40°C y 50.8 mm/min. Aplicando la misma relación media entre los valores de K de 5°C, 20°C y 40°C a 50.8 mm/min, al resto de velocidades, 2 mm/min y 100 mm/min, y aplicando el principio de superposición frecuencia-temperatura, en este caso velocidad de deformación-temperatura, se obtiene un factor de desplazamiento, log(aT), respecto de T=20°C, de -1.7 para 40°C, y 1.3 para 5°C (ver Figura 13).

La variación de log(aT) con la temperatura se puede considerar lineal en el rango de estudio, con lo que se podría extrapolar a otras temperaturas. Si, a pesar de todo, se utiliza la relación de Williams-Landel-Ferry a los desplazamientos obtenidos, -1.7 a T=40°C, y 1.3 a 5°C.

$$\log a_T = -\frac{C_1(T - T_0)}{C_2 + (T - T_0)}$$

Siendo T₀ la temperatura de referencia (T=20°C), se obtiene, una C₁=161 y C₂=1875, con lo que la relación log(aT)-T es lineal en un amplio rango de temperaturas.

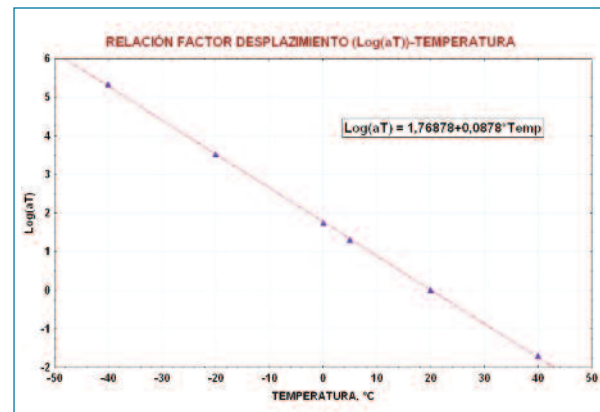


Figura 12

Una vez establecida esta relación, se puede conocer la temperatura y velocidad de deformación necesaria en laboratorio para cualquier condición de tránsito real.

Por ejemplo, a una velocidad real de 60 Km/h ≈ 1.000.000 mm/min y T=20°C; para reproducirlo en laboratorio a velocidad de 100 mm/min: log(aT)=log(1.000.000/100)=4.

La temperatura de laboratorio será: (4-1.7685)/-0.0878=-25.4°C. Según relación en Figura 12.

Es decir, si se quiere reproducir la K de respuesta de un firme a un paso de un vehículo a 60 km/hora y 20°C, en laboratorio con una velocidad de corte de 100 mm/min, la temperatura tendría que ser de -25.4°C.

Si la velocidad de laboratorio es de 50.8 mm/min: log(aT)=log(1.000.000/50.8)=4.29

La temperatura de laboratorio será: (4.29-1.7685)/-0.0878=-28.7°C

Finalmente, si la velocidad de deformación es de 2 mm/min: log(aT)=log(1.000.000/2)=5.70

La temperatura de laboratorio será: (5.70-1.7685)/-0.0878=-44.8°C

Igualmente, para simular una velocidad de 100.000 mm/min y T=20°C, con velocidad de laboratorio de 100 mm/min, la temperatura de laboratorio sería de T=-14°C.

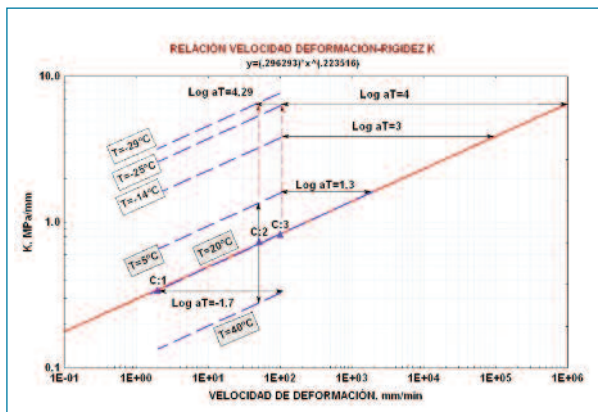


Figura 13

La Figura 13 muestra la transformación gráfica que igualmente se puede hacer para obtener el valor de K correspondiente a 20°C y 1.000.000 mm/min, y que obtiene los mismos resultados que de forma analítica. Sería necesario hacer el ensayo de corte a -25°C, y una velocidad de deformación de 100 mm/min, o bien a -29°C y 50.8 mm/min. Para que estos valores de K sean confirmados habría que comprobar, en el entorno de estudio, la linealidad de la extrapolación (K-VEL), y por lo tanto del factor de desplazamiento, $\log(aT)$ -Temperatura, para lo que habría que hacer el ensayo de corte a las tres velocidades y a temperaturas lo más bajas posible. Queda pendiente para un trabajo futuro

Es normal que los valores de K estén entre un mínimo y un máximo, con lo que las curvas isocronas serían en S ó sigmoideas, y este paralelismo se mantendría solo en un determinado rango de velocidades, con lo que, en el caso de no mantenerse la linealidad o el paralelismo a estas temperaturas, los valores de K serían inferiores en las velocidades altas.

8. CONCLUSIÓN

Se ha estudiado el comportamiento de tres tipos de emulsiones: MODIFICADA; STANDARD, Y TERMOADHERENTE, respecto del ensayo de corte de la norma NLT-382/08. Las conclusiones son las siguientes:

La emulsión STANDARD tiene valores de tensión máxima, T, y pendiente del tramo elástico K, inferiores a las otras dos, aunque tiende a igualarse para valores crecientes de la velocidad de deformación. Este factor hace que la extrapolación a valores altos la favorezca.

Los valores de K, en la MODIFICADA, son ligeramente más altos y con un crecimiento más regular respecto de la velocidad de deformación.

Se ha estudiado la relación que hay entre los valores de K obtenida en los ensayos de laboratorio, y la utilizada en la adherencia mecánica entre capas en el cálculo estructural de los sistemas multicapa.

Se han estimado los valores de K para las velocidades reales en carreteras, con resultados distintos para cada una de las emulsiones, y se han comparado con la obtenida por Piber, Canestrari y Ferrotti. En conjunto, para velocidades de 60 km/h ($\approx 1.000.000$ mm/min) se han obtenido valores entre 5 MPa/mm y 11 MPa/mm.

En base a este rango de valores, y según el criterio expresado en el programa multicapa elástico BISAR 3.0, se deduce que el parámetro de fricción está comprendido entre 0.54 y 0.67, lo que supone que las capas están parcialmente adheridas.

Se ha calculado el estado tenso-deformacional de un firme concreto, y se ha visto el impacto que tienen diversos valores del parámetro de fricción en la vida del firme, resultando que, en este caso, la fatiga se atenúa al 72% a 77% respecto de la obtenida con capas perfectamente adheridas.

Se han estudiado los valores de esfuerzo cortante y tensión normal en el plano X-Y a lo largo del eje longitudinal que pasa por el centro de una de las doble ruedas y en la base de la capa de superficie del firme de referencia. Se deduce que, en el paso de un vehículo, el valor del cortante alto coincide con valores bajos de la tensión normal, con lo que no sería necesaria la incorporación de la tensión normal en el ensayo de corte.

Solamente en caso de frenado, ambas tensiones, la cortante y la normal, coinciden en el espacio, con lo que aumenta considerablemente el cortante en el plano XY, y sería necesario introducir la tensión normal con el consiguiente aumento de los valores de K.

Como resumen, y por los resultados obtenidos, se puede deducir que la interfase de la capa superior trabaja en el campo elástico, pero con capas parcialmente adheridas, por lo que salvo los cambios que puedan sufrir los materiales en el tiempo, el problema de la adherencia se centra básicamente en la disminución de la resistencia a la fatiga.

Valoración de la eficacia de los riegos de adherencia. Análisis de los datos de ensayo de corte según la NORMA NLT-382.08 en diversas emulsiones

Aplicando el principio de superposición frecuencia-temperatura, se deduce que para reproducir las condiciones similares a las de servicio, habría que hacer el ensayo de corte a una temperatura aproximada de -25°C , y velocidad de carga de 100 mm/min, o a -29°C y 50.8 mm/min.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tashman, L., Masad, E., D'Angelo, J., Bukowski, J., [1] Time-temperature superposition principle for interlayer shear strength of bituminous pavements Andrea Graziani Francesco Canestrani and alt. 2017. Road Materials and Pavements Design.
- [2] Fatigue performance of interface bonding between asphalt pavements layers using four-point shear test set.up. Ali Rahman and alt. 2019. International Journal of Fatigue.
- [3] Interlayer Bond Evaluation in flexible Pavements Structures Using a Nondestructive Testing Method. E.V.Uglova, A.N.Tytaturian.2016. Elsevier editions.
- [4] Tack Coat Optimization for HMA Overlays. Accelerated Pavement Test Report. Al-Cadi and alt. 2009. Illinis Center Of Transportation
- [5] State-of-the-Art review of interface bond testing devices for pavements layers: toward la standardization procedure. Ali Rahman end alt. 2016. Journal of Adhesion Science and Technology.
- [6] Evaluation of Bond Between Bituminous Pavement Layers. Thesis Master of Technology of Civil Engineering. Bidyut Bicach Sutradhar. 2012.
- [7] The Influence of Bonding between Layers on Pavement Performance, a case study of Malaysian Road.Zulkifili and Sutanto.2018.
- [8] Effect on Interlayer Bonding quality of Asphalt Layers in Pavement Performance.Jaskula and Dawid. IOP Publishing. 2017

CEN/TS 12697-51:2022 Norma técnica.

Ensayo de resistencia al cizallamiento superficial

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. OBJETO Y PRINCIPIO DEL ENSAYO

Método de ensayo que permite medir la resistencia al cizallamiento o torsión de las capas de mezclas superficiales, diseñado para la medición en los aeropuertos y calles de rodaje.

Se determina la resistencia a la torsión que ofrece la capa superficial a partir del torque obtenido tras aplicar un giro sobre elementos colocados en la superficie del pavimento.

Se puede determinar in situ en la zona de obra o en el laboratorio.

2. MÉTODO OPERATIVO

El equipo precisa un torquímetro calibrado en el intervalo de 0 a 400 Nm provisto de un dispositivo capaz de acoplarse sobre las placas de acero.

Placas de acero de 95 ± 5 mm de diámetro y 14 ± 2 mm de espesor con elementos que permitan incorporarlo al torquímetro.

Termómetro capaz de medir la temperatura ambiente hasta 100°C con precisión de $0,5^\circ\text{C}$.

Equipo de saca testigos con posibilidad de realizar el corte en testigos de 200 mm de diámetro (solo para pruebas de laboratorio).

Otros equipos: reloj o cronómetro, calibre, regla de acero, nivel de burbuja o baño de agua.

Material adhesivo para fijar las placas al pavimento.

3. EQUIPAMIENTO

La superficie de ensayo debe tener una textura superficial homogénea y estar limpia de cualquier elemento extraño o vertido.

Procedimiento de ensayo in situ.

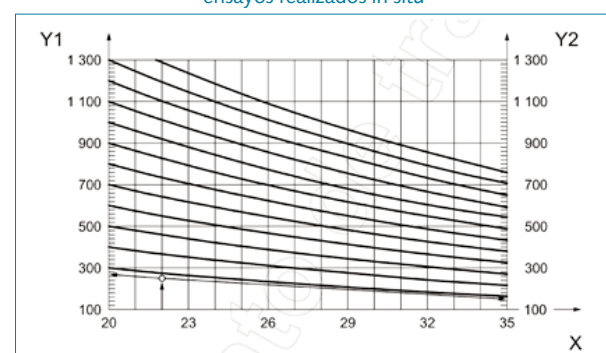
Se fija la placa metálica al pavimento con la ayuda del adhesivo, cubriendo toda la superficie y asegurando la adherencia. Para cada ensayo se utilizan 3 placas metálicas colocadas a una distancia máxima de 1 metro entre sí y mínima de 100 mm.

Una vez endurecido el adhesivo, se coloca el torquímetro y se toma la temperatura del material (preferiblemente para realizar el ensayo a 20°C).

Se aplica el par de torsión a un ritmo constante de la llave dinamométrica para un recorrido con un ángulo de 90° en un tiempo de 30 ± 15 segundos.

Se aplica el par sobre la placa metálica hasta que se produzca un fallo o se supere un par de 400 Nm, anotando el par de torsión en el momento del fallo, M, en Nm.

Tabla de correcciones por temperatura de los valores para los ensayos realizados in situ



CEN/TS 12697-51:2022 Norma técnica. Ensayo de resistencia al cizallamiento superficial

Y1, Y2 Resistencia al cizallamiento en kPa.

X Temperatura en °C.



Fotografía disposición de las placas.



Fotografía equipo torquímetro montado.

Procedimiento de ensayo en laboratorio.

Se cortan testigos de 200 mm de diámetro con una profundidad máxima de 50 mm. Se utilizan 6 testigos en caso de realizar acondicionamiento o 3 testigos si no lleva acondicionamiento, siendo rechazados los testigos con defectos o daños en la zona central o en los bordes. Los testigos se almacenan a una temperatura entre 0 y 5°C

Se montan los testigos en la placa de base asegurando su adherencia con el adhesivo y que la parte superficial de la probeta se encuentre paralela a la superficie.

Se acondiciona durante al menos 4 horas a una temperatura de 35±2°C o 20±2°C y registrando el tiempo de almacenamiento y la temperatura del ensayo. Montar el torquímetro y aplicar el par para un ángulo de 90° en un tiempo de 30±15 segundos.

El ensayo debe realizarse completarse en los 5 minutos siguientes a su salida del dispositivo donde se haya acondicionado a la temperatura. Se anota el par de torsión en el momento del fallo, M, en Nm.

Se examina el material adherido, profundidad de fallo forma de fallo y se registran los valores de cada uno de los ensayos.

La resistencia al cizallamiento se determina median-

te la siguiente fórmula:

$$SBS = \frac{12 \times M \times 10^6}{\pi \times D^3}$$

SBS Resistencia al cizallamiento superficial, en kPa.

M Valor máximo del par aplicado, en Nm

D Diámetro de la placa metálica en mm

Es posible evaluar la resistencia a la torsión de dos series de testigos realizando una de ellas a una temperatura de 20°C tras almacenamiento en seco y la otra a la misma temperatura tras estar sometida a un almacenamiento en inmersión en agua a 20°C después de 168±2 horas.

4. PUNTOS CRÍTICOS

El fallo se produce a veces fuera de la zona de la placa metálica, aunque se indica que el efecto es el mismo.

La temperatura de ejecución del ensayo y el tiempo de vida del material es determinante en los resultados que se obtienen.

No se dispone de suficiente experiencia ni de valo-

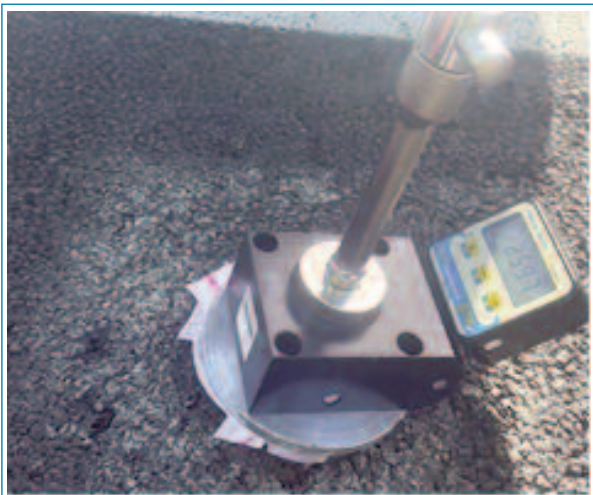
res de referencia que permitan valorar el comportamiento de las mezclas bituminosas o la adherencia entre las capas.

No se contemplan temperaturas por debajo de 20°C para la realización del ensayo.

5. COMENTARIOS

Se utiliza para medir la resistencia al cizallamiento o la adherencia entre las capas de rodadura y la intermedia. Es un procedimiento muy bueno para valorar y asegurar la adherencia entre las capas en la propia obra con los materiales y las condiciones reales de ejecución.

En el anejo A de la norma se muestran fotografías con ejemplos de fallos típicos en las mezclas bituminosas.



Fotografía medición adherencia entre capas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 12697-27. Muestreo.

Es un ensayo sencillo y rápido que nos puede aportar información muy importante sobre el grado de adherencia entre la capa de rodadura y la siguiente, en mayor grado para las mezclas con espesor reducido (BBTM, SMA y AUTL).

TRASUT-RA

**TECNOLOGÍA ULTRADELGADA
PARA LA REPARACIÓN
Y EL MANTENIMIENTO
DEL PAVIMENTO**



KAO TECHNICAL APPLICATIONS | SOLUTION PROVIDER

**TRASUT-RA, PAVIMENTO ULTRADELGADO.
ULTRA EFECTIVO**



Ligantes sostenibles para carreteras con futuro



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

Fruto del trabajo de investigación del Departamento Técnico de Asfaltos, Cepsa, como empresa energética global, diversificada, presente en los cinco continentes y líder en el sector, confirma su compromiso con la sostenibilidad mediante el desarrollo de una nueva gama de betunes para la pavimentación, eficientes, duraderos y que, además, se sustentan sobre principios de economía circular. El carácter innovador de los tra-

bajos llevados a cabo permite a la compañía ofrecer una gran variedad de betunes y derivados de última generación.

Además, Cepsa dispone también de lubricantes más eficientes que reducen el consumo de combustibles y las emisiones de CO₂, así como de soluciones energéticas para la nueva movilidad en su red de estaciones de servicio (eléctrica, GNV, hidrógeno...). A través de su estrategia para impulsar un futuro energético más sostenible, Cepsa busca nuevas respuestas a las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

Siguiendo este espíritu innovador, los últimos trabajos de investigación del Departamento Técnico de



Publirreportaje: Ligantes sostenibles para carreteras con futuro

Asfaltos, han dado como resultado una solución pionera en España para mezclas asfálticas más sostenibles, como las denominadas MASAI (Materiales Asfálticos Sostenibles, Automatizados e Inteligentes), a través de la aplicación de los ligantes desarrollados por Cepsa: Flexodur BMC-3b, que aprovecha el polvo de neumático al final de su vida útil y, Flexodur BMC-3b BT que, además, permite fabricar la mezcla asfáltica a menor temperatura. De esta forma, se contribuye a la disminución de residuos y emisiones, aportando altas prestaciones mecánicas y funcionales.

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

No es la primera vez que Cepsa trabaja en proyectos relacionados con el desarrollo de materiales sostenibles. Según datos de la propia compañía, el proyec-

to Ecoasfaltos, desarrollado en colaboración con la Universidad de Granada y financiado por la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), dio origen al diseño de mezclas asfálticas de baja temperatura con residuos sólidos de difícil gestión ambiental procedentes de las refinerías y plantas químicas de la compañía. Los objetivos del proyecto ya reflejaban el compromiso de Cepsa con la innovación como vía para implementar la economía circular en sus procesos y productos.

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



Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura

Jesús Felipe Sanjuan
Director Técnico de Pavasal

1. INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido, el proceso de fabricación de mezclas bituminosas en caliente es un proceso intensivo en consumo de energía, debido a que las mezclas fabricadas deben emplearse a temperaturas muy por encima de la temperatura ambiente. Si se analiza con detalle el proceso, se puede llegar a la conclusión que, en realidad, los objetivos principales de fabricar las mezclas a esas temperaturas son, fundamentalmente dos:

- Eliminar el agua de los áridos, que puede afectar negativamente a las características mecánicas de los productos fabricados y a su durabilidad.
- Suministrar energía a los áridos hasta alcanzar una determinada temperatura para, por una parte, asegurar la envuelta y la trabajabilidad de la mezcla manteniendo la viscosidad del ligante en valores adecuados y, por otra, permitir un periodo de tiempo suficiente para su transporte y puesta en obra con una viscosidad del ligante, y también de la mezcla, que sea adecuada para el extendido y la compactación en obra.

Pues bien, las técnicas de fabricación de mezclas a baja temperatura permiten adaptar las características reológicas de la mezcla bituminosa para conseguir envolver el árido con el ligante, transportar la mezcla, extenderla y compactarla a menores temperaturas, consiguiendo que las características finales de las mismas sean similares a las de las mezclas fabricadas a la temperatura habitual, obteniendo una importante reducción en el consumo de energía y generación de emisio-

nes, así como una menor velocidad de enfriamiento hasta su extendido y compactación.

En la mayoría de los casos, para fabricar estas mezclas a baja temperatura, se están empleando las mismas instalaciones de fabricación de mezclas bituminosas que se emplean para la fabricación de mezclas en caliente; pero, por las diferentes características de los productos y su proceso de fabricación, son necesarias adaptaciones en las instalaciones para optimizar el proceso.

Las mezclas a baja temperatura (tanto las mezclas semicalientes como las templadas) emplean diferentes tecnologías para alcanzar sus objetivos. En función de qué tecnología se emplee para fabricarlas las plantas de fabricación deberán ser adaptadas y modificadas.

En este documento no se va a describir en detalle cada tecnología desarrollada, pero sí las modificaciones necesarias en las plantas de fabricación para su aplicación.

De forma genérica, se puede decir que, por las características del proceso, existen algunas precauciones que hay que tener en cuenta, sea cual sea el procedimiento de fabricación, entre las que destacan las siguientes:

- Adaptación, en su caso, del quemador a su nuevo régimen de funcionamiento, para alcanzar una combustión eficiente.
- Debido a las menores temperaturas es importante el control de la temperatura de los gases de salida, ya que, en algunos casos, estos podrían estar por debajo de 100°C pudiendo producirse condensación en el filtro de mangas o incluso en la chime-

Novedades en la maquinaria de obra: Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura

nea, provocando corrosión y colmatación de las mangas.

Estas problemáticas pueden minimizarse con buenas prácticas, como puede ser el precalentamiento del filtro de mangas antes de iniciar la producción o con protecciones anticorrosivas.

A continuación, se van a analizar las adaptaciones más importantes necesarias en las plantas de fabricación existentes en función de distintos tipos de metodología. Aquellas tecnologías que no necesiten adaptaciones en las instalaciones de fabricación (por ejemplo, el empleo de betunes de baja temperatura procedentes de suministradores externos) no van a ser tratadas en este apartado.

Asimismo, las instalaciones de fabricación con capacidad de incorporación de asfalto recuperado (RA) y calentamiento de éste mediante transferencia de calor desde los áridos sobrecalentados, son muy adecuadas para fabricar mezclas a baja temperatura, sin afectarse el funcionamiento del quemador ni la temperatura final de gases; para ello, se usa la línea de incorporación del RA para añadir a la mezcla una parte de los componentes sin precalentamiento, tanto áridos vírgenes fríos como RA.

2. MEZCLAS SEMICALIENTES

Las mezclas semicalientes emplean betún como ligante y se fabrican a temperaturas por encima de los 100°C. Las metodologías de fabricación más habituales son las siguientes:

2.1. Fabricación de mezclas semicalientes mediante incorporación de aditivos.

En función del tipo de aditivo existen diferentes formas de incorporación. Las más habituales son las siguientes:

- Aditivos líquidos. Se pueden incorporar previamente al ligante antes de su incorporación a la planta, obteniéndose un ligante especialmente preparado, o en línea, añadiendo a la planta de fabricación un sistema de aditivación que debe dosificar adecuadamente. También se pueden incorporar directamente al mezclador.
- Aditivos sólidos. También se pueden incorporar previamente al ligante, en cuyo caso no son necesarias modificaciones en la planta, o pueden añadirse

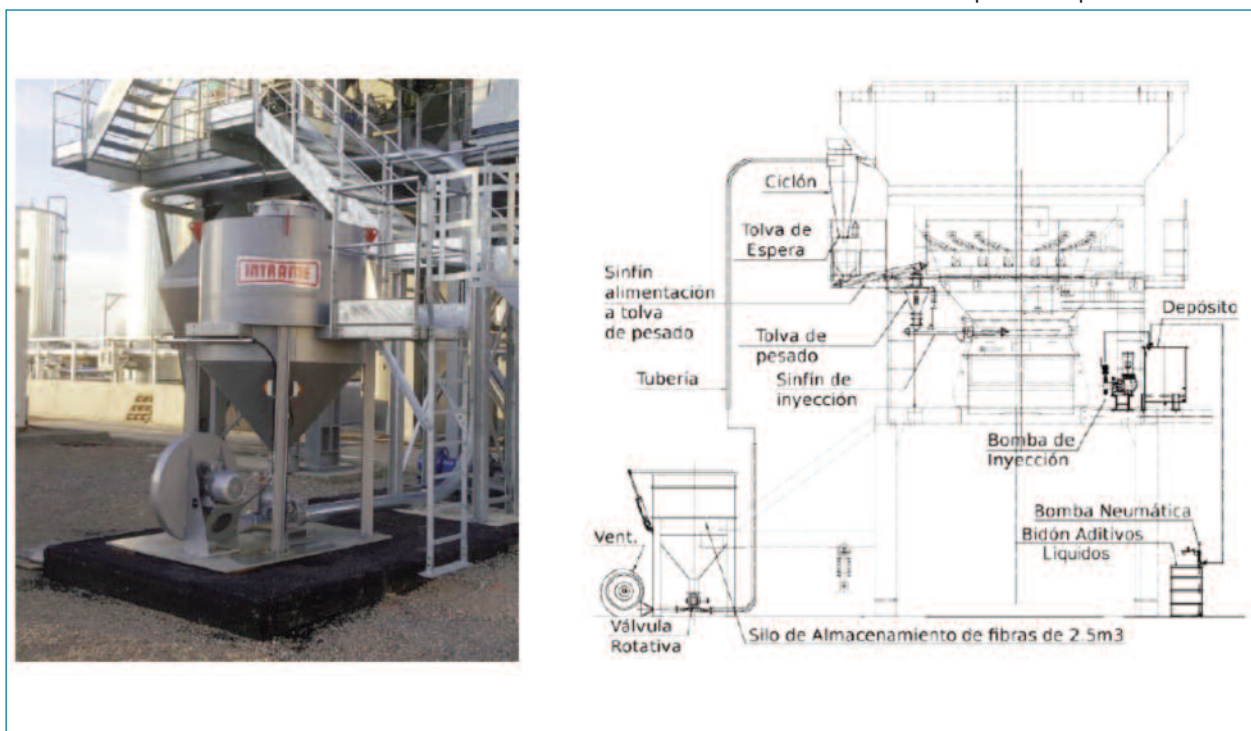


Figura 1: Dosificador aditivos (Fuente: INTRAME)

Novedades en la maquinaria de obra: Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura



Figura 2: Dosificador aditivos (Fuente: SOTECMA)

directamente al mezclador.

Históricamente, este tipo de aditivos se han incorporado en el mezclador con sacos que se funden con la temperatura; en los últimos tiempos se han desarrollado sistemas incorporación de aditivos sólidos que permiten dosificar adecuadamente el producto a granel. Este equipamiento necesita de una adecuada sincronización con los sistemas de automatización de la planta, para incorporar el aditivo en el momento correcto con la dosificación requerida.

2.2. Fabricación de mezclas semicalientes mediante espumación indirecta.

Este proceso consiste en incorporar al mezclador productos que contengan agua (filleres hidrofílicos o áridos húmedos), de forma que al mezclarse con el be-

tún provocan la espumación del ligante.

En el caso de filleres hidrofílicos, como son las zeolitas, el porcentaje a incorporar a la mezcla es pequeño, con lo que se podrían emplear los dosificadores de aditivos sólidos planteados anteriormente.



Figura 3: Cinta transportadora para incorporación a mezclador de materiales granulares

Novedades en la maquinaria de obra: Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura

Para el caso de la incorporación de áridos húmedos al mezclador, los porcentajes a incorporar suelen ser mayores, en cuyo caso hay que buscar métodos de incorporación similares a los que se emplean para la incorporación de material fresado al mezclador.

2.3. Fabricación de mezclas semicalientes mediante espumación directa.

La espumación de betún directa se realiza con dispositivos mecánicos que se instalan habitualmente en paralelo con la línea de betún. La espuma de betún se genera al agregar una pequeña cantidad de agua al betún caliente, provocándose un intercambio energético rápido, generándose vapor de agua que, por efecto de la presión mantenida, acaba ocluido en el betún, formando la espuma cuando se produce la expansión del vapor.

En general, los fabricantes de plantas ofrecen este tipo de dispositivos, que pueden ser adaptados a las diferentes plantas. La incorporación de los espumadores a las plantas necesita, además de la instalación del mismo en línea con el ligante, una adecuada sincronización con la automatización de la planta, ajustando la incorporación del agua en el momento adecuado del proceso de fabricación, para asegurar la calidad y homogeneidad del ligante espumado fabricado.

En la actualidad existen diferentes sistemas de espumado para poder incorporar a las plantas (tanto para plantas continuas como discontinuas) teniendo en cuenta que en el primer caso el suministro de espuma debe ser continuo, mientras que en el segundo dicho

suministro debe realizarse en el momento que el ligante está entrando en el mezclador, adecuándose a los ciclos de las amasadas.

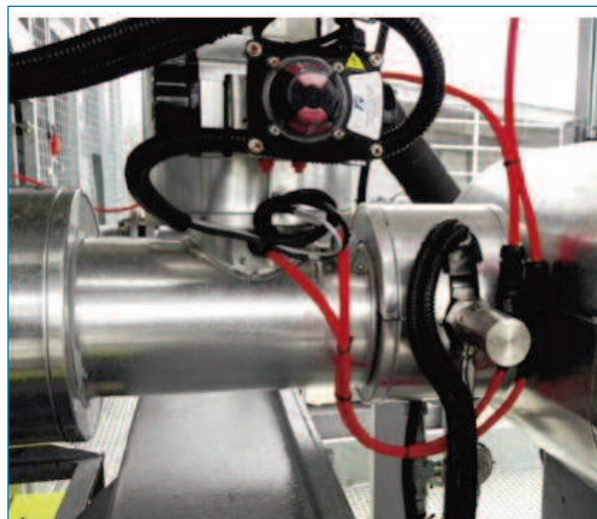


Figura 5: Espumador de betún (Fuente: INTRAME)

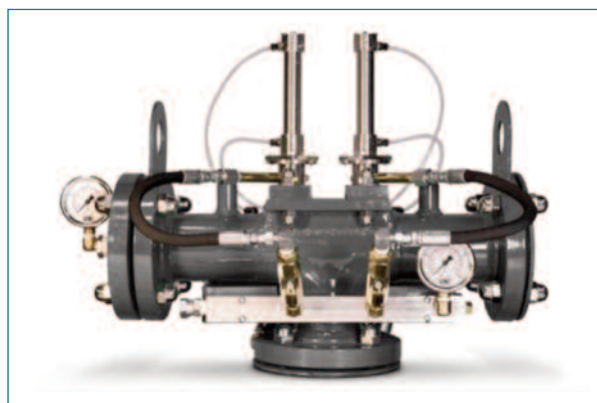


Figura 5: Espumador de betún (Fuente: ASTEC)

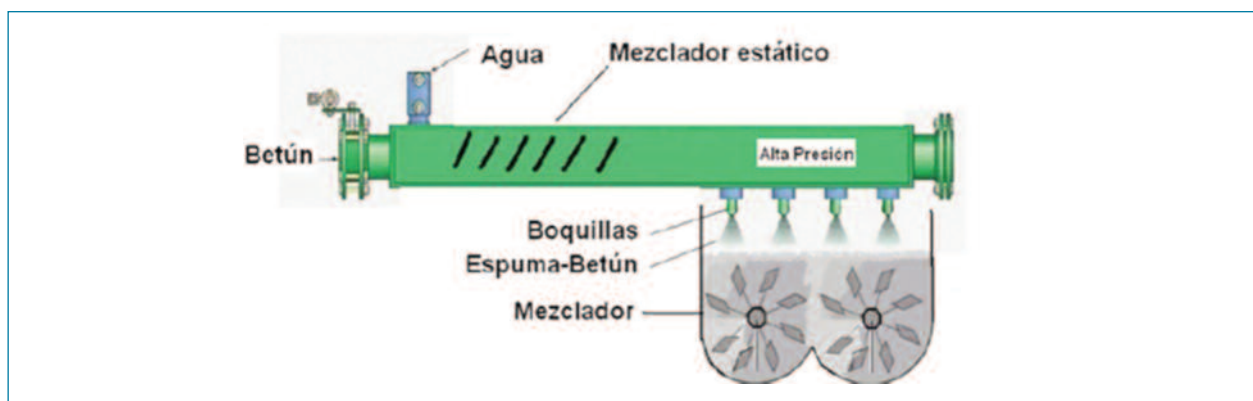


Figura 4: Esquema de sistema de espumación mecánica de betún

Novedades en la maquinaria de obra: Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura

3. MEZCLAS TEMPLADAS

Las mezclas templadas se fabrican por debajo de los 100°C y se pueden emplear como ligantes tanto betún espumado como emulsiones.

Las principales diferencias de las mezclas templadas con las semicalientes es que la fabricación de las mezclas por debajo de 100°C conlleva que no hay un secado total de los áridos. Este contenido de humedad en los áridos afecta directamente a varios puntos en la instalación de fabricación.

- En las plantas discontinuas el árido que no está totalmente seco puede generar problemas de colmatación en las cribas.
- Tal y como ya se ha comentado anteriormente, el sistema de depuración de gases puede sufrir condensación de agua, afectando a la propia depuración de los gases como a la posible corrosión de la instalación.
- La extracción del filler es incompleta, siendo el control de la mezcla algo más complejo.
- En muchos casos el ligante es emulsión bituminosa, lo que hace que el agua de la misma se evapore al entrar en contacto con los áridos calientes en el mezclador, lo que hay que tener en cuenta en la planta para permitir su evacuación. También hay que tener en cuenta que la incorporación de emulsión al proceso necesita una línea de suministro independiente, diferente de la que se emplea para el betún.

Por todos los motivos citados anteriormente, no todas las plantas de fabricación de mezclas bituminosas en caliente pueden ser adaptadas para fabricar mezclas templadas. No obstante, como ya se ha indicado, las plantas con capacidad de incorporación de RA son muy adecuadas, obviando los problemas anteriores.

Antes de entrar a exponer algunos de los métodos de fabricación más habituales, con las adaptaciones necesarias para las plantas existentes hay que decir que existen instalaciones de fabricación específicamente diseñadas para el empleo de esta tecnología de una for-

ma más optimizada. Las principales adaptaciones serían las siguientes:

3.1. Fabricación de mezclas templadas mediante espumación directa.

En este caso se pueden emplear los mismos métodos y tecnologías de espumación que se han comentado anteriormente para las mezclas semicalientes, existiendo algunos procedimientos patentados con el objetivo de mejorar la envuelta en este tipo de mezclas. En este caso las plantas deberían adaptarse de la misma forma que anteriormente se ha comentado, con la única salvedad que, para las plantas discontinuas, debería evitarse el paso por las cribas de los áridos húmedos, empleando el bypass, si es que es posible.

Un método para obtener esta temperatura es la de sobrecalentar una parte de los áridos y aportar el resto (o RA) a temperatura ambiente, lo que evita el paso de áridos húmedos por las cribas.

3.2. Fabricación de mezclas templadas mediante espumación indirecta.

Estos métodos se basan en la fabricación de la mezcla incorporando, por una parte, árido seco a alta temperatura (lo que permite mantener optimizado el quemador y los procesos de depuración de gases) y por otra, el resto de áridos, que suele ser la arena, que se introduce con una humedad determinada en el mezclador, consiguiendo espumar el betún. Este también es el método que se emplea para reciclados, incorporando las fracciones de RA a temperatura ambiente.

En este caso, al igual que para mezclas semicalientes mediante espumación indirecta, se pueden emplear los métodos de incorporación ya comentados para esa metodología de fabricación.

3.3. Fabricación de mezclas templadas mediante el empleo de emulsión bituminosa.

El proceso consiste en calentar los áridos hasta la temperatura necesaria para obtener una mezcla entre 70 y 100 °C. Además de los ajustes generales expues-

Novedades en la maquinaria de obra: Adaptación de instalaciones para la fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura

tos anteriormente para las mezclas templadas, la planta debe adaptarse para el empleo de esta tecnología. También, tal y como ya se ha comentado en diferentes apartados del documento, dicha temperatura puede obtenerse sobrecalentando una parte de los áridos y aportar el resto (o RA) a temperatura ambiente. Las principales cuestiones son

- Es necesario disponer de un sistema de pesada e incorporación de la emulsión independiente del sistema habitual para el betún, con el objetivo de evitar problemas de obstrucción y deterioro de la emulsión, posibilitando el adecuado funcionamiento del sistema.
- En este caso, y debido a la humedad existente en el árido, debería evitarse el paso por las cribas de los áridos húmedos, empleando el bypass, si es que es posible. Se reitera, como ya se ha comentado, salvo que se trate de una instalación de reciclado por transferencia de calor, en que sólo la parte de áridos sobrecalentados, y secos, pasa por cribas.
- En el proceso de mezclado, cuando la emulsión entra en contacto con los áridos calientes, se produce vapor de agua procedente de la emulsión. Para que este vapor de agua no afecte a la instalación y al funcionamiento correcto de la misma, debe ser tenido en cuenta y extraído del mezclador. En algunas plantas se han instalado tubos extractores en el mezclador, que pueden llevar estos gases generados nuevamente al tambor secador.

estudio previo en profundidad de la solución que se quiere aplicar.

La implantación de este tipo de tecnología permite obtener ahorros energéticos importantes, así como una reducción de emisiones en el proceso de fabricación, lo que debe impulsar su empleo y su mayor implantación en el sector.

4. CONCLUSIONES

En definitiva, como se puede observar, la mayoría de las instalaciones de fabricación de mezclas bituminosas en caliente pueden ser adaptadas para la fabricación de mezclas a baja temperatura.

Cuando se incorporan dispositivos al proceso, hay que contar con la adecuada sincronización con el proceso automatizado de fabricación que tiene la planta existente.

Estas adaptaciones, y su coste, van a depender de la tecnología que se quiera emplear y de la instalación de la que se parta, por lo que es fundamental hacer un

Análisis por imágenes de mezclas asfálticas para su control expeditivo

Luis Zorzutti
zorzutti@fceia.unr.edu.ar
Regina Muzzulini
remuzzu@gmail.com

Marina C. Casaux
mccasaux@fceia.unr.edu.ar
Silvia Angelone
sangelon@fceia.unr.edu.ar

En estudios previos se procedió a caracterizar la estructura de mezclas asfálticas a través de análisis de imágenes usando los programas AphelionLab e Ipas 2D. AphelionLab permite obtener curvas granulométricas aproximadas a la real, con errores menores al 10% para tamaños de agregados mayores a 0.6 mm. Dicha curva sumada a la imagen de la probeta constituye la información de ingreso al programa Ipas 2D, que permite determinar puntos de contacto entre agregados, orientación y segregación de los mismos dentro de la mezcla asfáltica. Con ellos se valoró la influencia de los diferentes métodos de compactación utilizados en laboratorio: por impacto (Marshall), por amasado Giratorio (CGS) y por rollado de Placa (Compactador de Rodillo).

El objetivo del presente trabajo es continuar con la investigación previa y reproducir con mayor precisión los parámetros de la estructura granular interna de la mezcla asfáltica mediante el programa Ipas 2D, adquirir experiencia con testigos calados en obra, analizar la importancia de la geometría de los mismos. Se define una metodología para comparar las características físicas entre las probetas compactadas en laboratorio y los testigos calados en el campo, y de esta forma plantear un control expeditivo mediante el uso de imágenes tomadas por teléfono móvil en campaña/laboratorio para distintas mezclas asfálticas empleando así un procedimiento rápido, que permita apreciar la granulometría y/o su composición en probetas y testigos de mezclas asfálticas. Se presentan los resultados obtenidos, el análisis de los mismos y las conclusiones alcanzadas.

Palabras Clave: mezclas asfálticas, análisis por imagen, control de compactación.

In previous studies, the structure of asphalt mixtures was characterized through image analysis using the AphelionLab and Ipas 2D programs. AphelionLab allows obtaining granulometric curves that are approximate to the real one, with errors of less than 10% for aggregate sizes greater than 0.6 mm. This curve added to the image of the test specimen constitutes the input information to the Ipas 2D program, which allows determining contact points between aggregates, orientation and segregation within the asphalt mix. Then, the influence of the different compaction methods used in laboratory was evaluated: by impact (Marshall), by rotary kneading (CGS) and by plate rolling (Roller Compactor).

The objective of this work is to continue with previous investigation and to reproduce with greater precision the parameters of the internal granular structure of the asphalt mix using the Ipas 2D program, to gain experience with in situ specimens and, to analyze the importance of their geometry.

A methodology is defined to compare the physical characteristics between the laboratory test specimens and cored ones in situ, and so, to propose an expeditious control protocol by the use of images taken by a mobile phone in the field/laboratory for different asphalt mixtures, using a quick procedure, which allows to appreciate the granulometry and/or its composition in laboratory and cored specimens of asphalt mixtures. The results obtained, their analysis and the conclusions reached are presented.

Keywords: asphalt mixtures, image analysis, compaction control.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de tecnologías de la información es esencial, pues facilita el desarrollo más eficiente debido a la actualización permanente de softwares y aplicaciones, permitiendo multiplicidad de funciones acordes a las necesidades actuales. Así como el análisis por imágenes, existen diversas técnicas disponibles para el estudio de estructuras asfálticas. Tashman et al. (2002) [1] estudiaron un método no destructivo para visualizar características en el interior de objetos, permitiendo observar la distribución de vacíos de aire, por medio de la tomografía computarizada de rayos X; otras técnicas incluyen el uso de programas de procesamiento de imágenes en dos dimensiones tomadas con cámaras digitales.

En un contexto dinámico y cambiante es necesario renovar los conocimientos y acompañar dichas transformaciones desde la praxis implementando metodologías más accesibles que puedan ser efectivas y que garanticen un análisis de calidad, pero teniendo en cuenta la manera más expeditiva posible.

Este trabajo busca extender el alcance del análisis de mezclas asfálticas mediante imágenes para proveer mayor información en forma continua del trabajo en obra, comparando resultados de ensayos obtenidos en lotes de producción con resultados a partir del procesamiento de imágenes tomadas a testigos calados de mezclas asfálticas utilizados para el control de vacíos.

En estudios previos desarrollados en la Universidad Nacional de Rosario por Cassani et al. (2019) [2], se exploraron las distintas utilidades de los programas de análisis de imágenes: AphelionLab e Ipas 2D para estudiar las mezclas asfálticas compactadas; donde se pudo establecer que, si se desconoce la granulometría de la mezcla asfáltica a analizar se la puede determinar utilizando el programa AphelionLab, con un margen de error del 10% para tamaños mayores de agregados a 0.6 mm. Mientras que en el caso del Ipas 2D, si se dispone del esqueleto granular de la mezcla asfáltica a controlar o usando el resultado del programa AphelionLab, se puede realizar el estudio de las imágenes correspondientes, que posean esta granulometría, para determinar puntos de contacto entre agregados, orientación y segregación de los mismos.

En la Figura 1 se observa la curva granulométrica real, dato para poder hacer uso del programa Ipas 2D y la granulometría basada en la imagen analizada. Se puede apreciar que para los tamaños más finos de agregados la curva resultado del programa difiere de la curva real.

Continuando con la investigación mencionada anteriormente, se pretende establecer un procedimiento mediante el análisis de imágenes utilizando el programa Ipas 2D, desarrollado por el grupo MARC, Universidad de Wisconsin y liderado por el profesor Hussain Bahia [3] diseñado en MatLab. Este programa también fue empleado por otros investigadores para evaluar dis-

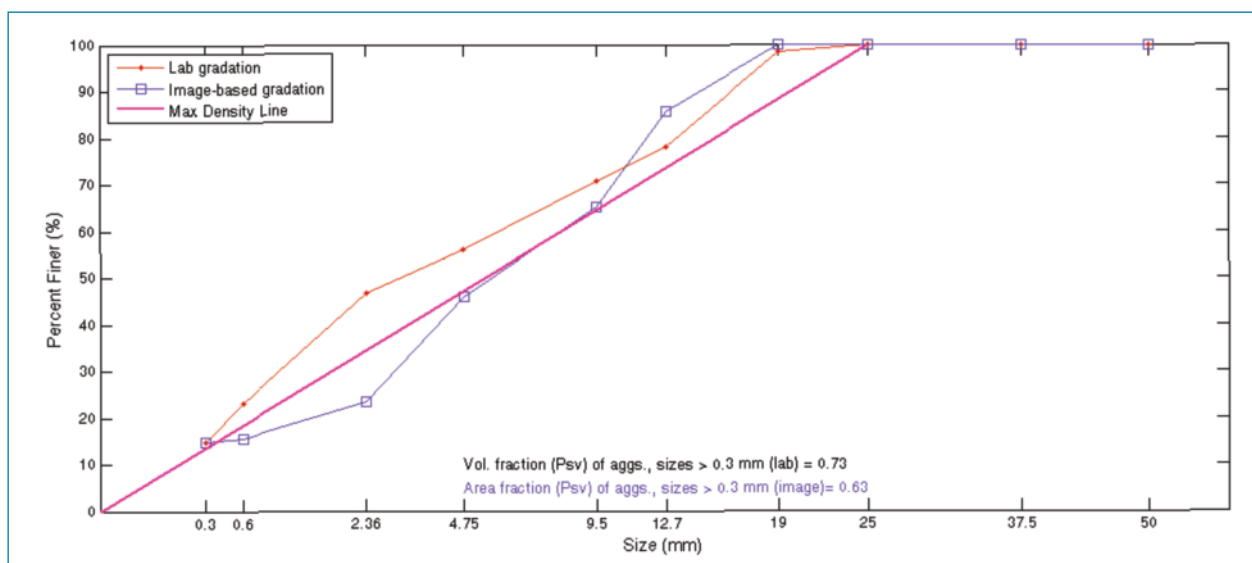


Figura 1. Granulometría real y basada en la imagen procesada, Ipas 2D

tintos comportamientos de los materiales; entre ellos Figueroa et al, (2015) [4], que analizaron la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica.

Se conoce que la compactación es un proceso que determina la orientación de los agregados y por ende la estructura que tendrá la mezcla asfáltica y esto le influye propiedades que afectan a su desempeño volumétrico y comportamiento mecánico. Además, el correcto y frecuente control de la mezcla colocada en obra, resulta necesario para constatar que posea propiedades similares a la mezcla diseñada en laboratorio, como bien explicitan en su estudio Airey y Collop (2014) [5].

Debido a esto se propone un análisis de imágenes expeditivo, partiendo de probetas caladas de mezclas asfálticas, utilizadas rutinariamente para control en obra, donde se indique, en función de los resultados del programa Ipas 2D, las características físicas de la mezcla en estudio y su comparación con la mezcla diseñada en laboratorio.

2. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

2.1. Materiales

Se dispone de una mezcla densa elaborada con un cemento asfáltico convencional (CA30), usualmente empleada en Argentina. A continuación, se presenta su composición y granulometría dentro de los requeri-

Agregados	Piedra 6-19	Piedra 0-6	Arena silícea	Filler	Asfalto
Cantidad (%)	45	45	10	1.5	4.67

Tabla 1. Composición mezcla asfáltica CA30

mientos técnicos, que se utilizará como input para el programa Ipas 2D. Tabla 1 y Figura 2.

Se comparan resultados obtenidos de las siguientes probetas elaboradas en laboratorio, con la misma mezcla de obra, con distintas técnicas de compactación y testigos calados de una base de 9 cm de espesor:

1. Probetas elaboradas en compactador giratorio de 150 mm de diámetro por 150 mm de altura, a la cual se le realiza un calado de 100 mm en su núcleo central, quedando así con características similares a los testigos calados, según su ordenamiento a simple vista.
2. Probetas compactadas por impacto (Marshall) de 65mm de espesor de acuerdo a la norma de vialidad Nacional (VN – E9 – 86). Se realiza un aserrado vertical de la probeta para observar su estructura.
3. Testigos calados en obra de 100 mm de diámetro (Figura 3).

Las propiedades de las probetas y testigos seleccionados para el estudio se muestran en la Tabla 2. El porcentaje de compactación está referido a la densidad de referencia de mezcla asfáltica producida para el tramo de donde se obtuvieron los testigos.

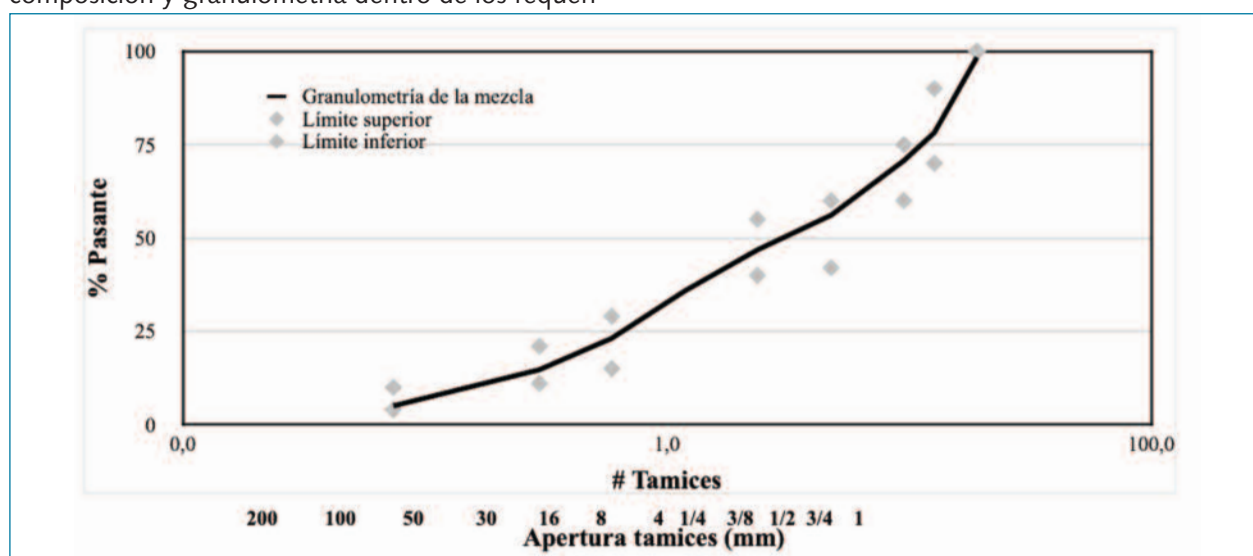


Figura 2. Composición y Granulometría mezcla asfáltica convencional CA30

Análisis por imágenes de mezclas asfálticas para su control expeditivo



Figura 3. Testigos calados

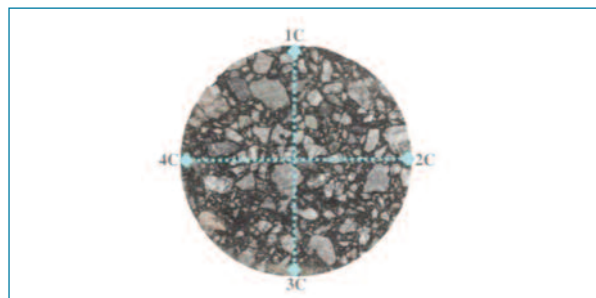


Figura 4. Trazado de 4 cuadrantes

Testigos o Probetas	Identificación	Contenido de asfalto en peso (%)	Vacíos (%)	Densidad Teórica Máxima (kg/dm ³)	Densidad Marshall (kg/dm ³)	Densidad referencia (kg/dm ³)	VAM (%)	RBV (%)	Compactación (%)
Calados	A	4.67	3.5	2.572	2.484	2.454	15.1	76.8	101.1
	B	4.67	2.8	2.572	2.501	2.454	14.5	80.7	101.9
	C	4.67	4.0	2.572	2.470	2.454	15.5	74.3	100.6
Marshall	1	4.67	6.0	2.572	2.418	2.454	17.3	65.3	98.5
	2	4.67	5.0	2.572	2.443	2.454	16.4	69.5	99.5
Giratorio	G	4.67	3.7	2.572	2.476	2.454	15.3	75.8	100.9

Tabla 2. Características de las probetas y testigos

2.2. Procedimiento

Para realizar un análisis expeditivo de testigos por imágenes se procede a limpiar los mismos eliminando todo tipo de polvo producto de su calado. Se destaca la importancia de que el testigo se encuentre seco y se tomen las fotos con muy buena iluminación, preferiblemente al sol pleno. Previo a la adquisición de las imágenes se deben marcar los cuatro cuadrantes en la cara superior del testigo; al realizar este trabajo quedan determinadas cuatro áreas laterales de análisis, Figuras 4 y 5, para luego poder promediar los resultados obtenidos, minimizando así los errores debido a la heterogeneidad en la distribución de los agregados dentro de la mezcla.

En correspondencia con cada cuadrante, identificados con la letra C, se debe capturar mediante un teléfono móvil o cámara digital, la imagen de la cara lateral del testigo. Luego se envían al laboratorio donde se podrán procesar en el momento o recopilar para ser analizadas en grupos mediante un programa de análisis de imágenes, en este caso el Ipas 2D, pero se podrían utilizar programas o aplicaciones con mayores prestaciones siguiendo el mismo procedimiento aquí indicado.

2.3. Recomendaciones

Una vez obtenidos los testigos calados a analizar se recomienda:

Que la toma de imágenes se tome con un teléfono móvil con una buena resolución de cámara, en este estudio se usa una cámara con resolución de 25 megapíxeles.

Que la iluminación empleada sea buena, de ser posible la luz solar y sin sombras.

Subir las fotos a la nube de datos desde el lugar donde se calaron los testigos, si se dispone de conexión a internet, de esta forma, se puede acelerar el procesamiento desde el laboratorio/gabinete y hacer el procesamiento de éstos casi en simultáneo.

En el momento de escoger la zona a analizar, se debe procurar no tomar en cuenta los bordes superior e inferior debido a las irregularidades de las superficies, ni en los bordes derecho e izquierdo, para evitar distorsiones de la curvatura propia del testigo y que no se debe incluir en el procesamiento de la imagen en 2 dimensiones, Figura 5.

Para el caso que las áreas analizadas no sean iguales es conveniente expresar el número de contactos por

unidad de área.

Una ventaja de esta metodología es la de utilizar directamente el testigo sin necesidad de aserrarlo para exponer la estructura de la mezcla asfáltica, como sucede en las probetas compactadas en laboratorio, es decir no se realizan cortes posteriores al calado. Si bien se puede realizar un aserrado vertical u horizontal para obtener mayor información, si fuera imprescindible, pero esto va en contra de un trabajo rápido y sencillo, que es lo que se busca en esta propuesta.



Figura 5. Zona a procesar

3. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se lleva a cabo el análisis por imágenes mediante el Programa Ipas 2D de los testigos calados y de las probetas de laboratorio para poder establecer una correlación entre sus resultados. En este caso se usa como input la curva granulométrica obtenida en laboratorio de la producción de mezcla asfáltica de ese día. Luego se determinan los puntos de contacto entre agregados dentro de la mezcla, así como la orientación de los mismos. Para los testigos A, B y C se selecciona un área de estudio de 60 cm² en cada cara o cuadrante. Al igual que la probeta confeccionada en compactador giratorio, mientras que para las probetas Marshall se estudia un área de 40 cm².

3.1. Puntos de contacto

Dado que es notoria la calidad de la iluminación sobre los resultados en los puntos de contacto entre agregados, se muestra en la Figura 6 resultados obtenidos a partir de fotos tomadas con luz solar en el exterior (Figura 6 a) y con luz artificial en el interior del laboratorio (Figura 6 b). En este caso en particular (2° cuadrante del testigo "A"), se obtiene, para la imagen con iluminación adecuada 437 contactos entre agregados, mientras que en la para la imagen con escasa luz, se llega a un resultado de 305 puntos de contacto entre agregados.

Comparativamente se puede determinar una relación de 7 ptos/cm² (Figura 6 a) contra 5 ptos/cm² (Figura 6 b) en base al área analizada y los contactos entre los agregados.

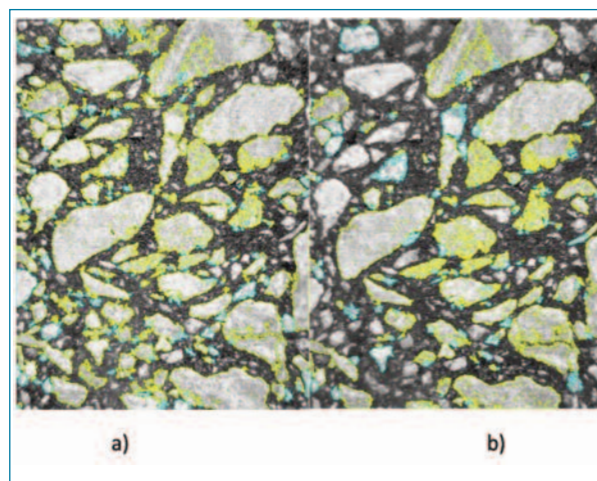


Figura 6. a) Puntos de contacto Exterior b) Puntos de contacto Interior

En la Tabla 3 se muestran los resultados comparativos a modo de ejemplo, de los cuatro cuadrantes de un testigo calado, luego de procesarlos y analizar los puntos de contacto tanto en condiciones de iluminación artificial (interior, laboratorio) como natural (exterior, luz solar).

Como se puede notar, en todos los sectores se repite la tendencia de duplicación de puntos de contacto en el caso analizados a partir de imágenes con una buena iluminación. Queda así en evidencia la impor-

Análisis por imágenes de mezclas asfálticas para su control expeditivo

tancia de tomar las imágenes preferentemente con luz solar.

Probeta	1C	2C	3C	4C	Resultado	Ptos/c m ²
A - Exterior	530	437	409	531	476	8
A - Interior	202	305	239	273	254	4

Tabla 3. Resultados puntos de contacto probeta A

Por lo tanto, para todos los análisis realizados posteriormente se usan imágenes obtenidas con luz solar.

Se determinan los puntos de contacto entre agregados mayores a 0.3mm de tamaño y con una distancia entre los mismos menor a 0.1mm. También se informó el valor correspondiente a la densidad y porcentaje de vacíos, con el objetivo de relacionar estos resultados con propiedades determinadas mediante ensayos convencionales.

En la Tabla 4 se pueden observar los puntos de contacto determinados en los testigos calados, junto con la probeta confeccionada mediante compactador giratorio en laboratorio denominada "Probeta G", y en la Tabla 5 los correspondientes a las probetas Marshall.

Se recuerda que debido a que las probetas de tipo Marshall deben ser aserradas transversalmente para

poder visualizar la estructura interna, y su posterior análisis, es que sólo se obtiene un único valor por probeta.

A partir de los resultados obtenidos de los testigos y de las probetas de laboratorio surge que las estructuras logradas in situ difieren en sus puntos de contacto con las obtenidas en laboratorio.

3.2. Orientación de los agregados

No solo es importante conocer los puntos de contacto sino también establecer la orientación de los agregados por las propiedades que puede inferirle a la mezcla, como ser la deformación permanente, problema habitual en la zona pampeana de la Argentina, por esto último es que se limita la forma de los agregados con el ensayo "Determinación de lajosidad y elongación en agregados" [6], pero no se conoce cómo es la distribución final luego de los diferentes procesos de compactación.

El programa Ipas 2D permite determinar la orientación de los agregados como se muestra en la Figura 7, donde se indica en un área de estudio; los distintos ejes y ángulos que considera el programa para definir a cada agregado, de acuerdo al área de cada uno, su ubicación y alineación con respecto a cada eje.

Testigo o Probeta	1C	2C	3C	4C	Promedio	Ptos/cm ²	Densidad (kg/dm ³)	Vacíos [%]
A	530	437	409	476	8	2.470	4.0	101.1 101.9 100.6
B	942	797	635	604	10	2.501	2.8	98.5 99.5
C	997	797	605	474	12	2.454	3.5	100.9
G	1102	1458	1296	1193	20	2.454	3.7	100.9

Tabla 4. Puntos de contacto testigos calados y probeta compactada en laboratorio

Probeta	Resultado	Ptos/cm ²	Densidad (kg/dm ³)	Vacíos [%]
1	432	10	2.418	6.0
2	641	15	2.443	5.0

Tabla 5. Puntos de contacto probetas Marshall

Siendo:

X_C – Coordenada en X del centroide del agregado.

Y_C – Coordenada en Y del centroide del agregado.

θ – Ángulo entre eje radial y eje principal del agregado.

α – Ángulo entre eje horizontal y eje principal del agregado.

Considerando al eje radial desde el centro del área en estudio hasta el centro de masa del agregado. A modo de ejemplo si observamos el agregado denominado P, podríamos indicar que los ángulos correspondientes θ y α resultan 90° y 0° respectivamente, lo cual indica que se encuentra en sentido horizontal paralelo con respecto al plano coincidente con la calzada.

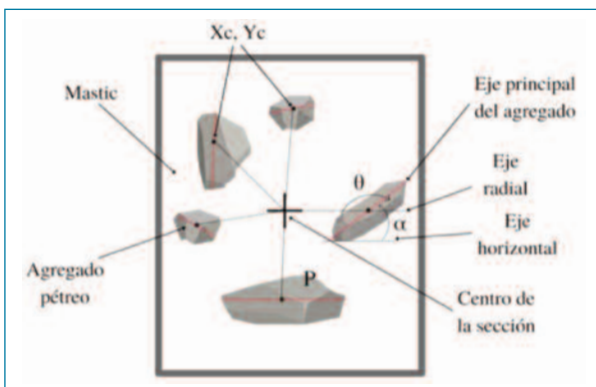


Figura 7. Esquema de orientación de los agregados

Es necesario mencionar que este programa tiene la particularidad en el procesamiento de las imágenes tomadas, siempre orienta el lado mayor del área en estudio en sentido horizontal. Entonces si como en este caso en particular, por mantener una misma resolución de 0.026mm/píxel, se toman imágenes con mayor altura que ancho, todos los ángulos que se obtengan como resultados, se deben rotar 90° respecto al eje horizontal; pero con respecto al eje radial no se modifican ya que el ángulo es relativo a este eje.

En la siguiente gráfica, Figura 8, se muestran los resultados a modo de ejemplo del Testigo calado A, evaluando la orientación de los agregados frente a 2 ejes, uno horizontal con ángulos crecientes en sentido horario, y un segundo ángulo referido a un eje radial, ya rotados 90° .

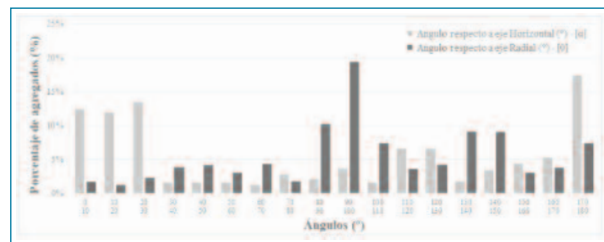


Figura 8. Resultados de la orientación de agregados, testigo A

A continuación, se calcula únicamente el porcentaje de agregados para cada testigo o probeta según la orientación respecto a la horizontal (ángulo α), Figuras 9 a 11, con la misma metodología mencionada anteriormente.

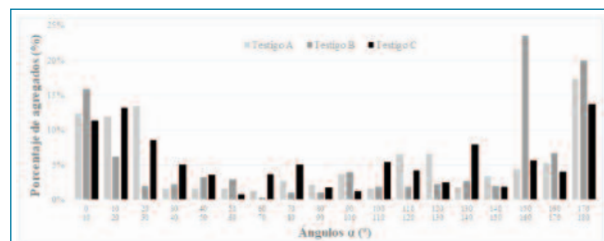


Figura 9. Resultados de la orientación de agregados testigo A, B y C

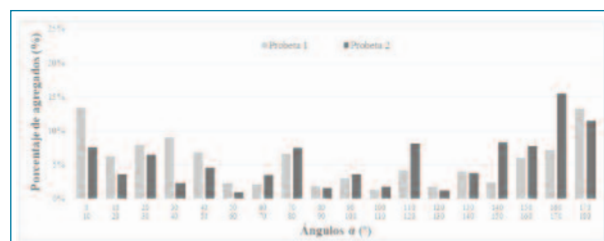


Figura 10. Resultados de la orientación de agregados, probeta 1 y 2



Figura 11. Resultados de la orientación de agregados, probeta G

Se observa que la orientación de los agregados tanto en los testigos calados como en la probeta confeccionada en el compactador giratorio, se dispone en ángulos entre 0° y 30° . En el caso de los testigos se calcula que el porcentaje de agregados orientados en este en-

torno es de 65 % en el Testigo A, 74% en el testigo B y 57% en el testigo C; para el caso de la probeta G este valor desciende a 49%.

Con respecto a las probetas tipo Marshall no se encuentra una orientación preponderante, sino una uniformidad en la orientación respecto al eje horizontal, demostrando nuevamente la diferencia que se puede generar en el comportamiento de las distintas mezclas asfálticas según su metodología de compactación.

Se advierte que para la mezcla compactada in situ, la orientación de la mayoría de los agregados, más aún los de mayor tamaño, como se puede apreciar en la Figura 12, quedan con una orientación prácticamente horizontal, lo que puede dar indicios de un ahuellamiento temprano de la mezcla colocada.

En la primera imagen (Figura 12 a) se analizaron todos los agregados de tamaño mayor a 0.3mm, y a partir de estos resultados se realizan las gráficas de distribución según el porcentaje de área (Figuras 8 a 11).

En la segunda imagen (Figura 12 b) se tuvieron en cuenta solamente aquellos agregados de tamaño nominal mayor a 5mm, deduciendo que estos son los encargados de transmitirle propiedades a la mezcla, sumado a que el corte granulométrico para realizar el ensayo correspondiente para definir su forma, se realiza para tamaños mayores a 5mm.

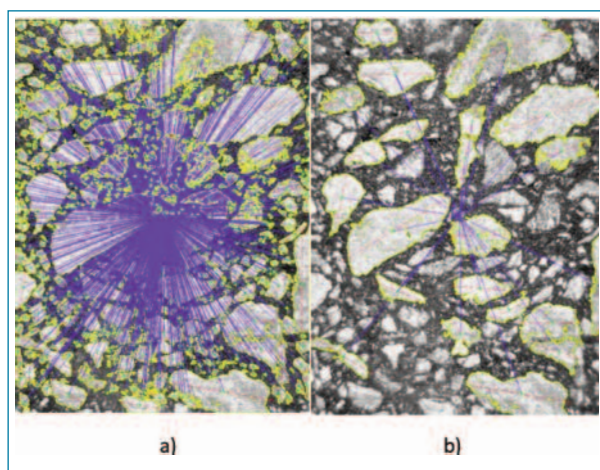


Figura 12. Orientación de agregados mayores a 5 mm

A continuación, se presentan los resultados de 2 cuadrantes, correspondientes a la probeta confeccio-

nada mediante compactador giratorio, Figura 13, en las cuales podemos corroborar la heterogeneidad en la distribución de los agregados, la cual lleva a definir el

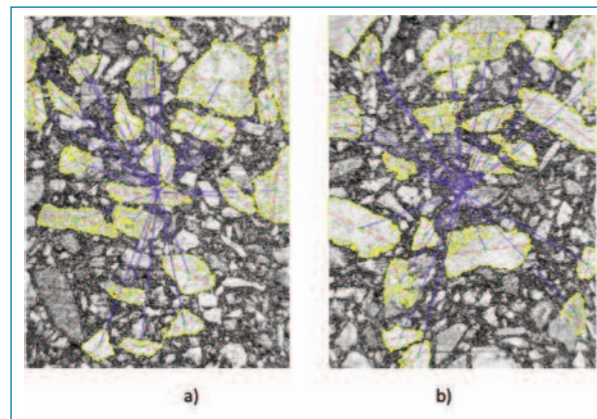


Figura 13. Orientación de agregados mayores a 6 mm compactador giratorio

procedimiento antes mencionado en este informe, de ponderar los resultados de los cuatro cuadrantes.

En general cuanto mayor sea el tamaño máximo nominal del agregado, mayor será el riesgo de segregación y compactación no uniforme. Como concluyen Partl et al. (2002) [7], los resultados de la compactación giratoria, mediante el análisis por tomografía computarizada (Rayos X), muestran claramente que los procesos de compactación con esta metodología no son capaces de producir mezclas asfálticas homogéneas.

Por inspección visual, puede observarse en la parte superior de la probeta compactada mediante compactador giratorio la segregación de agregados. Se destaca que este fenómeno puede analizarse con el programa Ipas 2D, pero excede los alcances de este estudio.

4. CONCLUSIONES

En base a las investigaciones realizadas se determina que los resultados son concluyentes respecto a la iluminación necesaria en las imágenes a procesar: los puntos de contacto medidos en los casos con buena luminosidad son casi el doble que cuando ésta no es adecuada. Esto resulta esencial ya que, la buena iluminación, sin sombras, provoca un contraste entre el mastic y los agregados, facilitando el procesamiento de las

imágenes logrando una mejor demarcación de los contornos de los agregados para su correcto análisis. También afecta a la orientación, debido a que no identifica a algunos agregados en los casos de exigua iluminación.

Este estudio ratifica y amplía las conclusiones obtenidas en el trabajo previo [2] donde se encontró que el método de compactación empleado en laboratorio proporciona estructuras granulares diferentes entre sí, por ejemplo, la compactación para el ensayo de Rueda Cargada, en forma de placa, determina que los agregados se ubiquen en su mayoría paralelos a la superficie de la probeta.

Se establece, así, que los puntos de contacto y sobre todo la posición y orientación de los agregados difieren mucho entre los testigos calados in situ y las probetas de laboratorio.

Si bien uno de los objetivos de esta investigación es buscar un control expeditivo en obra mediante distintos programas de análisis de imágenes (puntos de contacto, orientación, segregación, etc.) todavía no se ha al-

canzado una metodología aceptable. Por lo tanto, para este control rutinario resulta necesario continuar investigando, en principio en la búsqueda de correlaciones con los resultados obtenidos mediante distintos programas de análisis de imágenes (puntos de contacto, orientación, segregación, etc.) y resultados de ensayos complejos o que se realicen con poca frecuencia para control de obra (mensuales, trimestrales o semanales); esto lograría una mayor información y mejor caracterización de la mezcla asfáltica colocada in situ con una frecuencia diaria y espaciadas cada 500 metros, Figura 14, que es la distancia de control indicada en el pliego de especificaciones técnicas para lotes de obra [8].

Otro desafío a alcanzar consiste en la complementación de este control con los resultados de los vacíos de la estructura, y se conozca su disposición, orientación y número de contactos entre los agregados, conociendo si se mantienen en toda la obra con un mismo método de compactación o se producen variaciones.

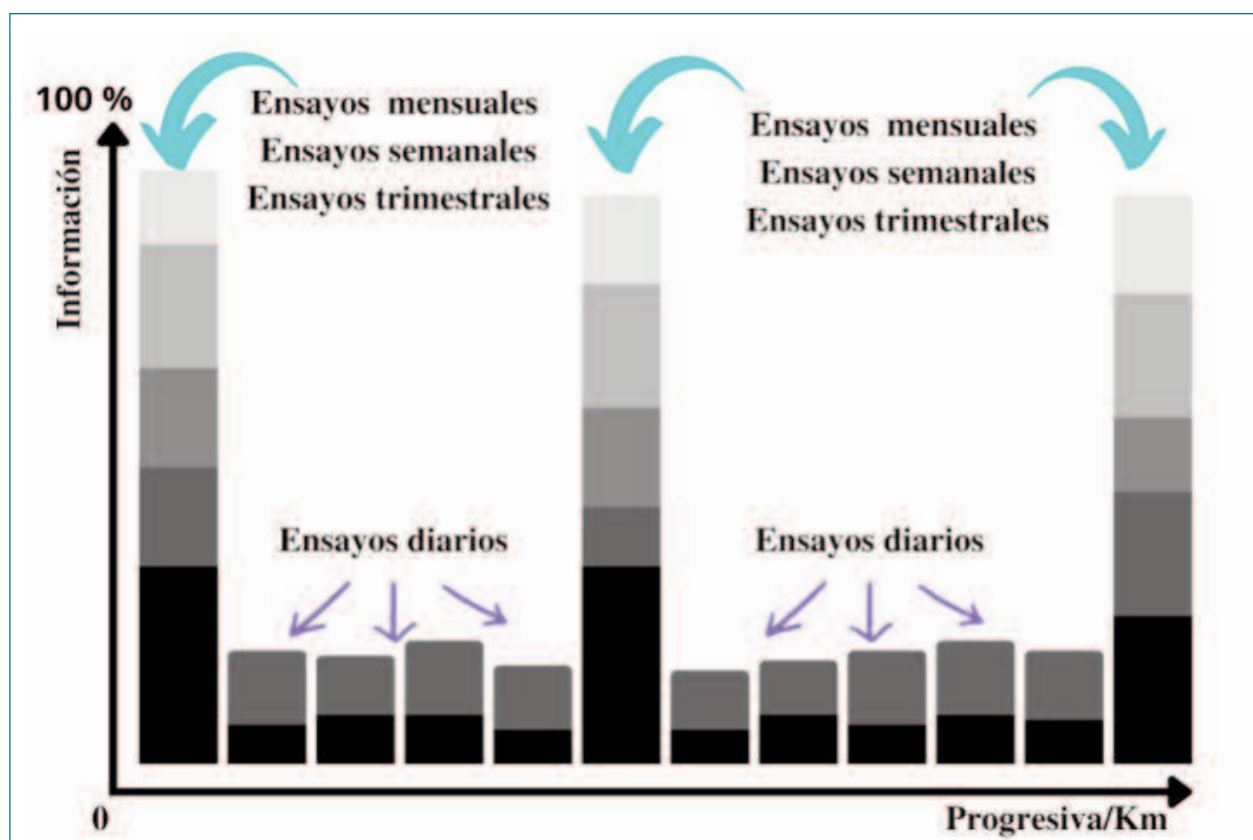


Figura 13. Orientación de agregados mayores a 6 mm compactador giratorio

Queda como proyecto a futuro, el desarrollo de un software que facilite la interpretación de los outputs del programa Ipas 2D y otro que lo reemplace permitiendo el análisis in situ de las imágenes tomadas en obra, independizándose del laboratorio. La celeridad con que se consiguen los resultados implica un ahorro de recursos, que impacta directamente en los costos y la calidad del pavimento.

<https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/licitaciones/pliegos-de-especificaciones-tecnicas>

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tashman, L., Masad, E., D'Angelo, J., Bukowski, J., & Harman, T., (2002.) X-Ray tomography to characterize air void distribution in superpave gyratory compacted specimens. *The International Journal of Pavement Engineering*, 3 (1), 19–28.
- [2] Cassani, F., Zorzutti, L., Zapata, R., C. Cassaux, M., Martinez, F., Angelone, S., (2019) Caracterización de mezclas asfálticas mediante análisis por imágenes. XX Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, México.
- [3] Recuperado el 10 de Julio de 2022, <https://uwmarc.wisc.edu/ipas-software-package.php>
- [4] Figueroa Infante, A.S y Reyes Lizcano, F.A (2015) Análisis de la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica a partir del ensayo MIST y del programa iPAS2D® *Revista Infraestructura Vial*. LanammeUCR, Volumen 17 (30), pp.31 – 39.
- [5] Airey G. and Collop A. (2014) Mechanical and structural assessment of laboratory and field compacted asphalt mixtures, *International Journal of Pavement Engineering*, pp. 50-63.
- [6] Normas de ensayos de la dirección nacional de vialidad (2017). Determinación de lajosidad y elongación en agregados VN - E38 - 86.
- [7] Partl, M., Flisch, A., Jönsson, M. (2002) Gyratory Compaction Analysis with Computer Tomography Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research Switzerland.
- [8] Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semicaliente del tipo densos. (2017). Recuperado el 10 de Julio de 2022, de Ministerio de obras públicas, vialidad nacional:

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 27 de febrero hasta el 25 de mayo de 2023.

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 1426 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja
- **PNE- prEN 12594 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Preparación de las muestras de ensayo
- **PNE- prEN 12595 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática
- **PNE- prEN 12596 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío
- **PNE- prEN 12597 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Terminología
- **PNE- prEN 12607-1 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina y rotatoria)
- **PNE-EN 12846-1 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas.
- **PNE-EN 12846-2 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 2: Betunes fluidificados y fluxados.
- **PNE- EN 13808-1M (Última publicación año 2022). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones catiónicas
- **PNE- prEN 14769 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento pro envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
- **PNE- prEN 14770 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DSR))
- **PNE- prEN 14771 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)
- **PNE- prEN 16346 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento de rotura y adhesividad inmediata de emulsiones bituminosas catiónicas.

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN ISO 11819-1 (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Acústica. Medición de la influencia de las superficies de carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 1: Método estadístico del paso de vehículos
- **PNE-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-EN 12697-26 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2019). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa
- **PNE-EN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-43 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-prEN 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-EN 13108-31 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-prEN 13880-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 3: Métodos de ensayo para la determinación de la penetración y la recuperación (resiliencia)

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)**NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)**

- **PNE-prEN 13880-4 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**
Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 4: Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia al calor. Variación de la penetración
- **PNE 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 EN PROYECTO**

- **PNE-EN 932-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada
- **PNE-prEN 933-1 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado
- **PNE-EN 933-5 (última publicación año 1999). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de partículas trituradas en áridos naturales gruesos e integrados
- **PNE-EN 933-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **PNE-EN 933-9 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno
- **PNE-prEN 933-11 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11: Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- **PNE-prEN 1097-1 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
- **PNE-EN 1097-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **PNE-EN 1097-7 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **PNE-EN 1744-4 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 4: Determinación de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas
- **PNE-CEN/TS 17438 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Origen de los materiales considerados en el desarrollo de las normas de áridos del CEN/TC 154
- **PNE-prEN 17555-1 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 1: Características

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 17555-2 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 2: Información complementaria
- **PNE-146316 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Declaración de prestaciones digital para áridos conforme a las Normas EN 12620, 13139 y 13043

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Desde la última publicación de la revista no se ha producido la publicación de ninguna norma lo que si se han incorporado es la revisión de varias normas dentro del Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1 entre las que hay que destacar:

- La norma sobre terminología, así como de toma de muestra
- Se ha comenzado con la revisión de las normas de penetración y envejecimiento por RTFOT
- Revisión de la modificación de la norma de especificación de emulsiones catiónicas

ORDEN CIRCULAR OC 2/2023 Sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos

Teniendo en cuenta el contexto actual por la búsqueda de actuaciones alineadas con los criterios de Economía Circular, desde el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana se ha publicado la OC 2/2023 cuyo objetivo es destacar la normativa sobre las técnicas de reutilización de los materiales que componen los firmes y pavimentos bituminosos.

El objetivo de esta Orden Circular es revisar y actualizar el contenido de la OC 40/2017 ampliando su campo de aplicación, así como incidir en la reutilización de firmes como una solución habitual a incluir en los proyectos de manera que contribuyan a una reducción del impacto ambiental durante toda la vida útil de los firmes.

Lo primero a destacar en esta OC es la aparición del término “reutilización” como sustituto del “reciclado” haciendo de esta forma énfasis en considerar el material bituminoso de los firmes como un producto que puede ser empleado nuevamente con la misma finalidad para la que fue concebido, y a partir de aquí lo que aborda este nuevo documento, es la progresiva incorporación de especificaciones basadas en las prestaciones para establecer unos límites de comportamiento mediante valores de módulo dinámico y su deformación a fatiga, complementando de esta forma a las habituales especificaciones prescriptivas.

Como criterios generales incluidos destacar los siguientes aspectos:

- Actualización de “criterios de aplicación de las técnicas de reutilización” incluido en el artículo 22 donde en el caso de la reutilización en caliente o semicaliente en central, se amplía a las categorías de

tráfico T00 a T2 el poder disponer directamente la capa de rodadura sin necesidad preceptiva de capa previa alguna, siendo una mejora respecto a lo indicado en el epígrafe 7.4 de la Orden FOM/3459/2003

- Se ha producido una actualización de la tabla de “Coeficiente de equivalencia estructural entre la mezcla bituminosa en caliente o semicaliente y los diferentes tipos de materiales” respecto a lo indicado en la OC 40/2017 añadiendo especificaciones relativas a los módulos dinámicos y a la deformación unitaria con cualquier tasa de reciclado. Además, en esta misma tabla se permite el empleo de RA hasta el 30% en las mezclas tipo MAM

- Determinación del módulo dinámico según la norma UNE EN 12697-26 y el ensayo de fatiga según la norma UNE EN 12697-24 para disponer de información de este tipo de mezclas, donde los datos podrán ser utilizados para definir especificaciones en el futuro tomando como referencia el cumplimiento de las prestaciones de las mezclas convencionales del artículo 542 del PG3

- Ampliación de las técnicas a obras de acondicionamiento de trazado, ensanche y mejora de plataforma o de ampliación de carriles, lo que implica el empleo de mayores proporciones de materiales reutilizados con respecto a la masa total de la mezcla.
- Se propicia la aplicación de diferentes innovaciones tecnológicas en el marco de las prescripciones de los betunes para permitir la disminución de las temperaturas de fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas

Secciones fijas

Los criterios de aplicación de las técnicas de reutilización son los siguientes:

- La reutilización en central en caliente podrá ser empleada en cualquier categoría de tráfico y capa, y en central semicaliente para tráficos pesado T1 a T4 en cualquier capa. Estas mezclas cumplirán con lo especificado en el artículo 22 de la Orden Circular y en los espesores descritos en la OC 1/2023
- Sobre la reutilización in situ con emulsión, se indica que podrá ser empleado en categorías de tráfico desde T1 hasta T4 en capas intermedias, base y sub-base y además sobre éstas, es posible proyectar capas de mezclas en caliente o semicaliente, reutilizadas o no en un espesor mínimo que correspondería a:
 - 8 cm para tráficos T1 a partir de dos capas, una de rodadura de 2-3 cm y una intermedia con un espesor de 5-6 cm
 - 5 cm para tráficos tipo T2-T3. Si fuera preceptivo el empleo de mezclas de los artículos 543, 544 y 545 en la capa de rodadura, entre ésta y la mezcla reutilizada se dispondrá una capa intermedia con espesor de 5 cm

- Para tráficos T4, se dispondrá de una capa de rodadura que puede ser una mezcla bituminosa con un espesor mínimo de 3 cm o dos capas de microaglomerado en frío

- Respecto a la reutilización con cemento de capas de firme, podrá ser empleada en las categorías de tráfico pesado de T1 a T4, en capas de base y sub-base procediendo al diseño según los criterios de la norma 6.1 IC, asumiendo que la reutilización in situ con cemento es equivalente a un suelo cemento
- En los arcenes será posible utilizar todas las técnicas descritas en la Orden Circular.

#89

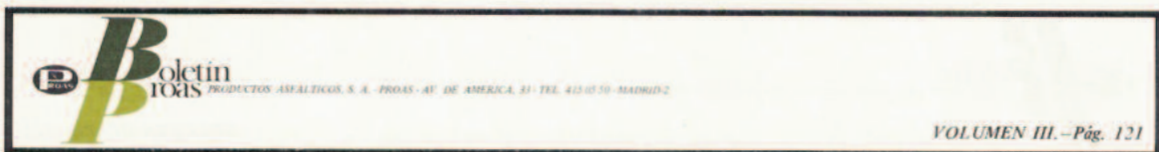
AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“La reducida dotación de las mezclas asfálticas ultradelgadas (AUTL) permite maximizar la valorización de residuos industriales como áridos siderúrgicos, al reincorporarlos como materia prima en capas de alta fricción.” (Nota Técnica 03/20 Empleo de áridos siderúrgicos)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Mirando al pasado

Documento publicado en marzo - abril de 1972.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

En pavimentación de carreteras, como en todas las demás cosas, el progreso es constante. Durante una temporada más o menos larga parece que se ha alcanzado una estabilidad de las técnicas, que se ha llegado a soluciones definitivas..., pero pronto comprobamos que la aparente estabilidad no era más que un relleno modestísimo, poco más que un escalón algo más ancho que los demás, en la escalera del crecimiento.

No hay que ser muy veterano para recordar la época en que en España no se utilizaba el aglomerado en caliente nada más que en contadísimas obras, considerándolo un material de lujo. El

pavimento asfáltico por antonomasia era el "riego", el tratamiento superficial. Como material de base era indiscutido el reinado del macadam.

Luego vinieron las bases y subbases granulares y el empleo generalizado de capas delgadas de aglomerado para rodadura. Casi inmediatamente se empezó a hablar de bases de aglomerado asfáltico y del "efecto losa".

Hoy estamos acercándonos a la culminación de esta última fase empezando a construir pavimentos totalmente asfálticos, después de los cuales resulta difícil prever qué mejoras pueden introducirse.

El paso de los pavimentos con bases y subbases no asfálticas a los pavimentos totalmente asfálticos es fruto fundamentalmente del descubrimiento de algo que estaba ahí, pero que no habíamos sabido ver: que bajo un pavimento asfáltico de gran espesor no es necesaria la subbase como capa drenante. De igual forma, en un próximo futuro en el que se haya generalizado el empleo de los pavimentos totalmente asfálticos, alguien descubrirá alguna posible mejora que estaba ahí y no habíamos sabido ver.

Y el progreso continuará su marcha.

**CREANDO
CONEXIONES POR
NATURALEZA**

Calendario de eventos

AÑO 2023

13-14 de junio ASEFMA	XIII Jornada Técnica de Asefma #XIIJornadaTécnicaASEFMA	Benidorm(España) www.asefma.es
12-14 de junio EATA	10 th meeting EATA	Gdansk-Polonia) www.eat-group.eu/index.html
13 de junio SLURRY	IBEF Annual Meeting & Spring Seminar	Gdansk-Polonia) www.slurry.org
25-29 de junio PIARC	Concrete Roads 2023	Cracovia (Polonia) www.piarc.org
22-25 de agosto AMAAC	XII Congreso Mexicano del Asfalto "La ruta del asfalto hacia la Economía Circular"	Cancún (México) www.amaac.org.mx
18-21 de septiembre AEMA	National Pavement Preservation Conference	Indianápolis (USA) www.aema.org
19 de septiembre ATEB	IV Seminario Virtual de ATEB	www.ateb.es
26-27 de septiembre	II Congreso Internacional del Asfalto 4.0	Madrid (España) https://ica4point0.com/es/
2-5 de octubre ARRA	2023 Pavement Recycling Summit	Indianápolis (USA) www.ara.org
2-6 de octubre PIARC	XXVII th World Road Congress	Praga (República Checa) www.piarc.org
11 de octubre ASEFMA	Día mundial de la carretera	Praga (República Checa) www.asefma.es
22-25 de noviembre	Smopyc	Zaragoza (España) https://www.feriazaragoza.es/smopyc-2023
28-29 de noviembre EAPA	Pavimentos de Asfalto 2023 "Salgamos de la crisis con asfalto!"	República Checa www.eapa.org

AÑO 2024

22-26 de abril CILA	XXII CILA	Sevilla (España)
19-21 de junio EUROBITUMEN	8th E&E Congress	Budapest (Hungria) www.EECONGRESS2024.org



JUNIO 2023

DESAFIANDO
La POBREZA
y el olvido

ADVANTAGE 42: Studies have shown that asphalt pavements are the most economic choice #AsphaltAdvantages

Reforzamos el firme, reducimos las emisiones ➔

JUNIO 2023

Colaboran:




 El asfma | @asfma_es | /company/asfma | @asfma

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



JULIO 2023

Horadando
ROCAS y MONTAÑAS

ADVANTAGE 53: Easy on the eye, safer on the road #AsphaltAdvantages

Reforzamos el firme, reducimos las emisiones ➔

JULIO 2023

Colaboran:




 El asfma | @asfma_es | /company/asfma | @asfma

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

Noticias del sector

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

La 32ª Semana de la Carretera ha abordado la movilidad sostenible y conectada en vías multifunción

El pasado mes de marzo (del 21 al 23) tuvo lugar la trigésimo segunda edición de la “Semana de la Carretera”, uno de los encuentros más veteranos y longevos del panorama congresual español. Bajo el lema “Adaptación funcional para una movilidad sostenible”, la Asociación Española de la Carretera (AEC) reunió a expertos de todo el país para aportar soluciones que permitan avanzar en el proceso de digitalización y conectividad de las carreteras, pero también en su humanización, poniendo en el centro de todas las actuaciones al ciudadano.

El presidente de ASEFMA, Juan José Potti, intervino en el espacio dedicado a las voces autorizadas. Una mesa redonda de responsables de asociaciones en la que, bajo coordinación del director general de la AEC Jacobo Díaz, además del presidente de ASEFMA también participarán el presidente de ACEX, José Pablo Sáez; la presidenta de ANCI, Concha Santos; el presidente de FOROVIAL, Sergio Corredor; el director de concesiones, economía y estudios de SEOPAN, Bruno de la Fuente; y el director gerente de ASERPMA, Francisco Berroya.

El programa de la Semana de la Carretera contó con dos novedades. Por un lado, el espacio de entrevistas con expertos “Talk about roads...”, en el que estarán presente Enrique Belda, subdirector General de Sistemas de Información y Comunicaciones para la Seguridad del Ministerio del Interior; Xavier Flores, Secretario General de Infraestructuras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y Jorge Urrecho, Director General de Carreteras de la Comunidad de Ma-

drid.

Por otro, la entrega de galardones de la primera edición de los Premios Clotoide, otorgados por la Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC) a personas, instituciones y causas -del sector y de la sociedad civil- que desarrollen una labor significativa, solidaria y digna de admiración para la mejora de la seguridad vial, el cuidado del entorno, la inclusión, cooperación, voluntariado o ayuda a los colectivos que más lo necesitan, entre otras.

La 32ª Semana de la Carretera se celebró con el patrocinio de distintas entidades entre las que se encuentran los socios de ASEFMA: Becca, Eiffage, Probisa, Repsol y Sorigué.

Publicación de Orden Circular 2/2023 sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, publicó el pasado 3/04/2023 la OC02/2023 sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos. El objetivo general de la publicación de esta Orden Circular es revisar y actualizar el contenido de la OC 40/2017 a fin de ampliar su campo de aplicación, y hacer imperativo la reutilización de los firmes como solución habitual, para que los proyectos de carretera se encaminen hacia soluciones sostenibles que contribuyan a reducir el impacto ambiental durante las etapas de construcción, uso y final de la vida útil del ciclo de vida de los firmes y pavimentos bituminosos.

Dicha revisión está enfocada en la adecuada reutilización de los materiales que componen los firmes y pavimentos bituminosos con un claro objetivo ambiental que incluye la sostenibilidad y el respeto al medioam-

biente, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las técnicas de reutilización de pavimentos han continuado su evolución incorporando nuevos medios técnicos y materiales. Para las reutilizaciones in situ con adición de emulsión y/o de cemento se han desarrollado nuevos equipos y sistemas constructivos, así como el empleo de adiciones más sostenibles como son los bioligantes o nuevos cementos. Y los equipos de fresado que se emplean en la recuperación y retirada de los firmes y pavimentos a reutilizar han ido incorporando nuevas tecnologías, tales como los equipos 3D, que permiten fresados más regulares y mejor adaptados a las medidas finales deseadas.

Tal y como indica la OC, las carreteras, y concretamente sus firmes envejecidos o afectados por alguna actuación, generan sus propios residuos que, debido a sus buenas cualidades pueden y deben emplearse de nuevo en la carretera, reutilizando en la práctica los firmes, evitando así tanto la generación de residuos como el consumo innecesario de recursos naturales. A tal fin, los directores de los proyectos y de las obras, así como los responsables de la conservación de los activos han de velar por la incorporación de las técnicas más sostenibles, desde la etapa de diseño hasta el final de la vida útil y tener en cuenta asimismo la reciclabilidad futura. El conjunto de los profesionales del sector serán proactivamente receptivos al conocimiento e implementación de técnicas nuevas e innovadoras. Por todo ello es una prioridad para la Dirección General de Carreteras el potenciar de manera definitiva el empleo de las técnicas de reutilización frente a las soluciones convencionales en la fabricación de mezclas bituminosas, lo que redundará en la mejora del comportamiento ambiental del sector y en la reducción de la huella de carbono y ayudará a fomentar la innovación en el campo de la reutilización de capas de firmes.

Madrid ha celebrado el Día Internacional de la Conservación de Carreteras 2023 con una jornada promovida por ASEFMA

La sede de la Fundación Pons sita en Madrid acogió el pasado 13 de abril un evento promovido por ASEFMA bajo el paraguas del Día Internacional de la Conservación de Carreteras (IRMD, por sus siglas en inglés). Tomando como lema "Conservando las carreteras reducimos las emisiones de CO2", políticos, académicos y representantes de entidades vinculadas al sector viario debatieron sobre la influencia del estado del pavimento sobre la neutralidad climática.

La jornada fue inaugurada por Juan José Potti, presidente de ASEFMA y de EAPA, quien presentó el balance de actuaciones de los últimos años y expuso las iniciativas lanzadas en todo el mundo vinculadas al Día Internacional de la Conservación de Carreteras. A continuación, coordinó el debate sobre el impacto del mantenimiento vial sobre el medio ambiente y dio paso a las intervenciones en modalidad online que se fueron insertando a lo largo de la jornada.

En la mesa de debate y análisis participaron Miguel Ángel del Val, catedrático de Ingeniería de carreteras en la Escuela de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM); Ángel Sampedro, profesor de Ingeniería de Carreteras de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Alfonso X El Sabio (UAX), y Rosario Cornejo, presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC).

Entre las intervenciones digitales procedentes del sector asociativo, académico y político se encontraron las de ponentes de la talla de Carsten Karcher, secretario general de EAPA; Cristine Leroy, directora técnica de Routes de France; Breixo Gómez, director técnico de EAPA; José Luis Peña, responsable técnico de ASEFMA; Anders Hundahl, CEO de la asociación danesa de pavimentos asfálticos Asphaltindustrien; Hugo Florentín, presidente de la Asociación Paraguaya de Carreteras (APC), Salvador Fernández, director general de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes de México y presidente de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres; Hernán de

Solminihaç, exministro chileno de Obras Pùblicas y director del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile Clemente Poon, exdirector de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México; Fernando Moreno, subdirector del Laboratorio de Ingeniería de la Construcción (LabIC) de la Universidad de Granada (UGR) y Andrea Peris, miembro de la Comisión de Comunicación de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC).

También se contó con la participación de representantes de destacadas empresas como Javier Castañeda, del Grupo Calidra (México); Javier Alejandro Gómez, de G2 Ingeniería para la Construcción; e Ibon Aretxal, de Asimob.

VIRTON y la UPM firman el convenio de creación de la Cátedra VIRTON – Caminos UPM sobre pavimentación asfáltica

El consejero delegado de VIRTON, D. Diego García, y el rector de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), D. Guillermo Cisneros, han firmado el convenio de colaboración entre ambas entidades por el que queda instaurada la cátedra VIRTON – Caminos UPM. Al acto de fundación también ha asistido el director de la cátedra, Juan Gallego, así como diferentes representantes de la empresa constructora y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP).

La Cátedra VIRTON – Caminos UPM, cuyo objetivo es la investigación para la mejora de las técnicas de pavimentación, la mejora de la formación práctica de los estudiantes y el acercamiento entre el mundo empresarial y el universitario, tendrá su sede en la ETSI de Caminos de la UPM y estará adscrita al departamento de Ingeniería del Transporte, Territorio y Urbanismo. Entre las actividades previstas por la cátedra se encuentra la formación de estudiantes en materiales y técnicas de pavimentación asfáltica así como distintas iniciativas para la difusión y transferencia de conocimiento dirigidas al sector de la construcción y a la sociedad en general tales como congresos, jornadas y publicaciones.

“Este es un hito en la historia de nuestra empresa” que “ayudará a mejorar la sostenibilidad de las carreteras”, afirmó Diego García. Para Guillermo Cisneros este acuerdo supone “una apuesta de confianza mutua entre la UPM y VIRTON que, además, refrenda el papel de colaboración entre la industria y la universidad en el fomento y desarrollo de actividades que permitan un desarrollo más sostenible y eficiente en el ámbito de la construcción de carreteras”. Por su parte, Juan Guillermo destacó que la sostenibilidad y economía circular son “la base del trabajo que ahora comenzamos y que esperamos nos lleve a la reutilización de los residuos del asfalto de las carreteras en un tercer o cuarto uso”. Además, explicó en su intervención que el ámbito de investigación de la cátedra incluye “el reto de la digitalización para gestionar mejor las infraestructuras civiles y dar mejor servicio a la sociedad”.

ASEFMA colabora con la edición 2023 del Simposio Nacional de Firms de la ATC

Bajo el lema “La respuesta de los firms al Nuevo Enfoque: sostenibilidad y eficiencia”, la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) convoca la segunda edición del Simposio Nacional de Firms, cuatro años después de su primera convocatoria que recogía el testigo de los congresos técnicos de firms. El SNF 2023 celebrada del 18 al 20 de abril de 2023 en el hotel SH VALENCIA PALACE, situado en el paseo Alameda 32 de Valencia, al amparo del MITMA y con ASEFMA como entidad colaboradora.

Destinado a profesionales, ingenieros y técnicos vinculados a las carreteras, el simposio tiene como objetivo dar respuesta a los grandes retos a los que se enfrenta el sector viario en el diseño y construcción de firms: sostenibilidad, resiliencia y conectividad.

De este modo, el evento sirvió como foro de debate y escaparate de soluciones que permitan reducir las afecciones al medio ambiente, especialmente la emisión de gases de efecto invernadero, el aprovechamiento de los materiales al final de su vida útil, el empleo de tecnologías que reduzcan las necesidades de energía, la aplicación de soluciones resilientes, con mayores ex-

pectativas de durabilidad y el uso de las nuevas tecnologías de la comunicación para optimizar los recursos.

Este segundo Simposio Nacional de Firmes, de tres días de duración, integró sesiones técnicas y mesas de debate sobre temas de máxima actualidad en los que la descarbonización y el compromiso ambiental en el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras viarias tuvieron un destacado protagonismo. En concreto, los contenidos del Simposio se estructuraron atendiendo a:

- Sostenibilidad y resiliencia
- Durabilidad y funcionalidad
- Reutilización y reciclado
- Mezclas bituminosas a baja temperatura
- Soluciones hidráulicas para firmes
- Normativa y Compra Pública Verde e Innovadora

ra

- Digitalización

El presidente de ASEFMA, Juan José Potti, intervino en el evento el 18 de abril en la sesión inaugural dedicada a la conservación y la sostenibilidad y también lo hizo el jueves 20 de abril en la sesión séptima dedicada a la digitalización. Una mesa redonda sobre firmes del futuro, que coordinó el director general de carreteras del MITMA Juan Pedro Fernández y en la que también participarán Álvaro Navareño (MITMA), César Bartolomé (IECA) y José Carlos Valdecantos (XOUBA).

También es de destacar que la edición 2023 del Simposio Nacional de Firmes de la ATC contó con el patrocinio de doce socios de ASEFMA: COLLOSA, Repsol, Becca, CHM Obras e Infraestructuras, Eiffage Infraestructuras, HERGONSA, Huesker, Padecasa, Paval, Probisa, Rettenmaier Ibérica y Sorigué. Entre los expositores se encontraba Sacyr Green.

Gülay Malkoç, directora de Desarrollo de negocio de E-Mak, recibe el Premio Defensor del Asfalto 2023 de EAPA

La Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica (EAPA, por sus siglas en inglés) ha anunciado el fallo del Premio Defensor del Asfalto 2023 (EAPA Asphalt Advocate of the Year – award 2023), galardón que re-

conoce la mejor iniciativa del año desarrollada por sus miembros en materia de promoción de mezclas asfálticas. El comité ejecutivo de la entidad ha declarado ganadora a Gülay Malkoç, directora de Desarrollo de negocio de E-Mak, quien recibió el galardón del ex secretario de EAPA durante la celebración del 50º aniversario de la asociación europea que se ha celebrado el pasado 30 de marzo en Madrid presidida por Juan José Potti, presidente de ASEFMA y de EAPA.

Gülay Malkoç fue directora técnica y posteriormente coordinadora general de la asociación turca de contratistas ASMUD, miembro de EAPA, desde donde desarrolló durante varios años actividades a favor de la pavimentación asfáltica y la difusión de las ventajas del asfalto. También desempeñó en EAPA el cargo de directora adjunta y fue presidenta del comité de salud, seguridad y medio ambiente de la entidad. Actualmente dirige el desarrollo de negocio de la empresa E-Mak desde donde también promueve la innovación en materia de mezclas bituminosas, es miembro del Comité Europeo de Normalización TC 336 para Ligantes bituminosos para carreteras y presidenta del comité nacional espejo de este grupo en Turquía en nombre de la Institución Turca de Normalización. Además, ha sido nombrada por la Comisión Europea como evaluadora independiente para la evaluación de proyectos de IDT FP7 y Horizonte 2020 relacionados con carreteras.

ASEFMA participa en el 8º Congreso internacional sobre pavimentos asfálticos de HAD

El presidente de la patronal española de fabricantes de mezclas asfálticas, Juan José Potti, intervino el pasado 11 y 12 de mayo en el 8º Congreso internacional sobre pavimentos asfálticos, que se celebró en la ciudad croata de Opatija. En ellos disertaron sobre economía circular y digitalización en el sector.

En la primera jornada presentó las “Recomendaciones a administraciones de carreteras para alcanzar los objetivos de economía circular a través de la conservación, reutilización y reciclaje de pavimentos asfálticos”, mientras que el segundo día su ponencia versó sobre digitalización y asfalto 4.0. En ella presentó las conclu-

siones del I Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0 y adelantó contenidos de la próxima edición que tendrá lugar en Madrid los días 26 y 27 de septiembre y para la que el período de recepción de resúmenes técnicos aún está abierto.

El programa se completó con otras veinte intervenciones de ponentes procedentes de Alemania, Austria, Bélgica, Croacia y Polonia que abordaron temáticas relacionadas con la innovación en carreteras, la digitalización y la sostenibilidad. En este sentido, se analizaron métodos de ensayos, diseño de pavimentos, la digitalización de carreteras y reciclado de pavimentos, entre otras.

EAPA y Eurobitume anuncian el plazo de presentación de trabajos para su 8th Eurasphalt & Eurobitume Congress

Del 19 al 21 de junio de 2024 Budapest acogerá el 8th Eurasphalt & Eurobitume Congress, que coorganizan cuatrienalmente EAPA y Eurobitume. La capital de Hungría se convertirá en el centro neurálgico del debate europeo sobre resiliencia, sostenibilidad e innovación en pavimentos asfálticos. Bajo estos tres conceptos claves, el programa del congreso incluye los siguientes temas:

- especificaciones y ensayos de mezclas y ligantes bituminosos,
 - digitalización y asfalto 4.0,
 - sostenibilidad y medioambiente,
 - carreteras y movilidad del futuro,
 - seguridad y salud laboral,
 - conservación y rehabilitación de carreteras,
 - equipos de producción y construcción,
 - financiación y contratación,
 - resiliencia,
 - sostenibilidad,
 - capacitación, desarrollo profesional y atractivo del sector,
 - tecnologías para la fabricación de mezclas asfálticas a menor temperatura (templadas y frías)
- Los resúmenes técnicos, que deben abordar alguna de las temáticas señaladas anteriormente, se pre-

sentarán online mediante el módulo habilitado en la web oficial del congreso con el nombre "CALL FOR ABSTRACTS" o accediendo directamente desde: <https://onlineforms.eecongress2024.org/en/user-zone>. La lengua oficial del evento es el inglés por lo que todos los trabajos deben presentarse en dicha lengua, además de ser inéditos.

La XIII Jornada Técnica de Asefma estará dedicada al objetivo -55% emisiones GEI en 2030

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) informa que su décimotercera jornada técnica se celebrará en modalidad presencial, digital y virtual para favorecer la participación, interacción entre asistentes e intercambio de conocimiento. También anuncia la apertura del período de inscripciones y reducción en el precio para socios de la entidad.

Los días 13 y 14 de junio se celebrará la XIII Jornada Técnica de ASEFMA en Benidorm (Alicante), bajo patrocinio de Repsol, Rettenmaier Ibérica, Cirtec y Dynapac.

Pablo Álvarez, jefe del Laboratorio de I+D+i de Asfaltos de Becsa, coordinará esta décimotercera edición dedicada a la "objetivo -55% emisiones GEI en 2030". La novedad en este 2023, que como su anterior edición también apuesta por la modalidad híbrida PDV (presencial, digital y virtual), está en el programa social que incluye actividades gastronómicas, deportivas y de ocio para los participantes e incluso precios especiales en la reserva del hotel Meliá Villaitana que acogerá el evento.

El evento será inaugurado por Álvaro Navareño, director técnico de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), y por Juan José Potti, presidente ejecutivo de ASEFMA. El programa técnico se extiende durante dos mañanas y una tarde con cinco sesiones que incluyen conferencias, comunicaciones, mesas de debate y coloquios:

- Sesión 1: Análisis de ciclo de vida de las mezclas

bituminosas

- Sesión 2: El camino a la descarbonización
- Sesión 3: Criterios ambientales en licitaciones y obras de pavimentación
- Sesión 4: Tecnología y nuevas soluciones para la pavimentación
- Sesión 5: Comunicaciones libres

La Jornada Técnica de ASEFMA, evento de referencia nacional considerado como el principal escaparate de los trabajos científicos realizados en España en el campo de la experimentación con mezclas asfálticas relacionadas con metodologías de evaluación de mezclas bituminosas y pavimentos asfálticos, tendrá lugar en el hotel Meliá Villaitana situado en la avenida del Alcalde Eduardo Zaplana 7 (03502 Benidorm). También podrá seguirse en directo desde la plataforma web de itafec, en la aplicación para móviles PDV by itafec, disponible en la App Store y Google Play, y en Twitter mediante



el hashtag #XIIIJornadaTécnicaASEFMA.

La 10ª conferencia EATA se celebrará del 12 al 14 de junio de 2023 en Gdańsk (Polonia)

La Universidad Tecnológica de Gdansk (Gdańsk Tech) y la Fundación para el Desarrollo de los Servicios de Infraestructura de Transporte (FRUIT) tienen el honor de organizar la 10ª conferencia EATA del 12 al 14 de junio de 2023 en Gdańsk (Polonia).

EATA es una organización de ingenieros y científicos europeos involucrados en la investigación de tecnología del asfalto. Celebran una reunión técnica cada dos años y publican un número con los trabajos que se presentan en esta conferencia internacional de alto prestigio a nivel académico, si bien, la asistencia está abierta a cualquier persona interesada en el sector de la pavimentación asfáltica de cualquier lugar del mundo. La primera conferencia EATA tuvo lugar en Nottingham en 2004 y, desde entonces, las conferencias del EATA han ido sucediéndose cada dos años en dife-

rentes países europeos. La última edición del EATA se celebró en 2021 en Viena (Austria) y la anterior (2019), en Granada (España).

El EATA2023 será especial por coincidir con la celebración de los 100 años de la primera patente de una emulsión bituminosa y, por ello, durante la conferencia de la EATA en Gdansk, Polonia, IBEF va a celebrar el 13 de junio su Asamblea General de 2023 y un webinar que llevará por título "100 años de emulsión en el mundo" al que os animamos a participar registrándoos en <https://www.ibef.net/es/actualidad/ibef-formulario-de-inscripcion-webinar-de-primavera/>

Lecturas recomendadas

Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage 2021.
NAPA. Diciembre 2022. 153 páginas

Estados Unidos es la referencia mundial en reutilización de asfalto retirado y utilización de mezclas semicalientes. En esta nueva edición de la encuesta que se realiza para conocer el desarrollo de ambas prácticas se muestran los datos correspondientes a 2021.

La industria del asfalto sigue siendo el reciclador más efectivo del país, con más del 99% del pavimento de asfalto recuperado que se vuelve a utilizar. El porcentaje medio de RA utilizado en las mezclas asfálticas ha aumentado del 15,6 por ciento en 2009 al 21,9 por ciento en 2021. En 2021, el tonelaje estimado de RA utilizado en mezclas asfálticas era de 94,6 millones de toneladas. Esto representa 4,7 millones de toneladas de ligante asfáltico ahorrado, junto con la sustitución de más de 89 millones de toneladas de árido virgen. El uso de RAS en mezclas de pavimento asfáltico ha disminuido de 701.000 toneladas en 2009 a unas 630.000 toneladas en 2021, con el uso de RAS aumentando (7%) de 2020 a 2021.

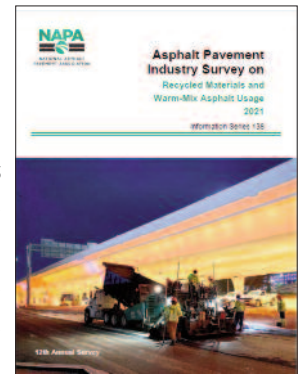
Se estima que el ahorro combinado de ligante asfáltico y árido por el uso de RAP y RAS en mezclas asfálticas es de más de 3.500 millones de dólares y más de 47 millones de metros cúbicos de espacio de vertedero.

Se informó de la incorporación de más de 1,3 millones de toneladas de otros materiales reciclados en casi 9,2 millones de toneladas de mezclas de pavimento asfáltico durante 2021, incluyendo caucho reciclado de neumáticos, escoria de altos hornos, escoria de acero y fibras de celulosa.

La producción total estimada de asfalto con tecnologías WMA durante 2021 fue de 177,9 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente el 53% se produjo a temperaturas reducidas. Esto supuso un descenso del 5% respecto a los 186,4 millones de toneladas de WMA estimados para 2020. La utilización de tecnologías WMA en 2021 fue un 959 por ciento superior a los 16,8 millones de toneladas estimadas en el año 2009.

El asfalto producido con tecnología WMA representó el 41,1 por ciento del mercado total estimado de mezclas asfálticas en 2021. Las tecnologías de aditivos químicos, que representan el 60 por ciento del mercado, es la tecnología de mezcla en caliente más utilizada; la espumación en planta de producción representó casi el 38 por ciento del mercado.

<https://member.asphaltpavement.org/Shop/Product-Catalog/Product-Details?productid=%7BBBDAB6C1D-7D96-ED11-AAD1-0022482A4988%7D>



Ignition Furnace Correction Factors: Identifying Influences and Minimizing Variability (2023) NCHRP Report 1060. National Academies. 58 páginas.

El proyecto 09-56 del NCHRP evaluó la variabilidad de los factores de corrección del horno de ignición determinados por Método estándar T 308 AASHTO "Determinación del contenido de ligante asfáltico de mezclas bituminosas en caliente (HMA) por el método de ignición" para diferentes tipos de hornos de ignición y mezclas para comprender mejor las implicaciones de compartir los factores de corrección.

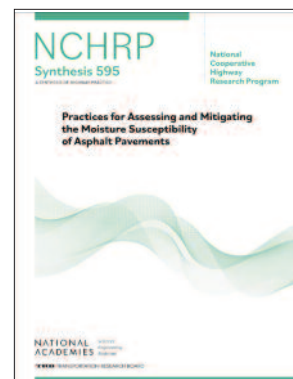
El plan experimental consistió en de tres estudios:

- 1) un estudio de sensibilidad de los factores de corrección del asfalto ante la variación de factores experimentales, como el tipo de horno, la temperatura de ensayo, el contenido de asfalto y la masa de la muestra, realizado en el National Center for Asphalt Technology (NCAT);
- 2) un "Round Robin Study" (RRS) en varios laboratorios para identificar los valores atípicos de los factores de corrección;
- 3) un estudio de resolución de problemas para evaluar más a fondo los valores atípicos del de los RRS. Aunque no era el objetivo principal del RRS, se obtuvieron declaraciones de precisión por tipo de mezcla. A partir de este estudio, se descubrió que los principales factores que afectaban a los factores de corrección del asfalto eran la temperatura de ensayo y el tipo de horno. Los resultados también indicaron que los factores de corrección eran significativamente diferentes para las distintas mezclas incluso cuando se utilizaba la misma marca de horno.

El estudio de precisión inter e intra laboratorios desarrollado en este estudio sugiere que pueden ser necesarios diferentes factores de corrección para áridos con alto potencial de rotura y que la actual declaración de precisión incluida en la norma se desarrolló probablemente para áridos con baja pérdida de peso y puede que no sea aplicable a los áridos con alto potencial de rotura.

También se determinó que los ensayos de ignición realizados a una temperatura más baja demostraron ser eficaces en la reducción de la magnitud y la desviación estándar de los factores de corrección para mezclas asfálticas que no contenían calcio. Estos resultados sugieren que la reducción de la temperatura de ensayo de 1000°F a 800°F podría mejorar potencialmente la precisión del procedimiento de ensayo.

Esta reducción de la temperatura podría traducirse en factores de corrección más bajos y, como se descubrió en este estudio, los factores de corrección más bajos dieron como resultado una reducción de las desviaciones estándar.



<http://bit.ly/3IEsTFB>

I+D+i.

Institute of Highway Engineering at RWTH Aachen University

<https://bit.ly/3BXgBge>



Las universidades son tradicionalmente centros generadores de I+D+i que suelen dar a conocer sus desarrollos a través de publicaciones en revistas científicas.

En el caso de la Universidad de Aquisgran, el departamento de Road Construction Technology dispone de una página web en la que muestran los proyectos en los que están trabajando y facilitan datos de contacto de los principales investigadores que intervienen en cada uno de los proyectos. Este modelo de comunicación no es habitual pero facilita enormemente la difusión de los proyectos de I+D+i.

En estos momentos, tienen en marcha 13 proyectos que cubren campos muy diversos relacionados con los pavimentos de carretera. Más concretamente, los

proyectos citados son:

- **Adhesion:** Multiscale Modelling and Characterization of Adhesion between Bitumen and Aggregate.
- **ARROWS:** Numerical and Experimental Development of an "Accelerated Repeated Rolling Wheel Load Simulator".
- **AsduB:** Asphalt Surface on a Continuously Reinforced Concrete Pavement.
- **AZwiSuB:** Investigation of Asphalt Interlayers underneath Concrete Pavements.
- **Construction Contract Flatness Measurements:** Z1kl-GS4 Expert WLP EU VVoT: Expert Support of a Framework Contract for Flatness Measurements according to Construction Contracts.

Secciones fijas

- **Biochar:** New-Generation Biochar-Modified Permeable Pavement Materials.
- **Bundes-CDE:** Development of a Common Database in German Road Construction.
- Detection of Microplastic Emissions from Road Markings.
- **EvAH:** Development of a test method for investigating the fatigue behavior of asphalt pavements on a half-scale.
- **InductInfra:** Inductive Dynamic Energy Supply of Vehicles via Road Traffic Infrastructure.
- **Special Research Area:** Digital Twin Road - Physical-Informational Mapping of the "Road of the Future" System.
- **Temperate Road - Pilot Application on duraBAST-Site:** Pilot Application of a Temperate Road on duraBAST Site (FE 04.0325 / 2018 / MRB).
- **5G4Construction:** ZIM Innovation Network for the Use of 5G Technology in Construction Sites.

#100

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Los firmes asfálticos, además de constituir un material totalmente reutilizable, son la solución que proporciona una rodadura sin juntas, suave, confortable y silenciosa y de rápido y fácil mantenimiento”

#CONFORT_Y_SEGURIDAD/SOSTENIBILIDAD



Día Internacional de la Conservación de Carreteras 2023 (IRMD 2023)

El pasado 13 de abril, promovida por la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), se ha celebrado el Día Internacional de la Conservación de Carreteras 2023 (IRMD, por sus siglas en inglés) con una jornada celebrada en Madrid, de forma presencial en la sede de la Fundación Pons, y retransmitida online, en formato PDV (presencial, digital y virtual) y en horario de mañana (directo) y de tarde (diferido), a través de la plataforma Itafec.

El IRMD es una iniciativa sectorial de alcance internacional, cuyo objeto es el de concienciar a la sociedad acerca de los beneficios del mantenimiento preventivo de carreteras sobre el medio ambiente y en particular sobre las emisiones asociadas al transporte viario. En esta edición, la de abril de 2023, el Día Internacional de la Conservación de Carreteras se ha celebrado bajo el lema "Conservando las carreteras reducimos las emisiones de CO₂", convocando a las principales organizaciones y personas de cualquier país vinculados al sector viario, para participar en una jornada de reflexión y análisis sobre la influencia del estado del pavimento de las carreteras sobre en las emisiones de CO₂ del transporte, sector que tan solo en España representa el 25% de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Así, mediante un completo programa técnico, dedicado a la sostenibilidad de las infraestructuras viarias y su capacidad de impacto para contribuir a alcanzar la neutralidad climática, se debatió sobre los principales aspectos económicos, sociales y ambientales que se derivan del estado de los pavimentos en las redes viarias de países pertenecientes a distintos continentes.

La jornada fue inaugurada por Juan José Potti, presidente de ASEFMA y de la Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica (EAPA), quien presentó el balance de actuaciones de los últimos años y expuso las iniciativas lanzadas en todo el mundo vinculadas al Día Internacional de la Conservación de Carreteras.

A continuación, coordinó una interesante mesa de debate y análisis de los impactos derivados del estado

de las carreteras y vías urbanas sobre la sostenibilidad (económica, social y ambiental), en la que participaron Miguel Ángel del Val, catedrático de Ingeniería de Carreteras en la Escuela de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM); Ángel Sampedro, director del Área de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad Alfonso X el Sabio (UAX); y Rosario Cornejo, presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC).

En la segunda parte de la jornada se dio paso a una serie de intervenciones en modalidad online, incluyendo y comentando vídeos con declaraciones de representantes de asociaciones nacionales e internacionales vinculadas al sector de la carretera.

Entre estas intervenciones internacionales procedentes del sector asociativo, académico y político se contó con las de ponentes de la talla de Carsten Karcher, secretario general de EAPA; Cristine Leroy, directora técnica de Routes de France; Breixo Gómez, director técnico de EAPA; José Luis Peña, responsable técnico de ASEFMA; Anders Hundahl, CEO de la asociación danesa de pavimentos asfálticos Asphaltindustrien; Hugo Florentín, presidente de la Asociación Paraguaya de Carreteras (APC); Salvador Fernández, director general de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes de México y presidente de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres; Hernán de Solminhac, exministro chileno de Obras Públicas y director del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile; Clemente Poon, exdirector de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México; Fernando Moreno, subdirector del Laboratorio de Ingeniería de la Construcción (LabIC) de la Universidad de Granada (UGR) y Andrea Peris, miembro de la Comisión de Comunicación de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC).

También se contó con la participación de representantes de destacadas empresas como Javier Castañeda, del Grupo Calidra (México); Javier Alejandro Gómez, de

G2 Ingeniería para la Construcción; e Ibon Aretxal, de la empresa española Asimob.



Foto 1: Debate presencial del #IRMD2023 (Fuente: Itafec).

El IRMD nació en 2018 y, desde entonces, ha obtenido un gran impacto digital, disponiendo de una web (<https://roadmaintenanceday.org>), y en esta edición el hashtag ha sido #IRMD2023, a través del cual pudo seguirse un intenso debate en las redes sociales, compartiendo trabajos, experiencias, reflexiones y comentarios sobre los beneficios de la conservación de carreteras. Según datos de la herramienta de análisis TweetBinder, el hashtag #IRMD2023 fue utilizado por 200 cuentas que emitieron un total de 1.866 tuits y generaron 10.617.325 impresiones para una audiencia estimada en 1.169.297 usuarios.

De entre todos los mensajes de texto emitidos en Twitter el más destacado fue lanzado por el presidente de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres Salvador Fernández (@SalvaFdezAyala) en el que expresaba "Hoy 13 de abril Día Internacional de la Conservación de Carreteras. No hay mejor intervención que aminore el mantenimiento que el construir carreteras con la calidad y normas de construcción especificadas en el proyecto". Fue retuiteado 51 veces y 81 participantes en el debate lo marcaron con un "me gusta".

El segundo tweet más popular fue emitido por la cuenta oficial del Día Internacional de la Conservación de Carreteras (@IRMD2023): "Un pavimento en buen

estado disminuye el consumo de combustible de un vehículo ligero hasta un 18%. Reducir un 10% el consumo de combustible en España supone un ahorro superior a los 1.000 millones de euros anuales". Obtuvo 30 retuits y 45 veces marcado con un "me gusta".

En tercer lugar estuvo el tweet del ingeniero Freddy Sánchez-Leal (@saintloyal), quien destacaba que "La mezcla asfáltica puede reutilizarse hasta en un 100%. Esto hace que la carretera se convierta en una cantera de agregado pétreo y cemento asfáltico". Fue retuiteado 19 veces y 40 usuarios lo señalaron con "me gusta".

Los cinco usuarios más activos en Twitter fueron el ingeniero Daniel Alcubilla (@DaniAlcubilla82) con 297 tuits, la cuenta oficial del Día Internacional de la Conservación de Carreteras (@IRMD2023) con 287 tuits, la cuenta de ASEFMA (@asefma_es) con 253 tuits, el instituto técnico Itafec (@Itafec) con 184 tuits y el ingeniero Clemente Poon (@IngCPoon) con 114.

Entre las cuentas oficiales que informaron sobre el día de Día Internacional de la Conservación de Carreteras estuvieron la Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica EAPA (@eapa_org), la Asociación Europea de Fabricantes de Betún EUROBITUME (@eurobitume), la Asociación Española de la Carretera AEC (@aecarretera), la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas ASEFMA (@asefma_es), la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras ACEX (@acex_asociacion), la Alianza de la Industria del Asfalto AIA (@AIA_Aphalt), la Asociación Argentina de Carreteras AAC (@AACarreteras), la Asociación Paraguaya de Carreteras APC (@apc_py), la Asociación Eslovena de Pavimentación Asfáltica ZAS (@ZdruzenjeZas), el Instituto del Asfalto de Guatemala (@IAG_Guatemala) y el Fondo de Conservación Vial de El Salvador (@FOVIALITO).

22-25 NOVIEMBRE/ NOVEMBER
ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

SMOPYC

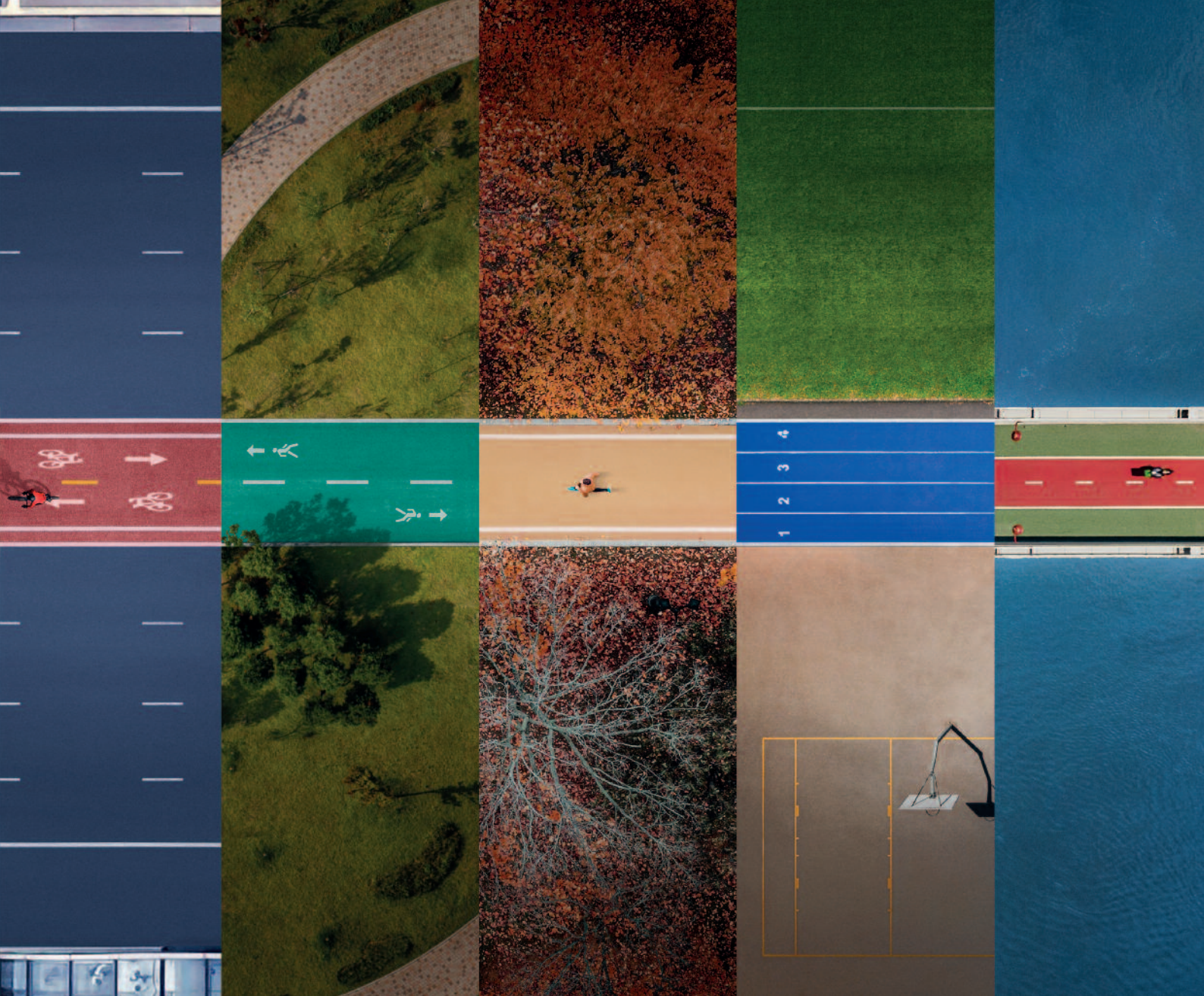
2023

19 SALÓN INTERNACIONAL DE MAQUINARIA DE
OBRAS PÚBLICAS CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

19 INTERNATIONAL SHOW OF PUBLIC WORKS,
CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY

www.smopyc.es





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



Inventemos el futuro

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

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



Repsol Compromiso
Cero Emisiones Netas
2050



Descubre más
aquí