

MICROAGLOMERADOS EN FRÍO Y LECHADAS BITUMINOSAS EN AUTOPISTAS, AUTOVÍAS Y AEROPUERTOS

Nuria Uguet Canal¹

Jose Antonio Zamora Dorado², María del Mar Colás Victoria³, Lluís Lozano Salvatella⁴

¹ Probisa Productos Bituminosos S.L.U., Madrid, España, nuria.uguet@eurovia-es.com

² Conelsan, Madrid, España, joseantonio.zamora@conelsan.es

³ Cepsa Comercial Petróleo, Madrid, España, marimar.colas@cepsa.com

⁴ KAO Corporation S.A., Barcelona, España, llozano@kao.es

Resumen

Los microaglomerados en frío son una técnica muy versátil en conservación de pavimentos. Las mejoras producidas en los últimos años en cuanto a materiales y maquinaria, han permitido su aplicación en autopistas, autovías y aeropuertos. Estas aplicaciones tan específicas requieren de una serie de recomendaciones para asegurar el éxito del tratamiento. Este artículo tratará sobre las peculiaridades de estas dos aplicaciones tan concretas.

Palabras Clave: Microaglomerados en frío, autopista, autovía, aeropuerto.

1. Introducción

El microaglomerado en frío, también conocido como slurry o lechada bituminosa, es una técnica de conservación de pavimentos que aplicada adecuadamente, constituye una solución económica, ecológica, eficaz y eficiente a muchos problemas no estructurales de carreteras y viales con firmes asfálticos. Los microaglomerados y las lechadas responden a un mismo concepto de aplicación, si bien hoy por hoy se diferencian básicamente en que las primeras, los microaglomerados en frío, tienen regulación normativa en el PG-3 en su artículo 540 [1] y las segundas, las lechadas bituminosas, no. No obstante, ambas técnicas quedan amparadas según la UNE-EN 12273 [2].

Los microaglomerados en frío son mezclas bituminosas fabricadas a temperatura ambiente con emulsión bituminosa de rotura lenta, áridos seleccionados, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y aditivos, fabricada y puesta en obra con consistencia fluida por una máquina autopropulsada que simultáneamente fabrica y extiende la mezcla. Se emplea en tratamientos superficiales de muy pequeño espesor (habitualmente no superior al centímetro).

La aplicación de un microaglomerado en frío tiene las siguientes ventajas:

- Mejora la textura y rugosidad superficial, incrementando la adherencia neumático-pavimento.
- Mejora la impermeabilización del pavimento, prolongando su vida útil.
- Rejuvenece pavimentos que presentan degradación y pérdida de material superficial, sellándolos y evitando que sigan degradándose superficialmente.
- No eleva el nivel del pavimento existente, por lo que evita la modificación de todos los sistemas de balizamiento y señalización.
- Rápida ejecución con lo que minimiza molestias a los usuarios.

Los microaglomerados en frío son tratamientos muy versátiles para la renovación superficial de los pavimentos, ya que en función de la zona donde se vaya a aplicar, se puede seleccionar el tratamiento más adecuado. En la Monografía de ATEB sobre Lechadas Bituminosas y Microaglomerados en frío [3] se puede profundizar en el estudio de estos tratamientos superficiales. Dicha Monografía se encuentra en la web de ATEB (www.ateb.es) y en breve va a ser publicada una actualización de la misma, complementada con un Manual de Buenas Prácticas sobre esta técnica tan utilizada en obras de conservación de la red viaria en nuestro país.

Inicialmente, las lechadas bituminosas se empleaban para carreteras de bajo tráfico como corrección de pavimentos deslizantes. El avance de la técnica y de la maquinaria, y la aparición de las emulsiones modificadas ha permitido ampliar su campo de aplicación, empleándose actualmente también en autopistas y autovías y, aeropuertos.

Este artículo tratará sobre la puesta en obra de microaglomerados en frío en autopistas y autovías y aeropuertos.

2. Microaglomerados en frío en autopistas y autovías

La conservación de las capas de rodadura en autopistas y autovías es una operación fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios.

La mayoría de las actuaciones de conservación en carreteras de elevado tráfico se centran en la utilización de mezclas en caliente o semicalientes que aseguran todas las funcionalidades de la capa de rodadura: adherencia, estanqueidad, drenaje, ruido,... Los microaglomerados en frío estaban al margen de este tipo de obras. Sin embargo, esta técnica ha sido ya objeto de estudios y éxitos en diferentes autopistas y autovías de nuestro país como mejora del CRT, ya que de manera general, este tipo de vías presentan un buen estado estructural, surgiendo únicamente problemas de pérdida de adherencia por la acción del tráfico. Se han extendido de manera exitosa microaglomerados en frío en autopistas y autovías a lo largo del territorio español como por ejemplo, en la AP-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-8, AP-6, AP-15, R-4, A-62, AP-53, AP-66, VG-41, M-45, M-501, M-511, etc...

La principal diferencia entre los microaglomerados aplicados en autopistas y autovías respecto a los convencionales se basa en el empleo de materiales de mayor calidad y en la utilización, cuando proceda de sistemas de compactación y barredoras.

2.1. Tipo de tratamiento a emplear

El tipo de tratamiento a emplear, dependerá fundamentalmente del estado del soporte. Las mezclas en caliente habitualmente empleadas en España como capa de rodadura en autopista suelen ser de tipo discontinuas, como las BBTM y las PA. Lo que se busca mediante el empleo de este tipo de mezclas es mejorar la funcionalidad del firme sin pretender un aumento de la capacidad estructural, que vendrá dada por capas inferiores.

Las mezclas discontinuas presentan un alto contenido de huecos, lo que le confiere a la superficie de rodada, además de una excelente adherencia, una mejor evacuación del agua y una menor sonoridad. Cuando por la acción del tráfico, éstas pulimentan, será necesario tomar acciones para restaurar la adherencia.

Una aplicación bicapa con microaglomerados en frío resulta ideal como tratamiento para mejorar la adherencia. Como primera capa se recomienda aplicar un microaglomerado de tipo MICROF-5, que sellará los huecos de la mezcla discontinua existente. Como rodadura, se extenderá un microaglomerado de tipo MICROF-8.

Los husos granulométricos recomendados son los siguientes, que aparecen en el artículo 540 del PG-3:

Tabla 1. Husos granulométricos recomendados

ABERTURA DE LOS TAMICES		11.2	8	5.6	4	2	1	0.5	0.25	0.063
MICROF-5	Lim. Sup.	100	100	100	93	80	64	48	33	14
	Lim. Inf.	100	100	90	78	60	44	30	19	8
MICROF-8	Lim. Sup.	100	100	92	84	64	45	31	22	9
	Lim. Inf.	100	90	74	60	40	25	15	10	5

2.2. Materiales

Las principales materias primas a emplear en la fabricación de microaglomerados en frío y sus características más importantes de cara a su aplicación en autopistas y autovías son:

2.2.1 Árido

Los áridos a emplear en la fabricación de microaglomerados en frío para autopistas y autovías deben tener una muy alta calidad. Deben ser áridos que cumplan holgadamente las especificaciones establecidas en el artículo 540 del PG-3 [2], sobre todo en lo que a propiedades mecánicas y de durabilidad se refiere. Se recomienda que cumplan los siguientes parámetros:

- Índice de lajas (FI) del árido grueso (UNE EN 933-3)[4] ≤ 20
- Resistencia a la fragmentación, Coeficiente los Ángeles (LA) (UNE EN 1097-2) [5] ≤ 15 en capa de rodadura e inferior a 20 en capas de base.
- En el caso en que el árido se vaya a emplear en capas de rodadura, deberá tener una resistencia al pulimento (PSV) superior a 50 (UNE-EN 1097-8) [6].

Además, en la fabricación de los áridos deben conseguirse unas buenas características en ensayos que dependen del sistema de fabricación como son:

- El árido procederá de machaqueo de piedra de cantera o, en el caso en que procedan de grava natural, deben tener una proporción de partículas parcial y totalmente trituradas (C) (UNE EN 933-5) [7] del 100%.
- El equivalente de arena del árido combinado (UNE EN 933-8) [8] deberá ser superior a 60. Si no se cumpliera esta condición, deberá ser o superior a 50 con un valor de azul de metileno (MB) (UNE EN 933-9) [9] inferior a 7 g/kg.

2.2.2 Emulsión

Para su aplicación en autovías y autopistas, se emplean emulsiones catiónicas de rotura lenta modificadas con polímeros. El empleo de este tipo de emulsiones, permite una apertura al tráfico más rápida, un menor desprendimiento y una mayor durabilidad del tratamiento. Al llevar látex en su composición, la reflexión de posibles fisuras de capas inferiores se retrasaría.

Estas emulsiones cumplirán las características de la norma UNE-EN 13808 [10] y tendrán las clases prestacionales que se recogen en el anexo nacional español para los tipos C60BP4 MIC y C60BP5 MIC, que son:

Tabla 2. Clases prestacionales seleccionadas para las emulsiones originales C60BP4 MIC y C60BP5 MIC

Requisitos	Clases ^a	
	C60BP4 MIC	C60BP5 MIC
Índice de ruptura (UNE-EN 13075-1[11])	110-195 (Clase 4)	> 170 (Clase 5)
Tiempo de fluencia 2 mm a 40 °C (UNE-EN 12846-1[12])	15-70 (Clase 3) ^b	15-70 (Clase 3) ^b
Adhesividad con el árido de referencia (UNE-EN 13614[13])	≥ 90 (Clase 3)	≥ 90 (Clase 3)
Contenido en ligante (por contenido en agua) (UNE-EN 1428 [14]) o	58 – 62 (Clase 6)	58 – 62 (Clase 6)
Ligante Residual después de destilación (UNE-EN 1431 [15]) ^c	≥ 58 (Clase 6)	≥ 58 (Clase 6)
Residuo de tamizado – tamiz 0,5 mm (UNE-EN 1429 [16])	$\leq 0,1$ (Clase 2)	$\leq 0,1$ (Clase 2)
Tendencia a la sedimentación (almacenamiento durante 7 días) (UNE-EN 12847 [17])	≤ 10 (Clase 3)	≤ 10 (Clase 3)

^a Se elige el empleo de una de estas dos emulsiones en función de la reactividad del árido y de las condiciones de la ejecución. Con temperaturas altas y/o áridos muy reactivos se recomienda el empleo de la C60BP5 MIC por su mayor estabilidad.

^b Se pueden emplear emulsiones de Clase 4 para el Tiempo de fluencia (40-130 s), especialmente en los casos en los áridos presenten humedad elevada.

^c El contenido de ligante de la emulsión determinado por el método de destilación descrito en la Norma EN 1431 debe definirse como (porcentaje en masa de ligante residual + contenido en masa del fluidificante destilado).

Tabla 3. Clases prestacionales seleccionadas para los ligantes residuales de la C60BP4 MIC y C60BP5 MIC

Requisitos	Clases seleccionadas (Ligante residual por destilación)	Clases seleccionadas (ligante recuperado)	Clases seleccionadas según (ligante estabilizado)
Penetración a 25°C (UNE-EN 1426 [18])	≤ 100 (Clase 3)	≤ 100 (Clase 3) ^a	≤ 100 (Clase 3)
Punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427 [19])	≥ 50 (Clase 4)	≥ 50 (Clase 4) ^a	≥ 50 (Clase 4)
Energía de cohesión por el ensayo del péndulo (UNE-EN 13588 [20]) ó Energía de cohesión por fuerza ductilidad(UNE-EN 13589 [21]y UNE-EN 13703 [22])	≥ 0,5 (Clase 6)	≥ 0,5 (Clase 6)	≥ 0,5 (Clase 6)
Recuperación elástica a 25 °C (UNE EN 13398 [23])	DV (Clase 1)	DV (Clase 1)	DV (Clase 1)

^a Se admiten emulsiones fabricadas con betunes más blandos (Penetración Clase 4 ≤ 150 y Punto de Reblandecimiento Clase 6 ≥ 43), para zona térmica templada.

2.2.3. Agua, aditivo y otros

El porcentaje de agua, aditivo y, en su caso, filleres de aportación dependerán básicamente del árido a emplear y de las características finales de la mezcla. Sus porcentajes se determinarán en la fórmula de trabajo.

El agua a emplear debe cumplir lo establecido en el artículo 540 del PG-3 [1].

2.3. Mezclas a fabricar

2.3.1 Capa base: MICROF-5

Como se ha comentado anteriormente, la primera capa, que sellará los huecos de la mezcla discontinua existente será de tipo MICROF-5. Dicha capa debe formularse de manera que se favorezca su correcta penetración en la mezcla. Para ello es necesario:

- Que sea fina para que penetre con facilidad por los huecos de la mezcla y selle posibles fisuras.
- Que tenga un contenido de ligante elevado (de acuerdo siempre a una fórmula de trabajo) para ser más flexible.
- Que tenga un tiempo de fluidez ajustado para que se produzca la rotura en el momento justo y no antes ni después.
- Que tenga una buena adherencia con la mezcla de la capa inferior.

Dado que la lechada de tipo MICROF-5 nunca actuará como capa de rodadura, a la hora de seleccionar el árido, primarán factores como pueden ser la toma de cohesión, equivalentes de arena elevados y consumos de aditivo bajos sobre la dureza y resistencia a la fragmentación del mismo.

De cara a seleccionar la emulsión adecuada y como se trata de una autovía o autopista, se deben emplear emulsiones modificadas de tipo C60BP4 MIC.

Es fundamental recalcar que, dado que el pavimento previo a la extensión de la lechada de tipo MICROF-5 es muy abierto, la dotación aproximada de la misma suele ser superior a 10 kg/m², dotación superior a la establecida en el artículo 540 del PG-3[1] que establece un intervalo entre 7 y 9 kg/m².

2.3.2 Capa de rodadura: MICROF-8

Una vez sellada la mezcla discontinua original, queda una superficie sin textura, peligrosa en términos de seguridad vial. Se recomienda aplicar encima una MICROF-8 que actuará como capa de rodadura, proporcionando a la calzada la textura necesaria para asegurar una correcta adherencia neumático pavimento. De cara a la formulación de la lechada que se utilizará como rodadura se recomienda:

- Áridos naturales o artificiales cúbicos, con buen coeficiente de pulimento acelerado y resistencia a la fragmentación. En esta ocasión primarán estos factores ya que esta mezcla en frío sí estará expuesta a la acción del tráfico.
- Buena adherencia en relación al betún, proporcionando a la mezcla una cohesión elevada y una fuerte resistencia a la abrasión.
- Dotaciones de ligante adecuadas a evaluar en la fórmula de trabajo.

Al igual que en el caso anterior, se recomienda utilizar emulsiones modificados de tipo C60BP4 MIC o C60BP5 MIC que proporcionarán un mejor comportamiento de la lechada a la acción del tráfico. En este caso, la dotación de lechada sería la convencional y establecida en el artículo 540 del PG-3 (9-12 kg/m²).

2.4. Fórmula de trabajo

Como en cualquier obra de microaglomerado en frío, es fundamental realizar una fórmula de trabajo. Los ensayos básicos a realizar y las especificaciones exigidas son:

- Desgaste, pérdida por abrasión por vía húmeda (UNE EN 12274-5) => $\leq 350 \text{ g/m}^2$
- Cohesión, tiempo para alcanzar un par de torsión de 2 N·m (UNE EN 12274-4) => ≤ 30 minutos.

En función de las condiciones específicas de la obra (ejecución nocturna o diurna, configuración de la vía...) se podrán aumentar las exigencias a estas especificaciones propuestas. En todo caso, la fórmula de trabajo debe indicar:

- Granulometría de áridos combinados.
- El tipo de emulsión bituminosa.
- La dosificación de emulsión bituminosa, referida a la masa total de los áridos.
- La dosificación del polvo mineral, referida a la masa total de los áridos.
- Cuando se utilicen otro tipo de adiciones, su dosificación.
- Desgaste (g/m²), pérdida por abrasión por vía húmeda (UNE EN 12274-5).
- Cohesión (minutos), tiempo para alcanzar un par de torsión de 2 N·m (UNE EN 12274-4).

De cara a realizar la fórmula de trabajo, es fundamental que, tanto las muestras de árido como de emulsión para su realización, sean representativas. Antes de empezar la obra, es muy importante tomar muestras de las diferentes materias primas en acopio para verificar la fórmula de trabajo y asegurar que el material en acopio es similar al empleado en las fórmulas de trabajo.

2.5. Ejecución y puesta en obra

La fabricación y la puesta en obra se realizan simultáneamente, mediante máquinas autopropulsadas, montadas sobre una plataforma móvil o sobre un camión. El esquema de producción es como el que se presenta a continuación:

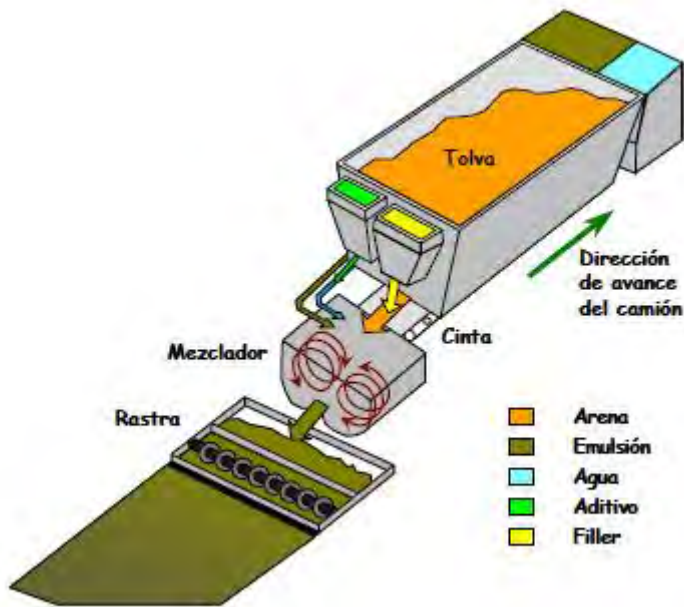


Figura 1. Esquema máquina de fabricación

La puesta en obra de la lechada se realiza mediante una rastra de extendido sobre la que se vierte el material desde el mezclador. Al tratarse de autovías o autopistas, se recomienda el empleo de máquinas de alta capacidad que permiten aumentar los rendimientos, minimizando así las afecciones a usuarios.

Como elementos complementarios en todos los casos, se requieren y emplean una pala cargadora, rastras y palas de mano, etc.

En el proceso de puesta en obra de la lechada hay que poner especial cuidado en la ejecución de las juntas, tanto las transversales como longitudinales.

La rastra está cerrada por unas bandas de goma que se apoyan sobre el suelo y que impiden la salida del material excepto por la parte de atrás respecto al sentido de marcha y que constituye el extendido del producto, asegurando así una correcta junta longitudinal. Las juntas transversales se producen por la finalización de cada carga. Para asegurar una correcta junta transversal, se recomienda el empleo de plásticos que recojan el material del arranque de cada máquina.

El ancho de rastra se ajustará a las necesidades de la vía para no solapar más de 15 cm en el eje longitudinal. Además, al tratarse de un tratamiento bicapa, la zona de solape entre la MICROF-5 y la MICROF-8 no debe coincidir, evitando así la formación de caballetes longitudinales.



Figura 2. Junta transversal

En casos concretos, como por ejemplo en obras de ejecución nocturna, para minimizar el posible desprendimiento de gravillas y reducir los tiempos de curado, se puede proceder al apisonado del tratamiento con un compactador de neumáticos. El compactador hince las gravillas al mástico del microaglomerado y hace que el agua de la lechada, por compresión, suba a la superficie de la misma, facilitando su evaporación, agilizando así la toma de cohesión y apertura al tráfico. Si se emplea un compactador es fundamental que se incorpore en el momento adecuado. Si la emulsión no ha roto, la emulsión se pegará a los neumáticos, generando marcas. Si se introduce muy tarde, además de no acelerar el curado, puede mover las gravillas, facilitando su desprendimiento. Por estos motivos es crucial contar con personal especializado.

A veces, puede ser necesario un barrido posterior al tratamiento y previo a la apertura al tráfico para minimizar las posibles proyecciones de gravilla con las consecuentes roturas de lunas de los vehículos. Si se emplea barredora, se recomiendan las típicas barredoras aspiradoras que utilizan las conservaciones.

2.6. Aspecto final

El aspecto final de la aplicación de microaglomerados en frío en autopista es el que se aprecia en las siguientes figuras:



Figura 3. Aspecto final del microaglomerado en frío en autopistas

Como se observa en las figuras, la superficie de rodadura queda totalmente renovada, impermeabilizando y dando textura al firme.

3 Microaglomerados en frío en aeropuertos

Los microaglomerados en frío en aeropuertos surgieron en el año 1985 cuando un Jefe del departamento de conservación de AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), tenía que dar una solución de macrotextura y resistencia al deslizamiento en la pista de vuelo del aeropuerto de Málaga. Después de varias reuniones con expertos en pavimentación, ensayos a nivel de laboratorio y tramos de prueba, se decide que se va a ejecutar dicho micro en frío en la pista de vuelo del aeropuerto de Málaga.

Se han realizado más de 20 actuaciones en pistas de vuelo de los aeropuertos de España, como los de Madrid, Gerona, Barcelona, Gran Canaria, Palma, Ibiza, Menorca, Jerez, Almería, etc., tanto grandes como pequeños, de día con el aeropuerto cerrado (poco frecuente) o con horario restringido nocturno. En todos ellos se busca una rápida puesta en servicio para permitir el funcionamiento regular de la pista. De forma generalizada se hacen estas actuaciones porque permiten conseguir un rozamiento y macrotextura adecuados durante 6 a 10 años (según tráfico) y aun soportando la limpieza periódica de caucho que se precisa en aeropuertos importantes.

3.1 Tipo de tratamiento a emplear

En los aeropuertos españoles, se utilizan normalmente microaglomerados en frío de tipo MICROF-8 (anteriormente LB-2) porque lo que se pretende conseguir es una buena macrotextura (mancha de grasa mayor 1 mm y rozamiento mayor de $0,72\mu\text{m}$ por Mumeter según marca la OACI). El resto de los parámetros que además se exigen, como buena capacidad portante (PCN) y regularidad superficial (Índice Boeing), se consiguen con las otras capas del firme.

Únicamente se utilizan MICROF-5 cuando hay que sellar alguna zona específica o hay que tapar algún ranurado de pista.

3.2 Materiales

3.2.1. Áridos

Los áridos que se utilizan para los micros en Aeropuertos son los mismos que se suelen utilizar para los Micros de las Autopistas y Autovía. Se incide mucho en que el Coeficiente de pulimento acelerado sea muy elevado, por encima de 50 para luego cumplir el coeficiente de rozamiento por Mumeter, que es uno de los parámetros más importantes en las capas de rodadura de las pistas de vuelo.

3.2.2. Emulsión

El tipo de Emulsión que esta prescrita en los pliegos de los aeropuertos españoles es siempre una emulsión modificada, normalmente de tipo C60BP4 MIC que debe permitir una elevada cohesión tras la extensión del tratamiento

3.2.3 Agua o aditivos

Al igual que en microaglomerados en frío para autopistas, el agua a emplear debe cumplir las exigencias del artículo 540 del PG-3. En aeropuertos, dado que en zonas costeras suelen estar cerca del mar por una cuestión orográfica, se prohíbe terminantemente el empleo de agua de mar.

3.3. Fórmula de trabajo

Como en microaglomerados para aeropuertos, la fórmula debe señalar:

- Granulometría de árido combinados.
- El tipo de emulsión bituminosa.
- La dosificación de emulsión bituminosa, referida a la masa total de los áridos.
- La dosificación del polvo mineral, referida a la masa total de los áridos.
- Cuando se utilicen otro tipo de adiciones, su dosificación
- Desgaste (g/m^2), pérdida por abrasión por vía húmeda (UNE EN 12274-5)
- Cohesión (minutos), tiempo para alcanzar un par de torsión de 2 N.m (UNE EN 12274-4)

Antes de iniciarse la puesta en obra de la lechada bituminosa será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo y la forma de actuación del equipo.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto. El Director de Obra determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción

3.4 Puesta en Obra

En la aplicación de microaglomerados en frío en aeropuertos, se emplea, además de la máquina autopropulsada para la fabricación y la puesta en obra de la lechada, maquinaria específica para esta aplicación.

En aeropuertos, en las actuaciones de preparación de la superficie se precisa la eliminación de caucho procedente de los neumáticos de los aviones y para ello se utilizan granalladoras.

Una vez realizada esta limpieza energética del soporte, se extiende un riego de adherencia de unos 300/500 g/m² previo a la aplicación de la lechada. Esta emulsión de adherencia suele ser del tipo C60BP3 ADH y debe cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 214 del PG-3.



Figura 4. Aplicación del riego de adherencia

Una vez que ha roto la emulsión del riego de adherencia, se extiende la lechada propiamente dicha. Después de un tiempo de maduración del microaglomerado en frío (entre 30 minutos y 40 minutos en función de la climatología), se realiza una compactación con un rodillo neumático, para acelerar el curado terminando de sacar el agua y enlavar los áridos de mayor tamaño lo máximo posible.



Figura 5. Compactación del microaglomerado en frío

A continuación, se produce un barrido energético más aspiración, para eliminar los posibles áridos gruesos que queden sueltos para que no afecten a la seguridad de las aeronaves.



Figura 6: Las 3 zonas de la ejecución, antes, durante y después del tratamiento

4 Conclusiones

Los microaglomerados en frío son técnicas muy versátiles que permiten su empleo en una amplia gama de aplicaciones, entre ellas, autopistas, autovías y aeropuertos. En función de cada aplicación, habrá que seguir unas recomendaciones específicas.

Cuando se emplean en tanto en autopistas y autovías como en aeropuertos, proporcionan una elevada macrotextura que confiere seguridad a la vía, impermeabilizando el firme y sin aumentar gálibo, con lo que se evita tener que modificar los sistemas de señalización y balizamiento de la vía. Además, su aplicación es rápida, minimizando afecciones a usuarios.

En ambas aplicaciones hay parámetros comunes como son:

- Empleo de emulsión modificada.
- Microaglomerados de rápida toma de cohesión.
- Equipo de extensión autopropulsado.

Y en ambas hay especificidades como pueden ser:

- Tipo de tratamiento a emplear.
- Maquinaria auxiliar (cisterna de riego, granalladora, etc).
- Compactación.

En las dos aplicaciones, lo que se busca es, por un lado proteger el pavimento existente y, por otro, asegurar una superficie de rodadura con una excelente resistencia al deslizamiento. Para ello se necesita:

- que la totalidad de los áridos a emplear, en microaglomerados para capas de rodadura, presenten un elevado CPA
- que la capa de microaglomerado tenga una macrotextura superficial adecuada.

5 Referencias

- [1] PG-3 Artículo 540. Microaglomerados en frío (Orden FOM/2523/2014)
- [2] UNE-EN 12273:2009. Lechadas bituminosas. Especificaciones.
- [3] Monografía de ATEB, “Lechadas Bituminosas y Microaglomerados en Frío”.
- [4] UNE EN 933-3. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- [5] UNE EN 1097-2. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

- [6] UNE-EN 1097-8. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.
- [7] UNE EN 933-7. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.
- [8] UNE EN 933-8. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- [9] UNE EN 933-9. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- [10] UNE-EN 13808:2013. Emulsiones bituminosas catiónicas. Especificaciones.
- [11] UNE-EN 13075-1. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación del comportamiento a la rotura – Parte 1: Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas. Método de la carga mineral.
- [12] UNE-EN 12846-1. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo – Parte 1: Emulsiones bituminosas.
- [13] UNE-EN 13614. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.
- [14] UNE-EN 1428. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método de destilación azeotrópica.
- [15] UNE-EN 1431. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas.
- [16] UNE-EN 1429. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado.
- [17] UNE-EN 12847. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas.
- [18] UNE-EN 1426. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de la penetración con aguja.
- [19] UNE-EN 1427. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación del punto de reblandecimiento – Método del anillo y bola.
- [20] UNE-EN 13588. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el método del péndulo.
- [21] UNE-EN 13589. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método de fuerza-ductilidad.
- [22] UNE-EN 13703. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de la energía de deformación
- [23] UNE-EN 13398. Betunes y ligantes bituminosos – Determinación de la recuperación elástica de los betunes modificados.