



RIEGOS AUXILIARES

ASOCIACION TECNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS
(ATEB)



Coordinado por :

Alberto Bardesi
Ramón Tomás

ATEB

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
2. EQUIPOS DE APLICACIÓN.
3. CRITERIOS DE APLICACIÓN.

RIEGOS DE ADHERENCIA.

1. INTRODUCCIÓN.
2. CONDICIONES BÁSICAS.
3. CARACTERÍSTICAS Y DOTACIÓN DE EMULSIÓN.
4. PUESTA EN OBRA.

RIEGOS DE IMPRIMACIÓN.

1. INTRODUCCIÓN.
2. CONDICIONES BÁSICAS.
3. TIPO Y DOTACIÓN DE EMULSIÓN.
4. PUESTA EN OBRA.

RIEGOS DE CURADO.

1. INTRODUCCIÓN.
2. TIPO Y DOTACIÓN DE EMULSIÓN.
3. PUESTA EN OBRA.

RIEGOS ANTIPOLVO.

RIEGOS AUXILIARES

1 INTRODUCCIÓN.

Dentro de este documento recogemos aquellos tratamientos con emulsión que, de forma habitual, entran a formar parte de los diferentes sistemas de pavimentación; unas veces de forma autónoma, como puede ser el caso de los riegos antipolvo y otras, la mayor parte de las veces, se aplican para proteger o garantizar la eficacia de las diferentes capas que constituyen el pavimento propiamente dicho (adherencia, curado, etc).

La contribución de los riegos auxiliares es conocida y reconocida desde los albores de la pavimentación de carreteras (ver foto 1).

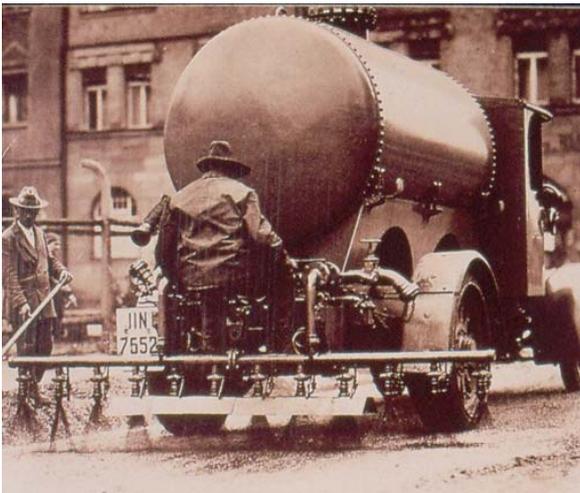


Foto 1. USA. Principios siglo XX

Sin embargo, no siempre se les confiere la importancia que tienen y con relativa frecuencia se cometen errores de diseño y/o aplicación con consecuencias técnicas y económicas incomparablemente mayores que los supuestos ahorros conseguidos.

Toda reflexión que hagamos sobre estos riegos auxiliares tiene que tener presente dos premisas fundamentales y características:

- ✓ Su trascendencia.
- ✓ Su coste.

A medida que vayamos analizando cada uno de los tratamientos veremos la importancia que en cada uno de ellos tienen ambos aspectos y comprobaremos de forma inequívoca que el coste nunca justifica que no se haga una perfecta aplicación.



Foto 2. Riego de protección

Para conseguir un efectivo riego auxiliar es imprescindible tener en cuenta, al menos, los siguientes aspectos:

1. **El tipo de ligante empleado.** La viscosidad, el poder de penetración, la velocidad de rotura, la naturaleza del ligante residual son características de las emulsiones que en estos tipos de tratamientos se vuelven determinantes.
2. **La dotación.** Para cada tipo de riego auxiliar debe determinarse la cantidad más adecuada a emplear en cada caso. El contratista deberá tener en cuenta unas dotaciones mínima y máxima que aseguren el éxito del tratamiento y minimicen riesgos de fallo.
3. **Sistema de aplicación.** En la mayoría de los tratamientos auxiliares se emplean dotaciones pequeñas, lo que obliga a utilizar sistemas de aplicación mecanizados que aseguran la dotación y distribución correcta.
4. **Protección del mismo.** En algunos casos, no basta con aplicar la emulsión en la dotación y modo más adecuado y será necesario que ésta

se proteja, fundamentalmente del tráfico de obra, hasta su cubrición por otros materiales o capas del pavimento en ejecución.

2 EQUIPOS DE APLICACIÓN.

Aunque la aplicación manual estuvo muy extendida hasta hace no muchos años, la aplicación de los riegos auxiliares requiere el empleo, en todos los casos, el empleo de una cisterna de riego, preferentemente con un control automático de la dotación aplicada.

Las cisternas suelen ser de forma elíptica, con capacidad variable entre los 5.000 y 25.000 l, y suelen ir calorifugadas para que las pérdidas de temperatura en transporte no superen de media los 2°C/hora.



Foto 3. Aeropuerto. Riego de adherencia

La cisterna deber ir dotada de termómetros para el control de temperatura y de indicadores de nivel. Igualmente debe disponer de todos aquellos sistemas de seguridad que la aplicación y el transporte de estos productos sean exigidos en la reglamentación vigente. Conviene recordar que aunque la emulsión no está contemplada dentro de la reglamentación ADR, ello no supone que no se deban tener unas precauciones mínimas en su transporte y manipulación.

Para la aplicación del ligante a través de la rampa de pulverización los sistemas más usuales son los de:

- Presión constante.
- Volumen constante.
- Dosificación constante.

El primer sistema exige la utilización de un pequeño compresor, cuya misión es la de reponer las pérdidas de altura por vaciado del tanque.

La alimentación a volumen constante es el procedimiento más extendido, y la impulsión se efectúa mediante bomba volumétrica. Todo el ligante distribuido por la bomba a la rampa va a la carretera. En este caso, es posible variar la dosificación, bien haciendo variar la velocidad de rotación de la bomba, bien variando la velocidad de avance del camión.

El sistema de dosificación constante es el más moderno, y su máximo interés reside en la independencia de la dosificación con la velocidad del distribuidor, en virtud del acoplamiento de una bomba volumétrica en las ruedas motoras de la unidad tractora.



Foto 4. Control automatizado del riego

Los equipos más modernos están equipados de sofisticados sistemas electrónicos que permiten precisiones en la dosificación en torno al 1%. Para ello es necesario suministrar datos precisos de densidad y/o viscosidad a la temperatura de trabajo, así como realizar calibrados continuos del sistema.

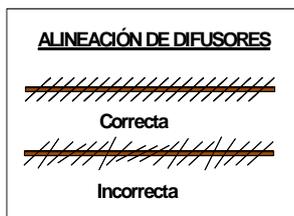
El ligante se extiende a través de rampas que están constituidas por un cuerpo principal replegable o por varios elementos telescópicos. A veces se ponen en funcionamiento difusores correctores de dosificación situados en los extremos de la rampa. Las modernas rampas telescópicas, tienen la ventaja de adecuarse fácilmente a variaciones continuas de la anchura en las superficies a revestir.

La separación entre difusores suele estar comprendida entre 10 y 15 cm. Los difusores suelen ser de tipo “jet cónicos” para extender ligantes a alta presión (presión en la rampa > 0,2 Mpa), o los “jet de abanico” que son los más corrientes y que trabajan a presiones en rampa media (0,02 a 0,2 Mpa).

La regularidad en la distribución, como es de suponer, ha de ser lo más perfecta posible. Un criterio de medida de esta regularidad es el factor r, que no debe ser inferior a 0,2 y que se determina:

$$r = (D - d) / (D + d)$$

siendo D y d las dotaciones máximas y mínimas respectivamente, obtenidas en 10 comprobaciones, fuera del intervalo de los 50 m siguientes a una parada de la cisterna.



La regularidad transversal adecuada se alcanza siempre y cuando la altura de la rampa y el ángulo de los difusores permita en cada punto la superposición correcta del ligante emitido por los difusores (ver gráficos).

Esto exige vigilancia continua sobre la limpieza de los difusores, la presión en la rampa y la constancia en la viscosidad del ligante que se extiende; a más viscosidad menos ángulo, y por tanto líneas longitudinales subdosificadas de ligante.



Foto 5. Estrías en el riego por altura incorrecta de la rampa

Los errores en la distribución longitudinal tienen como causa defectos del distribuidor o de los operarios, en tanto que los que se refieren a la distribución transversal tienen su origen en la rampa distribuidora.



Foto 6. Defectos de un riego de adherencia ejecutado manualmente.

Otro dato importante a tener en cuenta es que el ligante deberá aplicarse a una temperatura en que su viscosidad quede dentro de los límites sancionados por la experiencia. De manera general, los ligantes deberán poseer, para que puedan pulverizarse sin problemas, una viscosidad de 20 a 120 centistokes o, lo que es lo mismo, de 12 a 60 segundos Saybolt-Furol. Sin embargo, cada tipo de riego tiene su viscosidad ideal.

3 CRITERIOS DE APLICACIÓN.

Además de disponer del equipo de aplicación básico (cisterna de riego) para la ejecución, en numerosas ocasiones será necesario disponer de otros elementos. En principio, será necesario disponer también de una barredora para garantizar un mínimo de limpieza de la superficie a tratar. También suele ser necesario disponer de un gravillador y un compactador de neumáticos en los casos en los que el riego auxiliar requiera ser protegido de la acción del tráfico.

Con carácter general deberán tomarse los siguientes cuidados en la ejecución:

- Se comprobará la limpieza de la superficie a tratar.
- La temperatura de la emulsión será la correspondiente a la viscosidad indicada.
- Cuando la dotación de ligante residual sea muy reducida y ello comprometa el funcionamiento de la rampa, será necesario proceder a una dilución de la emulsión con agua. En general, lo más recomendable es aplicar una proporción 50/50. La dilución se debe realizar siempre añadiendo el agua a la emulsión y únicamente en aquella cantidad que vaya aplicarse con carácter inmediato para evitar la sedimentación.
- Se comprobará sistemáticamente que la alineación y el funcionamiento de los difusores son correctos.

- Las juntas transversales se realizarán evitando la duplicación de la dotación, para lo que hay que disponer tiras de papel en el arranque y final de cada aplicación de emulsión.
- El árido de cobertura, cuando se emplee, no deberá tener una humedad excesiva que perjudique la adherencia con la emulsión ni retarde su rotura.
- Se comprobará sistemáticamente el correcto funcionamiento de la gravilladora cuando se aplique árido de cobertura.

De cara al control de calidad de la unidad es preciso poner atención en los siguientes aspectos:

La conformidad de los materiales empleados con las especificaciones mediante la toma de muestras de la emulsión y, en su caso, del árido de cobertura. Este control debe entenderse no sólo en la recepción sino, también, a lo largo de la ejecución con la periodicidad que se establezca.

La dosificación del ligante y, en su caso, del árido de cobertura. Para ello se dispondrán bandejas, metálicas o de cartón, en diferentes posiciones a lo ancho de la franja de trabajo. Adicionalmente se calculará la dosificación media, al menos una vez al día, mediante el cociente entre el material consumido, medido por diferencia de pesadas de los camiones, y la superficie realmente regada.

La uniformidad en la distribución del ligante y, en su caso, del árido de cobertura, que se comprobará visualmente.



RIEGOS DE ADHERENCIA

1 INTRODUCCIÓN.

Se encuentran especificados en el artículo 531 del PG-3 dentro de la parte correspondiente a firmes, donde se definen como la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de cualquier tipo de capa bituminosa que no sea un tratamiento superficial con gravilla o una lechada bituminosa.

El objeto de estos riegos es el conseguir una perfecta unión entre capas durante todo el tiempo de vida del firme, para que su comportamiento sea como si se tratara de una única capa, base sobre la que se realizan todos los cálculos estructurales.

No sólo un fallo de adherencia tiene consecuencias estructurales sino que puede ocasionar arrollamientos que anulen a muy corto plazo los efectos de un refuerzo, sobre todo cuando se trata de capas de poco espesor.

Así pues los riegos de adherencia se convierten, a pesar de ser bajo coste respecto al total es algo trascendente para el buen comportamiento del firme.

2 CONDICIONES BÁSICAS.

Para que el riego de adherencia cumpla con la misión que se le encomienda de ser el elemento de unión entre dos capas, deben cumplirse una serie de premisas sobre:

- ✓ Estado de la superficie.
- ✓ Condiciones ambientales.
- ✓ Características y dotación de emulsión.
- ✓ Aplicación del riego.
- ✓ Protección del mismo.

La superficie sobre la que se realiza el riego debe estar limpia de cualquier material extraño, que impida la correcta unión de la emulsión a la base; para ello debe utilizarse barredoras mecánicas o máquinas de aire a presión utilizando solo escobas de mano para sitios inaccesibles a las mismas. Se debe prestar especial atención a los bordes de la zona a tratar.

Igualmente deben eliminarse si las hubiera, zonas exudadas o excesivamente deterioradas y abiertas que impidan tener una dosificación de emulsión adecuada y homogénea en toda la superficie.

La temperatura ambiente mínima de aplicación del riego de adherencia es de 10° C o de 5° C con autorización expresa del Director de la Obra. No debe existir riesgo fundado de lluvia.

3 CARACTERÍSTICAS Y DOTACIÓN DE EMULSIÓN.

Las emulsiones a emplear serán de “rotura rápida” para que una vez aplicada la separación de agua y betún se produzca lo más rápidamente posible. Su viscosidad ha de ser baja para conseguir una correcta pulverización. Igualmente la concentración en betún no debe ser elevada ya que, como se aplica en bajas cantidades, evitaremos así al máximo diferencias en la dotación final por metro cuadrado.

Los tipos de emulsión que se aplican son la “EAR-1” ó la “ECR-1”, preferiblemente ésta última, por el mayor control que podemos ejercer respecto a su velocidad de rotura.

En riegos de adherencia para capas de rodadura con espesores iguales o inferiores a 4 centímetros (≤ 4 cm), para las categorías de tráfico TOO y TO, es preceptivo el empleo de emulsiones modificadas tipos ECR-1-m ó ECR-2-m.



Problemas presentados con emulsiones de adherencia convencionales

En la actualidad comienza a ser habitual el empleo de las llamadas emulsiones termoadherentes. Estas emulsiones se caracterizan por la dificultad de adherirse el tráfico de obra a la temperatura ambiente siendo por el contrario fluidas y fuertemente

adhesivas al aglomerado en caliente cuando éste se pone en obra sobre ella.



Aplicación de mezcla en caliente sobre emulsión termoadherente

La nula adherencia del tráfico de obra a estas emulsiones se puede comprobar con ensayos de pegajosidad en laboratorio realizadas a 60°C, si pensamos que ésta es la temperatura máxima que la rueda de un vehículo puede alcanzar al circular por la obra.

La fuerte adherencia que se consigue sobre capas se mide también en laboratorio mediante “ensayos de corte”, comprobándose su eficacia frente a las emulsiones anteriormente citadas.

No existen todavía especificaciones para estos tipos de emulsiones, siendo cada fabricante quien recomienda sus preferencias. A modo orientativo una primera tentativa de especificación podrá ser la que consideramos a continuación.

ENSAYO	NORMA NLT	UNIDAD	TERMOADHERENTE	TERMOADHERENTE MODIFICADA
Viscosidad Sybolt Furol 50°C	138	s	<50	<50
Carga de partículas	195		Positiva	Positiva
Contenido de agua (en volumen)	137	%	<40	<38
Betún asfáltico residual	139	%	>60	>62
Fluidificante por destilación (volumen)	139	%	0	0
Sedimentación (a los 7 días)	140	%	<5	<5
Tamizado	142	%	<0,10	<0,10
Residuo por evaporación (NLT-147)				
Penetración (25°C;100g;5s)	124	0,1 mm	13-22	20-60
Punto de reblandecimiento.	125	°C	>55	>60
Ductilidad a 25°C	126	cm		>30
Recuperación elástica 40°C	-	%		>15

Tentativa de especificaciones para las emulsiones termoadherentes.

La utilización de las emulsiones termoadherentes está siendo una buena solución para no tener que disponer de extendedoras con rampa de riego incorporada en los casos indicados y es de suponer que en un futuro próximo se cambie, en este sentido, la especificación.

La dotación de emulsión bituminosa a utilizar no debe ser en ningún caso inferior a doscientos gramos por metro cuadrado de ligante residual, ni a 250 gramos por metro cuadrado cuando la capa superior sea una del tipo D,S, porosa o discontinua.

4 PUESTA EN OBRA.

Se realizará con cisternas regadoras capaces de aplicar la dotación de emulsión especificada de forma uniforme. Solamente se permite utilizar un equipo portátil provisto de una lanza de mano en los sitios inaccesibles a las cisternas indicadas o para superficies inferiores a 70.000 metros cuadrados en tráficos T3, T4 y arcenes.

Las juntas transversales de trabajo que se producen en las paradas y arranques posteriores y al objeto de evitar sub o sobre dosificaciones serán tratadas con tiras de papel para obtener una junta perfecta.

La temperatura de aplicación de la emulsión será tal que su viscosidad esté comprendida entre 10 y 40 segundos Saybolt Furol según NLT-138.

Cuando el riego de adherencia se aplique antes de la extensión de una mezcla bituminosa discontinua en caliente con intensidades medias diarias superiores a 10.000 vehículos día, o cuando la extensión de la aplicación sea superior a setenta mil metros cuadrados en las categorías de tráfico pesado TOO a TI, el sistema de aplicación del riego deberá ir incorporado al de la extensión de la mezcla, de tal manera que de ambas simultáneamente se garantice una dotación continua y uniforme. Utilizando este tipo de extendedoras con rampa incorporada se garantiza que el tráfico de obra no dañe al riego.

RIEGOS DE IMPRIMACIÓN

1 INTRODUCCIÓN.

Los riegos de imprimación se aplican a capas formadas por materiales granulares no tratados, típicamente a zahorras, antes de colocar sobre ella una capa de material tratado, normalmente una capa de mezcla bituminosa. Se encuentran especificados dentro del PG-3 como artículo 530 dentro de la parte correspondiente a Firmes.

El objetivo básico de un riego de imprimación es el de impermeabilizar la capa granular



Fatiga debida a un mal comportamiento de la explanada (exceso de plasticidad y de humedad)

para evitar la entrada de agua a las capas inferiores del firme donde podría tener un efecto muy negativo para su resistencia mecánica y, como consecuencia, producir una ruina prematura del firme por fatiga y/o provocar la aparición de blandones.



Blandón localizado

En el caso de riegos con gravilla no preengravillados sobre zahorras, por ejemplo un bicapa convencional, el riego de

imprimación tiene, además, la función de anclaje y adherencia del riego sobre la zahorra. No es así en los riegos preengravillados, donde la función de anclaje depende de la primera aplicación de gravilla en seco.

En todo caso, son una unidad de obra fundamental para asegurar el adecuado comportamiento de la sección estructural y la durabilidad del firme.

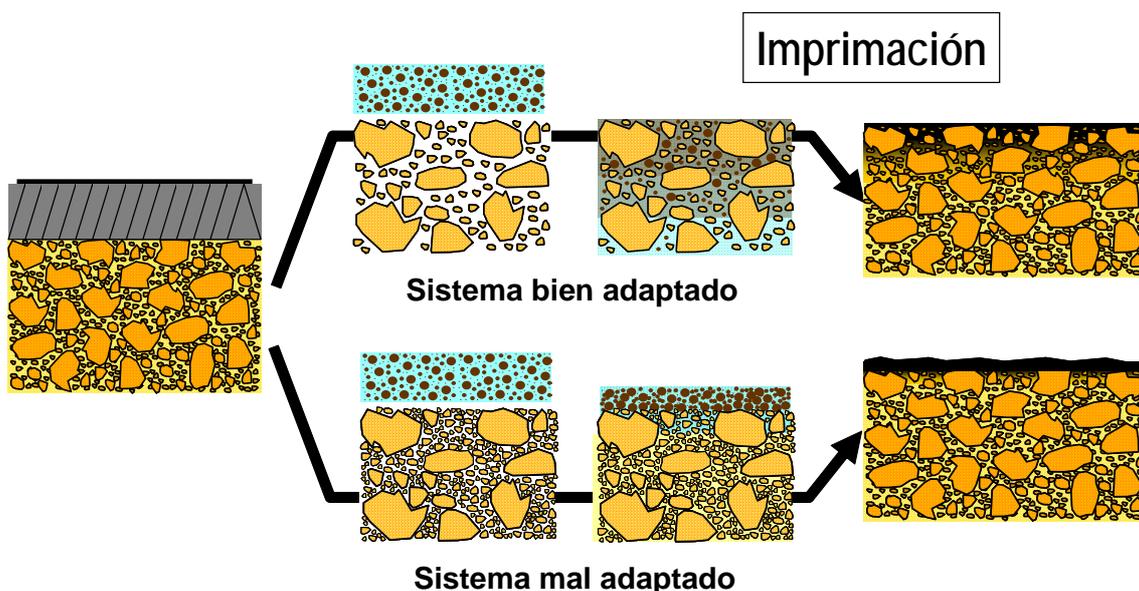
2 CONDICIONES BÁSICAS.

La impermeabilización de la capa granular debe conseguirse, preferentemente, mediante la penetración de un ligante bituminoso en los centímetros superiores de la capa de forma que queden saturados sus huecos. Para conseguirlo, es preciso que se cumplan, al menos, las cuatro condiciones siguientes:

- Porosidad del material granular.
- Humedad del material granular.
- Viscosidad y estabilidad de la emulsión
- Dotación de emulsión.

Las dos primeras condiciones hacen referencia a las condiciones del material granular a imprimir. En efecto, sólo si éste presenta una porosidad y una humedad correctas podrá pensarse razonablemente en alcanzar el éxito en el riego de imprimación.

La porosidad del material granular debe ser suficiente para permitir la penetración de la emulsión. Sólo aquellos materiales granulares cuyo tamaño efectivo de poro supera significativamente al tamaño de las micelas de betún de la emulsión podrá permitir la entrada de ésta. Por esto es muy importante que las zahorras se atengan estrictamente a los criterios de calidad y granulometría del PG-3 y, en la medida de lo posible, se ajusten a la parte inferior de los husos.



La humedad del material granular que se desea imprimir también juega un papel importante. Por un lado, si la zahorra está muy seca se puede provocar una rotura prematura de la emulsión por absorción de los áridos del agua de la emulsión

Sin embargo, esto no es lo habitual. El problema más frecuente suele ser el que la zahorra presente un exceso de humedad que ocupa parcial o totalmente (satura) los huecos, impidiendo con ello la entrada de la emulsión.

El responsable de obra debe tener en cuenta este factor para ordenar la ejecución del riego de imprimación en el momento preciso.

3 TIPO Y DOTACIÓN DE EMULSIÓN.

El tercer factor mencionado antes, es el de las características de la emulsión y, en particular, su viscosidad y estabilidad.

Las emulsiones a emplear en riegos de imprimación deben tener una baja viscosidad para permitir una fácil penetración en el soporte. Una viscosidad inferior a 30 SF a temperatura ambiente

es una buena referencia, aunque el PG-3 admite hasta 50 s SF a 25°C para las emulsiones EAI y ECI.

En términos del ensayo de **Tiempo de Fluencia** (EN-14286) recogido en las especificaciones europeas (EN-13808) las emulsiones para imprimación deberían estar en la Clase 2 o, como máximo, en Clase 3.

Por su parte, una alta estabilidad frente a los áridos asegura un mínimo tiempo de penetración sin que la emulsión rompa, lo que es fundamental para el objetivo buscado. El artículo 213 del PG-3 no señala ningún ensayo específico para esta propiedad, pero sí la norma europea. A falta de adquirir una mayor experiencia con los nuevos ensayos, parece que estas emulsiones deberían ser Clase 5 o superior en el ensayo de **Valor de Rotura** (EN-13075-1) y deberían ser Clase 2 ó 3 en el ensayo de **Tiempo de Mezcla con Finos** (EN-13705-2).

La norma europea introduce también un nuevo ensayo de **Poder de Penetración** (EN-12849) que a medio plazo deberá emplearse para medir la idoneidad de las emulsiones para la imprimación. Lamentablemente la norma no establece límites, sólo la posibilidad de ir recopilando datos de cara a una futura revisión.

Por último, un aspecto también importante desde el punto de vista operativo es la estabilidad al almacenamiento en obra. En general, las emulsiones de baja viscosidad suelen presentar velocidad de sedimentación o cremado bastante altas lo que puede provocar variaciones significativas de la concentración de ligante si se almacenan durante periodos prolongados (varias semanas). Por ello, suele ser buena práctica comprobar la situación de la emulsión en los tanques, recircular la emulsión si se aprecia un inicio de sedimentación y, en cualquier caso, no almacenar más emulsión de la que razonablemente se empleará en el corto plazo.

De las emulsiones disponibles en las especificaciones españolas, existen tipos específicos para imprimación: EAI y ECI. Además, el artículo 530 permite el empleo de los tipos EAL-1 y ECL-1. Todas ellas se caracterizan por ser emulsiones fabricadas con contenidos altos de fluidificantes y por su baja viscosidad, si bien las EAL-1 y ECL-1 suelen diluirse antes de su empleo para reducir más la viscosidad.

Las emulsiones de imprimación son una de las áreas de desarrollo más importantes dentro de las técnicas en frío. Los objetivos básicos buscados son la reducción de costes y, especialmente, el aumento de la capacidad de penetración para el que se investiga en formulaciones y sistemas que permitan disminuir sensiblemente el tamaño típico de micela desde las 5-10 μm habituales a valores próximos o inferiores a 1 μm . Es lo que se ha dado en llamar “microemulsiones”.

Respecto a la dotación de emulsión, el artículo 530 señala que la cantidad a emplear será la que el material granular sea capaz de absorber en 24 h., con un mínimo de 0,5 kg/m^2 de ligante residual, lo que en la práctica supone el empleo de entre 1 y 1,5 kg/m^2 de emulsión. Este mínimo de 1,0 kg/m^2 representaría la saturación de 4-6,5 cm de zahorra con un 125-5% de huecos respectivamente.

4 PUESTA EN OBRA.

Aunque la experiencia de un buen regador puede dar lugar a resultados más que aceptable (ver fotos), con carácter general se debe exigir el riego con cisterna autopropulsada dotada de rampa de riego y control automático de dotación.



Foto xx. Riego tradicional con lanza



Foto yy. Riego de imprimación sobre macadam al agua

En la puesta en obra del riego de imprimación deben tenerse en cuenta tres aspectos fundamentales:

- **Situación del soporte.** La porosidad y la humedad del soporte condicionan en gran medida la dotación a emplear y el éxito del tratamiento, como ya se ha explicado.

- **Viscosidad de la emulsión.** Debe ser lo menor posible para permitir una penetración máxima. Ello debe ser compatible con una estabilidad al almacenamiento suficiente para evitar la decantación del ligante en los tanques. En la práctica, viscosidades entre 10 y 30 segundos Saybolt Furol a 25°C suelen ser las más indicadas, si bien, en obra pueden reducirse subiendo la temperatura de la emulsión.



Aplicación de un tratamiento de protección con arena fina

- **Tratamiento de protección.** Es uno de los caballos de batalla habituales en obra. Normalmente no está contemplado explícitamente en los precios aunque está incluido en el artículo 530 del PG-3. La cuestión es si debe o no realizarse y cómo. La decisión de realizarlo depende de dos factores. En primer lugar, la previsión de tráfico sobre el riego. Si va a haber tráfico, por ligero que sea, antes de empezara a extender aglomerado, se debería realizar el tratamiento de protección. En segundo lugar, la absorción de la emulsión en el soporte. Si al aplicar la dotación prevista de emulsión, se producen problemas de absorción y queda una cantidad apreciable de ligante en superficie, también se debe aplicar el tratamiento de protección para fijar el ligante y evitar que se pierda posteriormente. El tratamiento de protección consistirá generalmente en un enarenado de unos 5 l/m² de un árido 0/3, 0/4 ó 0/5, preferentemente de machaqueo, con pocos finos (< 15% de filler) y limpio (EA > 40 y evitar la presencia de partículas arcillosas).

RIEGO DE CURADO

1 INTRODUCCIÓN.

Los riegos de curado se aplican a capas formadas por materiales tratados con ligantes hidráulicos, típicamente con cemento, antes de colocar sobre ella una capa de material tratado, normalmente una capa de mezcla bituminosa. Se encuentran especificados dentro del PG-3 como artículo 532 dentro de la parte correspondiente a Firmes.

El objetivo básico de un riego de curado es el de mantener las condiciones óptimas de humedad de las capas tratadas con cemento, evitando la entrada de agua y/o, especialmente en zonas secas y cálidas, impermeabilizando la capa tratada para evitar la pérdida de agua que podría tener un efecto muy negativo en el proceso de fraguado y, como consecuencia, para su futura resistencia mecánica además de poder provocar una retracción y fisuración excesiva.

Son fundamentales para asegurar el adecuado comportamiento de la sección estructural y la durabilidad del firme.

2 TIPO Y DOTACIÓN DE EMULSIÓN.

La impermeabilización de la capa tratada debe conseguirse mediante la creación de una película continua de un ligante bituminoso en la superficie de la capa tratada de forma que no haya posibilidad de que el agua se evapore de forma significativa.

Para conseguirlo, es preciso tener en cuenta, además de la dotación, algunas condiciones que debe cumplir la emulsión. Las emulsiones a emplear en riegos de curado deben tener una viscosidad relativamente baja para permitir obtener una membrana impermeable pero

delgada. Una viscosidad del orden de 20-30 SF a temperatura ambiente es una buena referencia. En términos del ensayo de **Tiempo de Fluencia** (EN-14286) recogido en las especificaciones europeas (EN-13808) las emulsiones para imprimación deberían estar en la Clase 3 ó 4. En segundo lugar, la rotura de la emulsión debe ser rápida para favorecer la formación de la membrana y evitar el escurrimiento en zonas de pendientes o bombeos fuertes. Estas emulsiones deberían ser Clase 3, e incluso 2, en el ensayo de **Valor de Rotura** (EN-13075-1) de la norma europea.

En cuanto a su composición, debido a que la presencia de hidrocarburos ligeros no es recomendable, se deben evitar emulsiones con fluxantes y, además, como el proceso de fraguado de los ligantes hidráulicos se produce en un medio alcalino, la emulsión deberá tener un carácter básico o, como mucho, ligeramente ácido ($\text{pH} > 4$).

De todo ello, se deduce que la emulsión más adecuada será del tipo EAR-1 o EAR-1d en zonas o temporadas muy cálidas. Excepcionalmente podría emplearse una ECR-1 siempre que se cumplan las condiciones de $\text{pH} > 4$ y ausencia de fluidicantes.

Respecto a la dotación de emulsión, el artículo 532 señala que la cantidad a emplear será la necesaria para garantizar una película continua y cifra el valor en un mínimo de $0,3 \text{ kg/m}^2$ de ligante residual, lo que en la práctica supone el empleo de un mínimo de $0,5\text{-}0,6 \text{ kg/m}^2$ de emulsión EAR-1 o ECR-1. Desde un punto de vista práctico, esto permite asegurar un funcionamiento correcto de las cisternas de riego y, por tanto, la formación de una película continua de ligante que garantice la impermeabilidad buscada. Hay que prestar atención a que ésta dotación puede ser insuficiente en el caso de que se deba emplear un árido de cobertura para proteger el riego del tráfico. Aunque el árido utilizado sea una arena fina, parece necesario pensar en aumentar la dosificación de ligante. En el caso del

artículo 532, el árido de cobertura especificado es una arena con tamaño máximo 4 mm, por lo que parece recomendable situar la dosificación mínima en unos 450-500 g/m² de ligante residual, es decir unos 800 g/m² de emulsión.

En cuanto al árido de cobertura, supuesto que sea necesaria la protección superficial, además de lo indicado sobre el tamaño máximo, el art. 532 especifica el contenido máximo (15%) de partículas que pasen por el tamiz de 0,063 mm y un equivalente de arena mínimo de 40. La arena puede ser natural o de machaqueo o mezcla de ambas. En caso de no disponer de ella podría pensarse en una alternativa del tipo gravilla fina (p.e. un 2/4 incluso un 3/6) como suele hacerse en Francia.

La dotación de árido de cobertura debe ser la suficiente para cubrir totalmente la emulsión, evitando de esa forma que los neumáticos de los vehículos se adhieran a la emulsión y levanten el riego, pero no debe ser excesiva. El art. 532 establece una horquilla de 4 a de 6 l/m², también para evitar la presencia de árido suelto que supusiera un peligro para la circulación.

3 PUESTA EN OBRA.

Un primer detalle a tener en cuenta es la posibilidad de que la capa vaya a tener que soportar el paso de vehículos antes de la extensión de la capa superior. En principio, el paso de vehículos debería estar prohibido durante los primeros tres días y el de vehículos pesados durante siete días para garantizar que no se dañe prematuramente la capa o el propio riego poniendo en peligro el proceso de fraguado. En el caso de que se prevea el paso de vehículos antes de la extensión de la capa superior, y especialmente si se produce dentro del periodo de siete días tras la puesta en obra, será necesario que

el riego de curado se proteja superficialmente mediante la extensión de un árido de cobertura, es decir, el riego de curado se transforma en una suerte de tratamiento superficial monocapa.

Otro aspecto importante a tomar en consideración es cuándo se debe realizar el riego de curado. El artículo 512 (Suelos Estabilizados) establece como plazo la jornada de trabajo. El 513 (Suelocemento y Gravacemento) lo establece en un máximo para la ejecución del riego de tres horas contando desde el final de la compactación. Es posible que fuera interesante establecer, en ambos casos, alguna limitación de plazo máximo que tuviera en cuenta el tiempo transcurrido desde la operación de mezclado. En cualquier caso, entre el momento de la terminación de la capa y la aplicación del riego de curado se deben cuidar dos detalles: mantener la capa constantemente húmeda, regándola con la frecuencia necesaria, y evitar el paso de vehículos que no fueran absolutamente imprescindibles.

La ejecución del riego de curado debe realizarse con medios mecánicos adecuados, lo que supone el empleo, salvo para las excepciones típicas de zonas inaccesibles para ellos, de cisternas autopropulsadas y gravilladoras para el árido y compactador(es) de neumáticos cuando se ejecute una protección superficial.



Foto aa. Defectos de un riego de curado por falta de protección.

RIEGOS ANTIPOLVO

Las carreteras de tierra y piedra con buenas condiciones para el tráfico rodado, los caminos vecinales, rurales, agrícolas o forestales, presentan frente al paso de los vehículos el fundamental problema del polvo. Su eliminación es siempre necesaria, cuando por el aumento del tráfico puede llegar a convertirse en molesto y peligroso.

Se puede definir, pues, el riego antipolvo, como la aplicación de un ligante asfáltico sobre la superficie de un camino, al objeto de eliminar el polvo del mismo y facilitar así la circulación.

Las principales características de los riegos antipolvo son las siguientes:

- Protege el firme de la acción destructora de los agentes atmosféricos, fundamentalmente el agua.
- Elimina el polvo de la superficie del camino.
- Muy bajo costo.
- Elevados rendimientos.

La elección del tipo de emulsión debe realizarse teniendo en cuenta la época del año en que se va a ejecutar la obra, tipo de firme, condiciones climatológicas de la zona y todos aquellos otros factores que garanticen una cierta calidad del tratamiento a efectuar.

Para este tipo de tratamientos, los ligantes más apropiados son las emulsiones aniónicas o cationicas de rotura lenta y baja viscosidad para que puedan mojar bien la superficie, es decir, emulsiones tipo EAL ó ECL. Suelen diluirse en agua; dilución que varía mucho según el estado del firme, pero que suele oscilar entre 5 y 10 veces el volumen de la emulsión. La dosificación, que será en función de la superficie a tratar, oscilará entre 0,5 y 1,7 Kg/m², siendo aconsejable realizar pruebas previas sobre unos metros del camino a tratar, para fijar las dotaciones más adecuadas.

La forma de operar es sencilla. Se barre primero la superficie para eliminar elementos sueltos, y, en algunos casos, se humedece el firme con agua para facilitar la penetración del ligante.

La aplicación del ligante suele hacerse por gravedad o empleando presiones muy bajas, siendo recomendable el empleo de cisternas regadoras, con las que se consiguen altos rendimientos.

En la mayor parte de las ocasiones es aconsejable la aplicación, sobre el riego de ligante, de una cierta cantidad de arena, principalmente sobre firmes de macadam en buenas condiciones de perfil y estabilidad.