

BUENAS PRÁCTICAS EN LA EJECUCIÓN DE RIEGOS DE ADHERENCIA

Daniel Andaluz 1(1), Jesús Felipo (2), José Luis Peña (3), Jacinto Luis García Santiago (4), Rodrigo Miró (5), Francisco de Asís Martínez (6), Francisco José Lucas (7)

- (1) Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB), Madrid, España, gerencia@ateb.es
- (2) Asociación de Empresas de Conservación y Explotación (ACEX), Madrid, España, jfelipo@pavasal.com
- (3) Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Madrid, España, jlpena@asefma.com.es
- (4) Experto en Firms, Madrid, España, jacintoluis@outlook.com
- (5) ETSICCP de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, r.miro@upc.edu
- (6) Dragados, Madrid, España, fmartinez@dragados.com
- (7) Asociación Técnica de Carreteras (ATC), Madrid, España, fjucas@repsol.com

Resumen:

Un pavimento bituminoso en síntesis es una estructura constituida por una o más capas de mezcla bituminosa, que se apoyan sobre una explanada, proporcionando características estructurales, ya que recibe en forma directa las cargas de tráfico, y debe distribuir las a la explanada, lo más disipadas posibles. La última de las capas proporciona también la superficie de rodadura, proporcionando características funcionales, de confort y seguridad vial.

Para que todas estas expectativas se cumplan y sean eficientes durante toda la puesta en servicio del pavimento bituminoso, es fundamental que las capas de mezcla estén totalmente adheridas lo que se consigue mediante la aplicación de riegos de adherencia con emulsión bituminosa durante la fase de construcción.

Es importante una adecuada elección del tipo de emulsión, unas adecuadas buenas prácticas de manipulación de la misma y de aplicación del riego de adherencia, una adecuada elección de la maquinaria y control de calidad sobre el producto y su aplicación, y la medida de su efectividad.

En estos últimos años se ha avanzado mucho en el campo de las emulsiones bituminosas, pero cabe destacar el desarrollo de las emulsiones bituminosas termoadherentes convencionales y modificadas, para riegos de adherencia, ya que su ligante residual es muy consistente y poco susceptible térmicamente, no teniendo pegajosidad, incluso a temperaturas altas del pavimento. Esto garantiza en toda la aplicación de las nuevas capas bituminosas, que la dotación del riego de adherencia sea el previsto ya que no queda adherido a los neumáticos del tráfico de obra.

Palabras claves: Pavimento, riego de adherencia, emulsión bituminosa, durabilidad.

1. Introducción

El firme de una carretera en conjunto deben cumplir las siguientes funciones:

- Distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tráfico. En general, la forma más efectiva para prestar esta función es conseguir que el sistema multicapa se comporte de forma solidaria, es decir, que exista una total adherencia entre las capas. Con ello se consigue que sean mínimas las deformaciones que provoquen las cargas del tráfico y que éstas lleguen lo más disipadas posibles a la explanada.

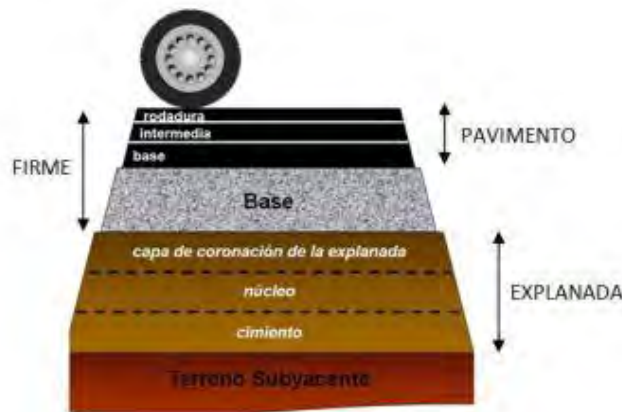


Figura 1. Diversas capas que forman la estructura de una carretera.

- Impermeabilizar. Este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable, para impedir la infiltración del agua que pudiera afectar a la capacidad estructural de la explanada. Igualmente es relevante, para tal efecto, que se contemple un drenaje adecuado tanto longitudinal como transversalmente.
- Resistir los agentes ambientales. Estos provocan la oxidación y/o alteración de los materiales que componen las capas, reflejándose este problema en la vida económica y útil del firme.
- Proporcionar una rodadura adecuada, que aporte confort y seguridad vial para los vehículos. La superficie del pavimento debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que la rodadura de los vehículos sobre ella sea óptima. Esta superficie, que debe ser lo más regular posible, también debe ser antideslizante en caso de estar húmeda.
- Ser flexible para adaptarse a posibles asentamientos de la explanada. La flexibilidad del firme es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas, pudiendo así adaptarse a los pequeños deterioros sin necesidad de reparaciones costosas.

El artículo 531 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) define el riego de adherencia como “*la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de una capa bituminosa*”.

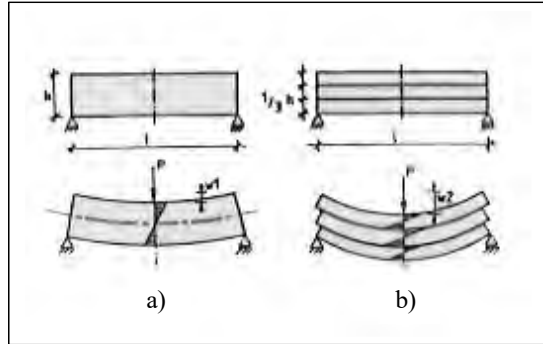
El estado de adherencia entre las capas asfálticas de los firmes afecta a su comportamiento. Cuando esta adherencia es adecuada, toda la estructura se comporta de una manera homogénea; en cambio, cuando la adherencia es inadecuada puede producirse un despegue entre las capas, que afecta a la manera en que las tensiones se distribuyen y conduce a un fallo prematuro del firme. De hecho, de acuerdo con las soluciones posibles de la distribución de tensiones y deformaciones en un sistema elástico multicapa, se puede demostrar que la ausencia de adherencia entre capas provoca una mayor deformación de la estructura y, consecuentemente, una reducción de la vida de servicio del firme.

Así, a la izquierda de la figura 2 se representa una viga biapoyada homogénea o compacta, mientras que en la derecha se representa una viga biapoyada, formada por n capas superpuestas, no adheridas entre ellas; es decir, se supone que en esta última viga no existe rozamiento entre las capas y que cada una de ellas flexiona independientemente. Ambas vigas tienen la misma longitud, la misma sección y la misma altura. Al aplicar una carga en el centro de ambas vigas, se pueden obtener las flechas máximas que se producen en las secciones centrales como consecuencia de la flexión a que están sometidas. Con

sencillos conceptos de resistencia de materiales, se deduce que la viga formada por n láminas es n^2 veces más flexible y n veces menos resistente que la viga de una pieza de las mismas dimensiones.

Figura 2. Analogía del comportamiento de una viga biapoyada, (a) homogénea y (b) multicapa (Tscheegg, E. K. et al, 1995).

Esto se traduce en una disminución del espesor de las capas que realmente trabajan en el firme. En



la figura 3 se ha calculado el efecto que tiene la no adherencia entre capas y se puede ver que, cuando se construye una capa asfáltica de 34 cm de espesor en cuatro tongadas y no se consigue la adherencia entre ellas, el espesor efectivo de esas capas del firme se puede llegar a reducir en torno al 55-60%.

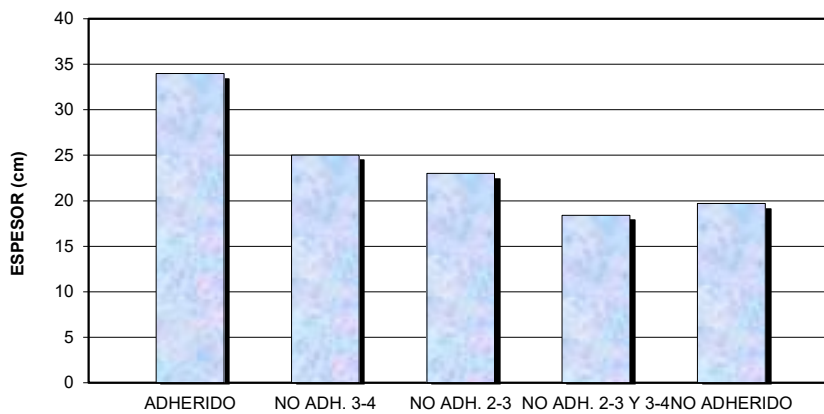


Figura 3. Variación del espesor efectivo de mezcla con el estado de adherencia entre capas.

Por tanto, la falta de una adecuada adherencia entre las capas de un pavimento provoca que el conjunto del firme tenga una capacidad estructural inferior a la proyectada. Este hecho se puede detectar en las carreteras de diversas maneras. Superficialmente, la mala adherencia, entre otras consecuencias, provoca fallos tales como cordón longitudinal, arrollamiento transversal, fisuras o grietas parabólicas (Figura 4) y peladuras. También pueden detectarse los problemas de adherencia entre capas al extraer testigos, tal como se observa en la figura 5.



Figura 4. Fisura o grieta parabólica.



Figura 5. Testigo donde la capa intermedia está separada de la capa de base.

2. Guía de buenas prácticas en la ejecución de riegos de adherencia.

A pesar de la relevante importancia de los riegos de adherencia en la durabilidad y buen funcionamiento del pavimento, esta unidad de obra no recibe toda la atención adecuada en la ejecución de las obras, es por ello que, desde el Comité de Firmes de la Asociación Técnica de Carreteras, se ha creado un grupo de trabajo, coordinado por ATEB, con el fin de elaborar una *Guía de Buenas Prácticas sobre Riegos de Adherencia* que, previsiblemente, estará publicada antes de que finalice el año en curso.

A continuación, se presentan los puntos a tratar en dicho documento, y el contenido que se pretende desarrollar:

2.1. Elementos clave en los riegos de adherencia

A pesar de que en el pasado se han utilizado diversos productos como riegos de adherencia (alquitranes, betunes fluidificados, etc.) en la actualidad, en España, se emplean exclusivamente emulsiones bituminosas. La tendencia a nivel mundial es abandonar los betunes fluidificados por emulsiones.

Para conseguir los mejores resultados es imprescindible tener en cuenta, al menos, los siguientes aspectos:

- a) La naturaleza del betún asfáltico. Las características tanto físicas como químicas son determinantes para las características de las emulsiones.
- b) El tipo de emulsión a emplear. El contenido de ligante, la viscosidad y la velocidad de rotura, son características de las emulsiones que en estos tipos de tratamientos se vuelven determinantes. Además se tendrá en cuenta la climatología imperante de la obra y tráfico.
- c) El avance en la tecnología de las emulsiones permite hoy en día diseñar un producto a medida de las necesidades concretas de cada obra y de las condiciones de aplicación.
- d) La limpieza y preparación de la superficie existente. La limpieza de la superficie sobre la que va a aplicarse el riego de adherencia puede ser en algunos casos determinante. En la mayoría de los casos lo más adecuado es la prevención, sobre todo en firmes de nueva construcción en los que es sencillo evitar que los vehículos de obra circulen sobre la superficie a tratar y dejen restos de barro muy difíciles de eliminar, y que impiden cualquier tipo de adherencia entre capas. En otros casos, como por ejemplo superficies fresadas, será necesario el empleo de equipos de barrido y aspiración para evitar la acumulación de detritus que impedirá el buen funcionamiento del riego de adherencia.
- e) La dotación. Para cada caso concreto existe una cantidad adecuada de ligante para servir de puente de unión entre las capas. Una dotación excesivamente baja no permitirá alcanzar unos

niveles adecuados de adherencia, mientras que dotaciones en exceso pueden ser perjudiciales pudiendo provocar, en los casos más extremos, deslizamiento entre las capas o exudación de ligante en la superficie del firme creando zonas deslizantes.

- f) El sistema de aplicación. Salvo en zonas de muy pequeña extensión o inaccesibles deben emplearse siempre equipos mecanizados con sistemas de control de la dotación, capaces de crear películas continuas y uniformes, sin heterogeneidades en las dotaciones y sin discontinuidades en la aplicación.
- g) Las medidas de protección. No es suficiente con extender una emulsión y esperar a que se produzca su rotura. Es necesario comprobar que los vehículos que van a circular sobre la superficie tratada o que van a trabajar sobre ella (extendedoras y silos de transferencia) no dañan el riego. La forma más habitual de daño, y que se acepta como inevitable, es que parte de la dotación del ligante se pierde adherida a los neumáticos de los equipos de trabajo. Esta circunstancia puede corregirse empleando betunes más duros y, por tanto, menos susceptibles a la temperatura como es el caso de las emulsiones termoadherentes.

2.2. Tipos, características de las emulsiones recomendadas

Una emulsión bituminosa es una dispersión de partículas de betún (micelas), con un tamaño de algunas micras, en un medio acuoso que, y dependiendo de su carga pueden ser catiónicas o aniónicas, tal y como se puede observar en la figura 6. Para poder dividir el betún hasta estos tamaños se necesita la energía y la fuerza de cizalla, que generalmente proporciona un molino coloidal.

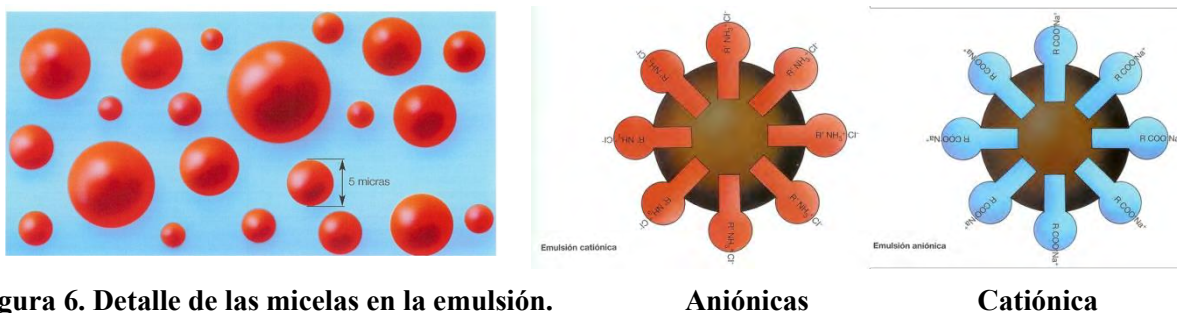


Figura 6. Detalle de las micelas en la emulsión.

Aniónicas

Catiónica

Las emulsiones a emplear para los riegos de adherencia serán de “rotura rápida” y catiónicas, para que una vez aplicada la separación de agua y betún se produzca lo más rápidamente posible, y así garantizar las características de su ligante residual, que afectará directamente a la adherencia de las capas bituminosas del firme. El mecanismo químico de la rotura de la emulsión frente a una superficie se produce a partir del contacto de una emulsión con la misma. En primer lugar, se produce una absorción parcial del agua y emulsionante libre por la superficie, lo que origina una mayor concentración de las micelas y una desestabilización de la emulsión. Este proceso da como resultado la floculación y la aproximación de las partículas de betún (micelas).

A continuación, comienza la coalescencia produciéndose la formación de coágulos de betún, lo que entraña ya la separación irreversible de las fases. Al final del proceso de coalescencia se produce la rotura de la emulsión en sentido estricto. A partir de este momento comienza la pérdida de agua del sistema. Esta pérdida de agua produce un incremento rápido de la cohesión y se traduce visualmente en el paso de un color marrón oscuro, típico de la emulsión, a un color negro, típico del betún. Posteriormente se produce la pérdida de los fluidificantes añadidos al betún, si los hubiera, proceso que se denomina curado. Estos fenómenos de curado y maduración son de naturaleza física y dependen de las condiciones de temperatura y aireación.

Su viscosidad ha de ser baja para conseguir una correcta pulverización, por medio de los difusores del camión cisterna regador. Igualmente, la concentración en ligante residual no debe ser elevada ya que, como se aplica en bajas cantidades, evitaremos así al máximo diferencias en la dotación final por metro cuadrado. La temperatura de aplicación habitual de las emulsiones para riegos de adherencia está comprendida entre los 20 °C y los 60 °C. Unas temperaturas más elevadas podrían incidir negativamente en la estabilidad de la emulsión. Estas emulsiones han de disponer de la suficiente estabilidad al almacenamiento, no produciéndose tamizados que no puedan ser recuperados a la fase dispersa (ligante residual) con una agitación, durante toda la duración de puesta en obra.

Finalmente, las emulsiones para riegos de adherencia han de tener una adhesividad adecuada, entendida como la capacidad del ligante para permanecer fijado a una superficie recubriéndolo sin ningún riesgo de desplazamiento aun en presencia de agua o tráfico (Figura 7 y 8). Esta adhesividad puede ser activa (capacidad de un ligante para mojar la superficie durante su aplicación) o pasiva (resistencia del ligante a ser desplazado de la superficie por la acción del agua o el tráfico).

El ligante residual debe poder soportar los esfuerzos de tracción generados en la interfaz entre capas. Su susceptibilidad térmica ha de ser la adecuada, de manera que a temperaturas elevadas no se produzcan un reblandecimiento que provoque desplazamientos entre las capas, y a temperaturas bajas no se fragilice en exceso y de lugar a microfisuras por retracción térmica, en especial en capas delgadas y ultradelgadas, iniciándose en ambos casos determinados deterioros en el firme.

Actualmente los tipos de emulsión recomendados para los riegos de adherencia, que cumplen los requisitos anteriormente citados, son la C60B2 o 3 TER, C60BP2 o 3 TER, C60B2 o 3 ADH y C60BP2 o 3 ADH.

Para los riegos de adherencia de capas de rodadura constituidas por mezclas bituminosas discontinuas o drenantes, se prescribe el empleo de emulsiones modificadas con polímeros (artículo 531.2.1 del PG-3) para categorías de tráfico pesado T1 o superior, e incluso para categorías T2 siempre que el tráfico tenga una intensidad media diaria (IMD) superior a 5 000 vehículos por carril. En estos casos, nos encontramos con capas de firme de reducido espesor (3 a 4 cm), con un importante contenido en huecos (y por tanto contactos puntuales con el soporte) y sometidas a importantes esfuerzos tangenciales, por lo que el ligante residual ha de ofrecer unas prestaciones de adherencia y susceptibilidad térmica superior.

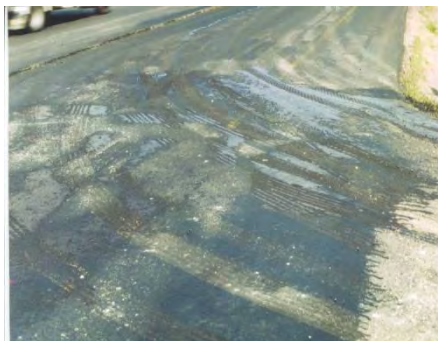


Figura 7. Problemas presentados con emulsiones de adherencia convencionales



Figura 8. Aplicación de mezcla en caliente sobre emulsión termoadherente

2.3. Maquinaria

- *Equipos para la limpieza de la superficie (Figura 9)*

Para garantizar la calidad del riego de adherencia se debe asegurar, en primer lugar, que la superficie sobre la que se va a extender está limpia y seca. Para ello se deben ejecutar estas operaciones con los equipos y útiles de limpieza adecuados a cada actuación.



Figura 9. Detalle del barrido de una superficie fresada. Fuente blog Motores y Carreteras

- *Equipos para la aplicación del riego de adherencia (Figura 10)*

Aunque la aplicación manual estuvo muy extendida hasta hace no muchos años, la aplicación de los riegos auxiliares requiere, en todos los casos, del empleo de camiones cisterna de riego con rampa abatible, con capacidad para ser regulada en altura para poder asegurar una extensión uniforme en toda la superficie, preferentemente con un control automático de la dotación aplicada (Figura 10).

Dichos camiones cisterna deberán asegurar también que la aplicación de la emulsión se produce a la temperatura idónea.



Figura 10. Camión cisterna con rampa de riego abatible.



Figura 11. Detalle de los abanicos del riego de adherencia. Fuente web de IBEF.

Para garantizar la calidad del riego de adherencia se debe asegurar, en primer lugar, que la superficie sobre la que se va a extender está limpia y seca. Para ello se deben ejecutar estas operaciones con los equipos y útiles de limpieza adecuados a cada actuación.

2.4. Buenas prácticas para el almacenamiento

De forma habitual el almacenamiento de la emulsión se realiza en el camión de riego, salvo en obras de gran tamaño, que suelen disponer de tanques nodriza.

Las emulsiones diseñadas para su uso en los riegos de adherencia están formuladas de forma que el nivel de sedimentación del betún sea lo más reducido posible. Sin embargo, las paradas prolongadas de la obra pueden hacer que la sedimentación de la emulsión genere falta de homogeneidad del betún residual sobre la superficie a regar. Por ello, es adecuado que tanto los tanques de almacenamiento como los camiones regadores dispongan de un sistema de recirculación para homogeneizar la emulsión que almacenan.

2.5. Buenas prácticas para una correcta puesta en obra

A la hora de definir un conjunto de buenas prácticas de puesta en obra de los riegos de adherencia, es conveniente tener en cuenta que el objetivo buscado es la maximización de la adherencia entre las capas de pavimento.

Antes de proceder a identificar las mejores prácticas, es necesario identificar las potenciales fuentes que interactúan en una deficiente adherencia entre las capas. Entre ellas merece la pena destacar:

- Dotación inadecuada de emulsión bituminosa que actúe como material adhesivo entre las capas. En este sentido se puede encontrar con dos situaciones contrapuestas: la falta de ligante o el exceso del mismo. La falta de ligante provocará un fallo de las diversas capas de pavimento afectadas por la falta de funcionamiento “solidario”, mientras que los excesos, especialmente críticos en las capas de rodadura, pueden conducir a roderas o a deslizamientos de la capa superior, sin que el nivel de adherencia entre capas a tracción se vea especialmente comprometido. A su vez, la falta de ligante se puede deber a dos factores: una incorrecta aplicación del mismo o a su eliminación de la superficie al ser arrastrado por el tráfico de obra.
- Existencia de contaminación (polvo, tierra, aceite, etc.) en la superficie sobre la que se aplica el riego de adherencia que impide que la adherencia se produzca entre los elementos que componen la propia estructura de cada una de las capas.
- La adecuación del tipo y cantidad de emulsión bituminosa en el riego de adherencia dependiendo del tipo de soporte sobre el que se aplica: pavimento fresado, pavimento recién extendido, asfalto u hormigón, porosidad del pavimento (mezclas densas, discontinuas o incluso drenantes).

- Condiciones climatológicas adversas: lluvia, frío o mucho calor.
- Condicionantes de ejecución de la obra: rehabilitación de pequeños tramos, grandes obras, interferencia de otras unidades de obra.

En situaciones puntuales donde la temperatura del firme y la de los neumáticos de los camiones es muy elevada, y el ligante residual de la emulsión termoadherente pudiera comenzar a tener pegajosidad (tack), existen tecnologías complementarias como el empleo de lechadas de cal, que se aplican sobre el riego de adherencia con emulsión termoadherente, una vez rota la emulsión, con el fin de disminuir la pegajosidad sobre los vehículos de obra. Este efecto se consigue mediante una menor captación de calor debido al color blanco de la cal depositada y la existencia de una interfase no adhesiva. Igualmente se puede emplear tratamientos antiadherentes en las ruedas de los camiones y de los “transfer” (este tipo de vehículos suelen ser especialmente propensos a deteriorar el riego de adherencia debido a la gran carga unitaria que soportan sus neumáticos (Figura 12).

Cabe reseñar que, en determinadas circunstancias condicionadas por la dureza del ligante residual de la emulsión, puede que la lechada de cal no aporte una mejora significativa.



Figura 12. Detalle de la aplicación del tratamiento antiadherente. Fuente blog Motores y Carreteras

2.6. Campos de aplicación

Las diversas actuaciones y tipologías que pueden llevar a cabo en la construcción y conservación de un pavimento, requieren conocer sus particularidades y definir así unas buenas prácticas específicas:

- Firmes de nueva construcción.
La adecuada planificación en la ejecución de las diversas unidades de obra es clave, para que la superficie donde se va a realizar el riego de adherencia no se ensucie y esté totalmente limpia.
- Refuerzos.
Las dotaciones habituales del riego de adherencia suelen ser más elevadas, respecto a un pavimento bituminoso de nueva construcción.

En el caso de superficies muy lisas y pulidas se debe de considerar una dosificación específica a cada caso, en especial, si la nueva capa es delgada. Siendo recomendable el empleo de emulsiones modificadas.

La presencia en la superficie de áreas con una macrotextura muy gruesa, síntoma de una segregación de la capa y de una mayor permeabilidad, indicaría la conveniencia de una dotación diferenciada en las mismas.
- Rehabilitaciones estructurales (Fresados):
Prestar mucha atención a las situaciones que suponen un riesgo de fallo de la adherencia y deterioro prematuro del firme, como pueden ser el estado de la superficie fresada y a

su limpieza y, por otro, condicionantes del tráfico que suelen introducir una escasa disponibilidad de espacio y tiempo entre la operación de fresado y la de extendido de la mezcla.

- Rehabilitaciones estructurales (Reciclado con emulsión):

La aplicación del riego de adherencia sobre este tipo de actuaciones, no debe realizarse antes de que haya pasado el tiempo de maduración de la mezcla (que normalmente coincide cuando es posible sacar testigos)

- Rehabilitaciones estructurales (Reciclado con cemento):

Puede darse la circunstancia de que bajo el riego de curado exista una cierta concentración de finos superficiales originados en el proceso de compactación vibratoria, que al combinarse con el riego de curado forman una lámina delgada no adherida al soporte. Esa falta de unión hace que sea deseable su eliminación, para lo cual una pasada de barredora con cepillo metálico suele bastar para detectar y levantar esas zonas desechables, antes de la aplicación del riego de adherencia.

- Rehabilitaciones superficiales:

En este tipo de actuaciones está muy indicado aplicar como riego de adherencia, emulsiones termoadherentes. Igualmente está muy indicado aplicar el riego de adherencia mediante extendedoras con rampa de riego.

- Reparaciones:

En baches, reposiciones de zanjas y calas, los bordes perimetrales deben presentar un corte recto y vertical y limpiarse para asegurar que no hay presencia de polvo en ellos y la adhesión de la nueva mezcla a ellos asegura su impermeabilidad.

En las juntas se precisa una dotación rica del ligante de adherencia, siendo la mejor práctica la de aplicarlo en dos veces. Una solución complementaria, y muy adecuada, para asegurar la impermeabilidad de la junta es la de realizar un sellado de los bordes perimetrales de la actuación.

- Firmes urbanos.

El elemento diferenciador es el factor “ciudadano”; cualquier operación a realizar en el entorno urbano necesita una elevada previsión y planificación, así como la variabilidad de los mismos, siendo muy intensa, además, la interacción con la movilidad circundante, afectando de manera muy importante al rendimiento de las operaciones y la seguridad con que deben ser realizadas.

Microfresar la señalización horizontal, especialmente los cebreados y aquellas superficies que presenten acumulación de pintura u otro elemento semejante. Estos puntos suelen ser foco de muchos de los defectos encontrados posteriormente por falta de adherencia entre las capas.

- Sobre materiales tratados.

Asegurando una buena adherencia, se reducen las tracciones en la parte inferior de la base. Si por el contrario, la adherencia es deficiente, *"se producen tensiones y deformaciones de tracción en la parte inferior de las mezclas bituminosas, las cuales suelen alcanzar en general valores importantes por el pequeño espesor de dichas capas"*.

Sobre un riego de curado no se puede transitar maquinaria pesada como la del extendido hasta pasados por lo menos 7 días. Durante estos 7 días, el riego de curado se contamina

con polvo y partículas y pierde la adherencia que pudiese tener, por lo que es necesario retirarlo para conseguir una superficie apropiada para el riego de adherencia.

- **Juntas:**

Lo deseable es poder construir cada una de sus capas de forma continua, evitando la existencia de juntas de trabajo que suponen una discontinuidad que puede alterar su funcionamiento y comportamiento.

Al aplicar el riego de adherencia debe obtenerse una película de ligante gruesa en el plano de la junta de modo que, además de adherir las capas, asegure su impermeabilidad y contribuya a absorber movimientos de retracción en la junta sin fisurarse.

2.7. Control de calidad y evaluación de la efectividad del riego

El concepto de calidad de cualquier obra o producto marca la mayor o menor adecuación de éstos a su funcionalidad o uso previsto.

El propósito del control de calidad es asegurar que todas y cada una de las operaciones implicadas en el proceso se realizan de acuerdo con las prescripciones establecidas con el fin de conseguir la calidad exigida; o en su caso, realizar los ajustes o modificaciones necesarias para corregir las deficiencias detectadas, restableciendo las condiciones de calidad exigidas a la unidad de obra.

Para el control de calidad de esta unidad de obra 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
- La dosificación del ligante-
- La uniformidad en la distribución del ligante.

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 214 del PG-3, sobre recepción e identificación. Igualmente cumplirá con lo especificado en el control de calidad.

La normativa española, entre ellas el PG-3, indica valores mínimos de dotaciones de ligante residual lo que genera una cierta incertidumbre ya que una cantidad excesiva también puede generar un comportamiento no idóneo del riego de adherencia, como puede ser el deslizamiento de capas, exudaciones o un curado ralentizado que impide el paso del tráfico de obra. Igualmente incluye especificaciones de valores mínimos para la adherencia entre capas de mezclas bituminosas o entre éstas y las de conglomerantes hidráulicos.

2.8. Condicionantes climatológicos en la ejecución de riegos de adherencia.

El riego de adherencia sólo se podrá aplicar cuando la temperatura ambiente sea superior a diez grados Celsius ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y no exista riesgo de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se puede rebajar, a juicio del Director de las Obras, a cinco grados Celsius (5°C) si la temperatura ambiente tiende a aumentar. La aplicación del riego de adherencia se debe coordinar con la puesta en obra de la capa bituminosa superpuesta, de manera que antes de la colocación de la capa, se haya producido la rotura de la emulsión bituminosa. Prohibiendo todo tipo de circulación sobre el riego de adherencia hasta que se haya producido la rotura de la emulsión en toda la superficie aplicada.

3. Conclusiones

Ha quedado claramente expuesto la relevante importancia que tienen los riegos de adherencia en la durabilidad del pavimento bituminoso, con lo que es de vital importancia tener en cuenta las buenas prácticas expuestas en la guía.

La guía contempla las emulsiones bituminosas que actualmente son más adecuadas para esta unidad de obra, en función de la temperatura de las mezclas a adherir, la macrotextura de la misma y la de la superficie donde se aplica el riego de adherencia.

Una adecuada aplicación y elección del riego de adherencia con emulsión bituminosa, es relevante en la unión del sistema multicapa de un pavimento bituminoso, con el fin de que todas las capas trabajen solidariamente, para que las cargas provocadas por el tráfico, lleguen lo más disipadas posibles a la explanada, garantizando así su durabilidad desde el punto estructural. Igualmente interactúa en la durabilidad de las propiedades funcionales del pavimento, especialmente cuando se emplean capas delgadas y ultradelgadas, evitando la formación fallos tales como el cordón longitudinal, arrollamiento transversal, fisuras o grietas parabólicas y peladuras.

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 deben utilizarse aspiradoras, barredoras mecánicas, equipos de lavado y máquinas de aire a presión, utilizando solo escobas de mano para sitios inaccesibles. 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.

Otro parámetro a considerar para una correcta elección del tipo de emisión bituminosa que formará el riego de adherencia, es la propia temperatura de la mezcla bituminosa a adherir. (Caliente, semicaliente o templada).

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

De la misma forma la adecuada elección de la maquinaria tanto para la aplicación, como para realizar las tareas de limpieza, inciden en la calidad del riego de adherencia. En los equipos de aplicación la verificación del control de la temperatura de la emulsión, altura de la rampa, alineación y limpieza de los difusores, resulta necesario para conseguir una aplicación uniforme y correcta. En cada tipo de actuación en el firme se valorará los equipos de limpieza necesarios para conseguir que la superficie esté totalmente limpia.

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

4. REFERENCIAS

- [1] Tschegg, E. K., Kroyer, G. Tan, D., Stanzl-Tschegg, S., Litzka, J. (1995). Investigation of bonding between asphalt layers on road construction. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 121, N° 4.
- [2] Artículo 531. Riegos de adherencia. (2015) Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. España
- [3] Bardesi, A., Tomás, R. (2004) Monografía ATEB sobre Riegos Auxiliares. Madrid. España.
- [4] Destree, A., De Visscher, J., Brichant, P-P., Vanelstraete, A. L'importance des couches de collage et de l'adhésion inter-couches pour la durabilité des voiries. Centre de Recherches Routières. Francia.
- [5] García Santiago, J. Blog Motores y Carreteras. España.

[6] Web site International Bitumen Emulsion Federation (IBEF). Francia.

[7] Guerrero Aguilera, S. (2015). Buenas prácticas constructivas en la aplicación del riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas. Universidad de Costa Rica. LanammeUCR. Costa Rica

[8] CEDEX, IECA (2003). Manual de firmes con capas tratadas con cemento.