

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

Juan A. Romero Lacasa, jaromero@fomento.es
Ministerio de Fomento

Anna París Madrona, annaparis@parmaingenieria.com
PARMA Ingeniería

La vida útil para la que se diseña un firme se basa en la hipótesis de un correcto pegado de las capas de mezcla bituminosa para garantizar que trabajan solidariamente. Pese al gran desarrollo en las emulsiones para los riegos de adherencia, y los cuidados en las operaciones de puesta en obra de los riegos, existen en la práctica actuaciones que originan el arrastre del betún desde la zona regada a los alrededores de la obra. Además de ensuciar el entorno de la obra, pudiendo originar problemas de seguridad, las capas de firme pierden parte de la capacidad estructural para la que han estado diseñadas. En 2016 se ha realizado en España la primera obra de refuerzo de firme con el empleo de la leche de cal, en baja concentración, para la protección del riego de adherencia y la experiencia ha sido muy positiva en su comportamiento de puesta en obra.

Palabras clave: leche de cal, riegos de adherencia, adherencia entre capas, emulsión bituminosa

The useful life for which a surface is designed is based on the hypothesis of a correct bonding of the layers of bituminous mixture to guarantee that they work in conjunction. In spite of the great development in the emulsions for adhesion irrigations and the care taken in the operations of implementation of such irrigations, there are still actions that cause the drag of the bitumen from the irrigated area to the surroundings of the building site. A part from getting the work place dirty, which can cause security problems, the surface layers lose some of the structural capacity for which they were designed. In 2016, the first surface reinforcement work has been carried out in Spain with the use of slurry lime in a low concentration to protect the adhesion irrigation. The experience so far has been very positive in respect of its commissioning work.

Keywords: slurry lime, tack coat, layers bonding, bituminous emulsions

1. Introducción

Cuando se dimensiona un firme de carretera se supone una adherencia completa entre las capas que lo componen y que todas las capas bituminosas trabajan solidariamente. Por este motivo, y con el objetivo de intentar garantizarlo en obra, entre las capas de firmes se aplica el riego de adherencia (mediante emulsión bituminosa). La finalidad es lograr lo que se consideraría una adherencia perfecta entre capas.

Lamentablemente no siempre se consigue, por la complejidad que conlleva la ejecución de esta unidad de obra, principalmente debido al trasiego de los camiones que transportan la mezcla bituminosa para extender en la obra. La falta de adherencia puede ocasionar deterioros prematuros, como deslizamientos entre capas o fisuración por fatiga.

En nuestros días, y ya desde hace algunos años, la puesta en obra del riego de adherencia ha venido siendo objeto de crecientes cuidados particulares al tiempo que las empre-

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

Las fabricantes de betunes han desarrollado nuevas formulaciones con las denominadas “emulsiones termoadherentes”. Se trata de unas emulsiones de rotura más rápida que limitan que el betún de la emulsión se adhiera a los neumáticos de los vehículos que intervienen en las operaciones de puesta en obra de las mezclas; con ello se intenta evitar tal fenómeno y sus negativas consecuencias.

Si bien tales “emulsiones adherentes” han supuesto un avance, se observa que, en obra, las habitualmente altas temperaturas estivales y la insolación causan un reblandecimiento del betún aportado por la emulsión lo que favorece el pegado del riego a los neumáticos de los vehículos de obra. Fenómeno agravado por las temperaturas con la que las ruedas de los camiones llegan a la obra (en torno a los 70 °C).

Este problema se acentúa en las obras de conservación ya que por un lado están las superficies fresadas con una morfología surcos (cima – valle) que favorecen el incremento en las dosificaciones de la emulsión, y por otro lado, se trata de obras en servicio por lo que el tiempo es un factor limitante en los desvíos de tráfico.

Si no se toman precauciones, el incremento en la emulsión se traduce en traslados del betún de los riegos de adherencia, en primer lugar en las ruedas de las bañeras con semi-remolque que transportan el aglomerado a la obra y después por encima de las superficies sobre las que circulen estos vehículos, una vez hayan vertido su contenido en las máquinas extendedoras. Con el correspondiente rastro de betún por las zonas sobre las que circulen que se corresponde con los entornos de la zona de la obra.



Foto 1. Detalle del traslado de betún, en la zona de rodadura, sobre una superficie regada con un riego de adherencia en la que los neumáticos han levantado la emulsión extendida.



Foto 2. Restos de betún en el entorno de la obra arrastrados por las ruedas de los camiones. Además del problema estético la alteración de las marcas constituye un problema de seguridad (foto cedida por grupo SANEF).

La adherencia final conseguida entre capas bituminosas no dependerá solamente de cómo se haya realizado el riego de adherencia, del tipo de emulsión aplicada, de que la dotación sea la prescrita, de que se haya adherido bien a la capa inferior, y de que una vez ejecutada la nueva capa no hayan quedado coqueras en su parte inferior, sino también, y de manera muy importante, dependerá de que el propio tráfico de la obra no haya levantado el riego de adherencia como consecuencia de la circulación y trasiego.

2. La leche de cal

La idea de extender una “leche de cal” sobre los riegos de adherencia (esto es, sobre la emulsión bituminosa) se inicia en Francia (donde es denominada como “lait de chaux”, es decir: “leche de cal”) hace ya unos veinte años.

Desde el año 2004 el proceso del extendido y las especificaciones de la leche de cal en los riegos de adherencia de mezclas asfálticas se ha desarrollado en Francia por la empresa concesionaria de autopistas SANEF, perteneciente al grupo ABERTIS. El objetivo era lograr garantizar una perfecta adherencia entre las capas bituminosas, conscientes de que de ello depende la mayor o menor duración de la vida de servicio de las mezclas bituminosas.

El color blanco permite reducir la temperatura del betún subyacente, limitando el pegado a los neumáticos que circulan por la obra, por otro lado, al tener un alto contenido en



Foto 3. Puesta en obra de mezclas bituminosas con riego de adherencia tratado con leche de cal en la autopista A-29 en Francia (foto cedida por Lhoist).

agua, permite la disminución de la temperatura de apoyo por la propia evaporación.

Aunque la idea esencial es aparentemente sencilla, se ha tardado varios años en Francia para poder afinar el sistema y poder incluirlo en los proyectos y consiguientes obras pues existe una serie de puntos clave en el proceso que deben especificarse y ser recogidos en una normativa de aplicación.

Para el extendido de la “leche de cal” la empresa SANEF ha modificado los equipos de extendido de salmuera, que se emplean en las operaciones de vialidad invernal, para hacerlos compatibles con esta nueva aplicación. Dicha adaptación consiste básicamente en equipar a las máquinas de salmuera con una bomba que permita la recirculación en el interior de la cisterna, un grupo electrógeno y un sistema de limpieza de alta presión, asociado a una cisterna adicional de agua.

Pese a parecer un sistema sencillo el desarrollo de la tecnología ha tenido el factor limitante de encontrar una leche de cal estable que permita una puesta en obra a gran escala.

El grupo Lhoist desarrolló una leche de cal concentrada, estable al 45% en masa sólida y comercializada bajo el nombre de Asphacal® TC. Este producto permitió que la sociedad concesionaria SANEF fuera pionera en el extendido de la leche de cal como protección de los riegos de adherencia.

El concentrado estable de “leche de cal” se libra a la obra mediante contenedores para a continuación diluirla y extender la resultante “leche de cal” diluida sobre el riego de adherencia en el momento adecuado.

3. Los riegos de adherencia

Se define como riego de adherencia la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos. Siendo de cumplimiento lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los Proyectos o, en su defecto, lo prescrito en el artículo 531 del vigente PG-3: RIEGOS DE ADHERENCIA, o en la normativa vigente de la Administración responsable de la obra.

Un riego de adherencia bien ejecutado es muy importante para la vida útil del firme al asegurar la unión de las capas bituminosas.

Según PG3, los materiales a utilizar y las dotaciones recomendadas son las siguientes:

- Tipo de emulsión: Se utilizará la emulsión bituminosa definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra. De forma general se podrán utilizar emulsiones bituminosas convencionales o modificadas. Estas últimas serán de utilización obligatoria para capas de rodadura constituidas por mezclas bituminosas drenantes o discontinuas en capa delgada, para las categorías de tráfico pesado T00 a T1, o en carreteras de categoría de tráfico pesado T2 cuando sean autopistas o tengan una IMD > 5.000 veh/d/carril.

El tipo de emulsión a emplear podrá ser C60B3 ADH o C60B3 TER. Cuan se trate de emulsiones modificada serán de los tipos C60BP3 ADH o C60BP3 TER.

- Dotación de la emulsión: La dotación de emulsión deberá estar definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra. En cualquier caso no será inferior a 200 g/m² de ligante residual. Cuando la capa superior sea una mezcla bituminosa discontinua, o bien una capa de rodadura drenante o bien una capa de hormigón bituminoso empleada como rehabilitación superficial de una carretera en servicio, esta dotación debe ser superior a 250 g/m².

Con la última revisión del PG3 se ha introducido una nueva prescripción en la evaluación del grado de adherencia en el apartado de especificaciones de la unidad terminada del artículo 531. La adherencia entre capas se con-

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

trola mediante el ensayo de corte, que se realiza según norma NLT-382, a partir de testigos cilíndricos tomados en obra, y se prescribe que debe ser superior o igual a seis décimas de megapascal ($\geq 0,6$ MPa), cuando una de las capas sea de rodadura, o a cuatro décimas de megapascal ($\geq 0,4$ MPa) entre las capas inferiores.

El “Centre de Recherches Routières” (CRR) desarrolló en 2012 especificaciones relativas a evaluación de la adherencia entre capas (similares a las recogidas en el nuevo PG3/2015); hasta entonces únicamente Alemania y Suiza habían incluido en sus pliegos criterios de adherencia entre capas. Estos países establecían unos valores mínimos de resistencia media al ensayo de cizallamiento y consideraban como adecuados los valores de adherencia entre capas superiores o iguales a 0,85 MPa.

El mencionado CRR ha desarrollado un estudio comparativo, mediante testigos y probetas fabricadas en laboratorio para diferentes tipos de mezclas bituminosas, de dos tipos de riegos de adherencia: uno de ellos ha sido el riego de adherencia convencional (que emplea emulsiones similares a las españolas), con una tasa única de betún residual de 300 g/m²; el otro ha consistido en aplicar, sobre la emulsión bituminosa, diferentes dotaciones de “leche de cal”.

4. La leche de cal y su aplicación en los riegos de adherencia de mezclas bituminosas en España

El empleo de “la leche de cal” ha sido objeto en los últimos años de diversos estudios de laboratorio por países europeos que muestran cómo la “leche de cal” diluida incrementa la adhesión entre las capas bituminosas con respecto a la solución convencional basada exclusivamente en emulsiones bituminosas.

En 2016 se realizan en España las primeras experiencias con la leche de cal, concretamente en la carretera N-230 en la provincia de Lleida en un tramo con conservación integral.

La leche de cal concentrada Asphacal® TC se suministra en contenedores de 1 m³. Y se debe diluir con agua en una proporción de 1 volumen de producto por 10 volúmenes de agua. La leche de cal se extiende diluida con una dotación de 250 g/m² encima del riego de adherencia. La limitación en la ejecución es que no se puede extender la leche de cal hasta la rotura total del riego de adherencia, ésta es una de las cuestiones básicas para el éxito de la técnica.



Foto 4. Detalle de la adaptación de la máquina de salmuera para el extendido de la leche de cal.

Para su correcta aplicación se adaptó una máquina de salmuera, siguiendo los modelos desarrollados en Francia tal como se muestra en la siguiente fotografía.

El extendido de la leche de cal se realizó en la travesía del municipio de Almenar, en una obra de conservación en la que se fresaban 5 cm de mezcla bituminosa y se reponía con 5 cm de mezcla bituminosa del tipo AC 16 surf S 50/70.

En primer lugar se extendió un riego de adherencia del tipo C60 B3 TER con una dotación superior a 250 g/m² de ligante residual.

El equipo para el extendido del riego de adherencia iba montado sobre neumáticos y dotado con una rampa de riego capaz de aplicar la emulsión con la temperatura y dotación descrita en el Pliego de Condiciones Técnicas.

El tramo objeto de la actuación se corresponde con una travesía urbana en el municipio de Almenar con una categoría de tráfico pesado tipo T2.

En las fotografías 5 y 6 se ilustra la actuación realizada en la provincia de Lleida.

5. Ensayos realizados

Una vez ejecutada la obra se realizó una campaña de testigos para ensayar la adherencia entre capas mediante el ensayo de “Adherencia entre capas” con el ensayo de corte según Norma NLT-382/08 y con el dispositivo de ensayo B.

Se tomaron testigos de una zona que contenía leche de cal sobre el riego de adherencia y en otra zona dónde únicamente se regaba con el riego de adherencia sin la extensión



Foto 5. Detalle de la leche de cal encima del riego de adherencia en la carretera N-230. Tramo: Travesía de Almenar.



Foto 6. Detalle de la leche de cal y de las operaciones del extendido de la mezcla bituminosa en la carretera N-230. Tramo: Travesía de Almenar.

de la leche de cal. Los resultados son los que refleja la tabla adjunta.

Los resultados, en el ensayo de corte, con leche de cal son ligeramente superiores a los resultados sin leche de cal en los seis testigos ensayados. Todos los testigos cumplen con las especificaciones establecidas en el artículo 531 del PG3.

Con estos pocos resultados no podemos valorar el efecto de la leche de cal sobre el ensayo de adherencia entre capas bituminosas. Para poder concluir sobre la influencia de la leche de cal en el ensayo de corte será necesario efectuar más campañas de extracción de testigos, en esta y en otras obras dónde se emplee la leche de cal, a fin de valorar la tendencia en los resultados de resistencia.

Además, se debería estudiar la evolución del ensayo de resistencia en el tiempo, de la aplicación de la lechada, con una campaña de extracción de testigos en los años posteriores a la puesta en obra (o al menos un año después de ejecutada la obra).

6. Conclusiones

Después de la primera experiencia en España y de los resultados en Francia desde hace diez años podemos concluir que:

- La leche de cal mejora la adherencia entre capas ya que garantiza que toda la emulsión extendida, mediante el riego de adherencia, permanece en la zona regada.
- El factor clave en el proceso es esperar a la rotura de la emulsión para el extendido de la leche de cal.
- En determinadas condiciones de humedad ambiental puede no adquirir el característico color blanco la superficie regada.

Tabla 1. Ensayo de corte en el control de ejecución de los riegos de adherencia entre capas bituminosas según Norma NLT-382:2008

Num	Ubicación	Diámetro (cm)	Resistencia (kN)	$\tau = (P/2) / S$ (MPa)
1	Sin leche de cal. Travesía dirección Viella	9,5	7,83	0,6
2	Sin leche de cal. Travesía dirección Viella	9,5	8,81	0,6
3	Con leche de cal. Glorieta	9,5	9,56	0,7
4	Con leche de cal. Glorieta	9,5	9,22	0,7
5	Con leche de cal. Travesía dirección Lleida	9,5	9,49	0,7
6	Con leche de cal. Travesía dirección Lleida	9,5	9,74	0,7

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

- La leche de cal es una buena solución técnica y económica; Es un proceso sencillo técnicamente ya que no precisa ni de complicadas formulaciones, ni de difíciles procesos de extendido. En cuanto al coste económico podemos afirmar que se trata de una solución barata respecto a los materiales y a los equipos de puesta en obra empleados en su aplicación.
- Es un procedimiento rápido ya que, una vez extendida la leche de cal, no es necesario esperar a que se seque para extender la mezcla bituminosa.
- El extendido de la leche de cal permite elevar el porcentaje de betún residual en los riegos de adherencia. Sobre todo en las superficies fresadas irregulares superficialmente.
- Los resultados obtenidos han demostrado, en primer lugar, que la aplicación adecuada de la “leche de cal” no tiene impacto negativo alguno sobre la adhesión entre capas bituminosas. Es decir, sumando por un lado la comprobación práctica en obra de que la “leche de cal” fija la emulsión bituminosa y evita que se adhiera a los neumáticos de los vehículos de obra y, por otro lado, se ha comprobado que la presencia de tal “leche de cal” no disminuye la adherencia de las capas de mezcla bituminosas entre sí, se puede concluir que esta técnica puede ser una muy buena solución a los problemas que habitualmente se dan en las obras de rehabilitación de firmes bituminosos en España.

Como conclusión a este artículo los autores pensamos que se debería profundizar en el estudio de la adherencia entre capas de mezcla bituminosa para poder saber, si además de lograr una correcta adherencia entre capas, el empleo de la leche de cal mejora de algún modo los valores del ensayo de corte definidos en el artículo 531 del PG3.

7. Bibliografía

- SETRA/DCT « Le décollement des couches de revêtement de chaussées », Note d'information chaussées-dépendances n°25, SETRA, 1986 (<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf/pdf/pj/Dtrf/000/Dtrf-0000692/DT692.pdf>)
- Mabile C., Petit J., Ragot G., Labbé V., Tougard C., Lesueur D., « Utilisation de lait de chaux en protection des couches d'accrochage ».
- Costa A., Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas. Revista Asfalto y Pavimentación. N° 20. Primer trimestre 2016.
- Lesueur D., Leconte P., Brosseaud Y., Destrée A., Mabile C., « Emploi de lait de chaux Asphacal® TC en protection des couches d'accrochage ». RGRA N° 925. Febrero de 2015.

#56

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Un firme en mal estado afecta al confort y seguridad de los usuarios. Con nuevas mezclas asfálticas se recuperan las características superficiales de modo fácil, rápido y eficiente”

#CONFORT_Y_SEGURIDAD