

# NOTA TÉCNICA NT 01/2020

## Para el proyecto y la ejecución de lechadas de cal como sistema de protección de riegos de adherencia

La adecuada ejecución de los firmes de carreteras es una de las estrategias más sencillas y eficaces para aumentar su vida de servicio y contribuir a una economía circular, disminuyendo la cantidad de residuos generados y alargando en el tiempo las actuaciones de conservación ordinaria y de rehabilitación necesarias en la Red de Carreteras del Estado.

En el caso de los pavimentos bituminosos, operaciones tan sencillas como la preparación de la superficie existente y la aplicación de un riego de adherencia respetando las reglas de buena práctica, permite el trabajo conjunto de las distintas capas que lo componen (base, intermedia y rodadura), aumentando exponencialmente el número de solicitaciones de carga que puede soportar antes de que se produzca su fallo por fatiga.

La correcta ejecución de un riego de adherencia requiere aplicar uniformemente una emulsión bituminosa, de las características y con las dotaciones previstas en el artículo 531 "Riegos de adherencia" del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), siendo necesario que una vez que se haya producido su rotura mantenga su integridad hasta que se extienda la nueva capa de mezcla bituminosa.

En ocasiones es complicado evitar que el riego de adherencia no se vea afectado por la circulación de los vehículos de transporte, ni por la operación de la máquina pavimentadora o del silo de transferencia, en su caso. Los desprendimientos del riego de adherencia, aunque sean localizados, dan lugar a uniones defectuosas entre las capas y a contaminaciones en la obra y su entorno, siendo relativamente frecuente que haya que proceder al repintado de marcas viales como consecuencia de las huellas dejadas por camiones de obra contaminados con restos de estos riegos.



Los artículos 214 “Emulsiones bituminosas” y 531 “Riegos de adherencia” del PG-3 incluyen las emulsiones bituminosas denominadas termoadherentes (C60B3 TER y C60BP3 TER) formuladas con betunes duros, precisamente con el objeto de prevenir desprendimientos del riego de adherencia. Sin embargo, en ciertas condiciones (temperaturas extremas, grandes distancias de transporte, altas dotaciones de ligante, soportes fresados o irregulares, o uso de ligantes modificados) el recurso a este tipo de emulsiones puede no ser suficiente para garantizar la integridad del riego. En estos casos, se debe recurrir a la aplicación de un tratamiento de protección.

En países como Francia llevan años protegiendo los riegos de adherencia mediante la formación de una finísima película de hidróxido cálcico, que se aplica en forma de lechada y que no perjudica las condiciones de adherencia.

En 2016 la Dirección General de Carreteras comenzó a probar esta técnica de protección en diversos tramos de autovías y carreteras convencionales de la Red de Carreteras del Estado, alcanzándose en todos los casos los objetivos previstos y comprobándose, gracias a la realización de los correspondientes ensayos, que no se perjudicaba la adherencia entre capas con los productos y las dotaciones utilizadas.

Por ello, se ha considerado conveniente redactar esta Nota Técnica que se estructura en tres Anexos. En el primero de ellos se describen los materiales y equipos, las condiciones de ejecución, la forma de aplicación y los procedimientos de control de calidad necesarios para una correcta ejecución de este tratamiento de protección. En el segundo Anexo se incluye un ejemplo de cómo incluir este tratamiento de protección en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos en los que se prevea su utilización. Por último, en el tercer y último Anexo se incluye una propuesta de descomposición del precio de este sistema de protección.

Este documento ha sido redactado por Julio José Vaquero García, ICCPE Jefe del Servicio de Auscultación de Firmes y Pavimentos (DGC).

Ha sido aprobado por M<sup>a</sup> Rosario Cornejo Arribas, ICCPE Directora Técnica de la Dirección General de Carreteras con fecha 2 de octubre de 2020.

# ANEXO 1

## Lechadas de cal para la protección de riegos de adherencia

### 1 Introducción

La correcta adherencia entre las capas de un firme bituminoso es esencial para no comprometer su durabilidad. Basta con efectuar un sencillo análisis mediante cualquier programa de cálculo analítico para comprobar cómo la falta de unión reduce de forma muy significativa el número de ejes equivalentes que es capaz de soportar una sección de firme antes de alcanzar su rotura por fatiga. En la práctica, es frecuente encontrar capas de rodadura rotas prematuramente a causa de hallarse deficientemente adheridas a la superficie bituminosa subyacente.

Esta falta de adherencia puede producirse ya desde la fase de puesta en obra, como consecuencia de una deficiente ejecución del riego de adherencia, en la que intervienen factores como la limpieza del soporte (sobre todo en operaciones de rehabilitación), las dotaciones de ligante (que deberían incrementarse en el caso de superficies fresadas), o los daños producidos durante la ejecución al riego de adherencia, sobre todo cuando se combinan uno o varios de los siguientes factores:

- Altas temperaturas o fuertes insolaciones propias del tiempo cálido, que reblandecen el betún aplicado con el riego de adherencia, y facilitan su desprendimiento o arrastres por las orugas o los neumáticos de los vehículos de obra.
- Largos recorridos de los vehículos de transporte o circulación a velocidades elevadas que, unido a la carga transportada, pueden elevar la temperatura de los neumáticos por encima de 70° C, superando la temperatura del punto de reblandecimiento de los ligantes más duros empleados en los riegos de adherencia, incluso en tiempo menos cálido.
- Uso de emulsiones modificadas con polímeros o emulsiones de betunes modificados con polímeros, cuya mayor viscosidad favorece también la adhesión del ligante residual a orugas y neumáticos de los vehículos de obra.

- Uso de elevadas dotaciones de ligante residual ( $> 300 \text{ g/m}^2$ ), recomendadas habitualmente para la puesta en obra de capas bituminosas ultradelgadas.
- Soportes irregulares, entre ellos las superficies fresadas que presentan crestas y surcos, sobre los que no es posible distribuir una película de ligante de espesor uniforme.

Las consecuencias de fallos en la integridad del riego de adherencia no son únicamente las relativas al comportamiento estructural del firme. Los arrastres de ligante por parte de la maquinaria y los vehículos de transporte pueden borrar las marcas viales, ensucian la obra y su entorno (dañando el medioambiente incluso en lugares muy alejados de la zona de los trabajos), además de alterar las condiciones superficiales de las rodaduras afectadas pudiendo disminuir su coeficiente de rozamiento transversal (CRT) temporalmente hasta la desaparición de esta película de ligante por la acción del tráfico.

Las emulsiones conocidas como termoadherentes y denominadas C60B3 TER y C60BP3 TER (recogidas en los artículos 214 y 531 del PG-3) se desarrollaron para prevenir los desprendimientos de ligante durante la ejecución de las obras. Son emulsiones formuladas con betunes duros pese a lo cual no siempre pueden garantizar la completa integridad del riego.

## 2 La lechada de cal

### 2.1 Generalidades

En la búsqueda de sistemas de protección de los riegos de adherencia la lechada de cal aparece como una solución interesante y competitiva. Frente a las alternativas tradicionales de regar con agua, distribuir pequeñas dotaciones de arena o gravilla sobre el riego de adherencia, o proceder a una limpieza continua y sistemática de los vehículos que entran y salen de la obra, ofrece mayores garantías con menores costes.

La aplicación de una lechada de cal muy diluida produce tres efectos relacionados con la preservación de la integridad del riego de adherencia:

- La formación de una fina película de hidróxido cálcico impide el contacto directo de la capa de ligante residual del riego de adherencia con los neumáticos de los vehículos de transporte o de los silos de transferencia, en su caso, y con las tejas de las orugas de la máquina pavimentadora.
- El color blanco de la superficie, además de identificar claramente zonas no suficientemente recubiertas, disminuye la temperatura de la capa de

ligante subyacente, reduciendo su tendencia a adherirse a las ruedas y orugas.

- La temperatura de la superficie disminuye también como consecuencia de la evaporación del agua de la lechada, lo que contribuye de nuevo a salvaguardar la integridad del riego.

Además, la utilización de este tratamiento facilita el mantenimiento y la limpieza de vehículos y maquinaria de obra.

## 2.2 Descripción

La lechada de cal para protección de riegos de adherencia consiste en una solución muy diluida de hidróxido cálcico en agua. La dilución debe ser elevada para hacer posible distribuir una dotación de hidróxido cálcico de 12 a 18 g/m<sup>2</sup> aplicando no menos de 250 g/m<sup>2</sup> de lechada.

A causa de su densidad, las partículas de hidróxido cálcico sedimentan rápidamente en una lechada de cal estándar, de manera que hoy no es factible su fabricación a pie de obra, por lo que deben emplearse productos diseñados y comercializados con este fin. En ellos se emplean partículas muy finas, agentes dispersantes y otros aditivos estabilizantes que dan como resultado soluciones estables y con determinadas concentraciones, que requieren su dilución antes de su empleo.

La solución concentrada se elabora con cales del tipo CL-90 S de granulometrías muy finas. De acuerdo con nuestra experiencia, el residuo sobre tamiz de 32 micras (0,032 mm) en proporción ponderal debe ser inferior al 0,1% para obtener una estabilidad correcta y garantizar que la lechada de cal no obture los difusores del equipo de aplicación.

El fabricante de la solución concentrada, además de acreditar que la cal hidratada utilizada cumple todos los requisitos exigidos por el PG-3 (art. 200), debe facilitar información relativa a la densidad aparente de la solución concentrada, su contenido en sólidos, pH, viscosidades máxima y mínima, así como las indicaciones necesarias para obtener y aplicar en obra la dilución final (manual de empleo).

Al haberse detectado el empleo de soluciones de hidróxido cálcico poco o nada eficaces, se considera necesario insistir una vez más en que la lechada de cal debe confeccionarse a partir de productos diseñados y fabricados para la protección de riegos de adherencia y no aceptar el empleo de otras soluciones que no estén respaldadas por experiencias previas.

## 2.3 Especificaciones

La cal, del tipo CL-90 S, debe cumplir las especificaciones del artículo 200 del PG-3 (Tabla 1).

Tabla 1: Especificaciones que debe cumplir la cal hidrata empleada en lechadas de cal

CARACTERÍSTICA <sup>(1)</sup>	UNIDAD	CL 90-S
Contenido en CaO+MgO	%	≥ 90
Contenido en MgO	%	≤ 5 <sup>(2)</sup>
Contenido en CO <sub>2</sub>	%	≤ 4
Contenido en SO <sub>3</sub>	%	≤ 2
Contenido en cal útil (Ca(OH) <sub>2</sub> ) <sup>(3)</sup>	%	≥ 80
Estabilidad de volumen <sup>(4)</sup>	mm	≤ 2
Tamaño de partícula (retenido acumulado):		
Tamiz 0,2 mm	%	≤ 2
Tamiz 0,09 mm	%	≤ 7 <sup>(5)</sup>

(1) Los valores para CaO, MgO, CO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub> corresponden al producto exento de agua libre y agua combinada.

(2) Se admite un 7% siempre que cumpla la estabilidad de volumen.

(3) Pueden requerirse valores más altos de cal útil.

(4) Según apartado 6.4.2.1 de la Norma UNE-EN 459-2.

(5) Se permite un retenido de hasta el 15% siempre que se cumpla el ensayo de estabilidad indicado en el apartado 6.4.2 de la norma UNE-EN 459-2.

Por su parte, la solución concentrada y la lechada diluida deben satisfacer las especificaciones indicadas en la Tabla 2. La finura es un aspecto fundamental para evitar que se produzcan atoramientos en las boquillas de los difusores, por lo que se incluye una especificación adicional de determinación del residuo sobre un tamiz de 32 micras (0,032 mm).

Tabla 2: Especificaciones sobre la solución concentrada, la lechada diluida y la finura de la cal utilizada

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Solución concentrada:		
Contenido en sólido <sup>(1)</sup>	%	> 44
Viscosidad a 20°C y 100 r.p.m. <sup>(2)</sup>	mPa·s	200 - 400
Lechada diluida		
Contenido en sólido <sup>(2)</sup>	%	≤ 6
Tamaño de partícula:		
Residuo sobre tamiz de 0,032 mm <sup>(3)</sup>	%	≤ 0,1

(1) Según norma UNE-EN 459-2.

(2) Según norma ISO 2555.

(3) Aplicando la norma UNE – EN 1429 y con 1 kg de lechada de cal que se va a emplear y tamizando en húmedo bajo un chorro de agua de 1 cm de diámetro y un caudal de 4 litros por minuto.

## 2.4 Dotaciones recomendadas

De acuerdo con la experiencia acumulada, una dotación de lechada de cal diluida de 250 g/m<sup>2</sup>, equivalente a 15 g/m<sup>2</sup> de hidróxido cálcico, es suficiente para alcanzar una protección completa del riego de adherencia sobre cualquier superficie y con cualquier tipo y dotación de emulsión. Dotaciones inferiores pueden bastar en algunas circunstancias, aunque debe tenerse presente que en tiempo cálido el agua distribuida con la lechada también juega un papel importante, contribuyendo con su evaporación a enfriar significativamente la superficie regada. En cualquier caso, se comprobará que

la dotación de lechada es suficiente verificando que el tráfico de obra no produce daño alguno sobre la superficie tratada.

Los estudios realizados muestran también que la dotación puede incrementarse hasta 375 g/m<sup>2</sup> sin perjudicar la unión entre capas. En función de los resultados obtenidos hasta el momento, se considera que la dotación óptima de lechada de cal diluida se halla en el intervalo comprendido entre 200 y 300 g/m<sup>2</sup>, equivalente a un contenido de hidróxido cálcico de 12 a 18 g/m<sup>2</sup>.

### **3 Ejecución de la capa de protección con lechada de cal**

#### **3.1 Equipo de aplicación**

La aplicación de la lechada de cal debe efectuarse mediante un camión cisterna equipado con depósitos adecuados para su almacenamiento y recirculación, dotado de una rampa de riego capaz de dosificar con la precisión requerida, y convenientemente protegido de la corrosión frente a eventuales acumulaciones de cal.

Para controlar correctamente la dosificación de cal, el vehículo debe estar equipado con un sistema de comando y regulación del riego por microprocesador. El automatismo de dosificación sirve para corregir la velocidad de rotación de la bomba dosificadora en función de la velocidad de avance del camión, de la dotación programada y del número de pulverizadores (o anchura de riego) seleccionados.

La capacidad de almacenamiento del camión cisterna depende de los rendimientos requeridos en la obra y de la distancia desde ésta al lugar de preparación de la lechada de cal. Los depósitos para almacenamiento de lechada suelen tener una capacidad total de 6 000 a 8 000 litros. El vehículo debe contar también con un depósito de agua de 1 000 a 2 000 litros de capacidad para las operaciones de limpieza.

Para prevenir decantaciones es preciso evitar cualquier estancamiento en el camión cisterna. La lechada diluida debe hallarse en movimiento permanentemente lo que se consigue recirculándola durante el tiempo que no esté siendo aplicada. Las bombas y los circuitos de recirculación son también útiles para efectuar la limpieza de depósitos y tuberías de la cisterna cada vez que sea necesario.

Algunos elementos, como los inyectores, se colmatan fácilmente cuando se secan los restos de la lechada, por lo que se deben limpiar después de cada uso.

#### **3.2 Aplicación**

La lechada de cal, con las rampas de riego del vehículo descrito en el apartado anterior, se aplica de forma similar a la emulsión o la salmuera. La rampa puede

situarse por delante de la cabina del vehículo o en su parte trasera. En este último caso es obligatorio circular hacia atrás para hacerlo siempre sobre una superficie ya cubierta con la lechada de cal.

El ancho de la aplicación depende de las condiciones de la obra (extendido por franjas, por carriles o a sección completa) y suele hacerse variar entre 1 y 5 metros. Para ello pueden montarse rampas desplegadas o disponerse los cierres y aperturas de las boquillas pulverizadoras correspondientes.

Los rendimientos de aplicación son elevados, pues el vehículo de riego puede avanzar a velocidades comprendidas entre 10 y 15 km/h. Se trata de un rango de variación relativamente reducido pues existe un límite inferior por debajo del cual los abanicos de lechada creados por los difusores no se superponen correctamente y un límite superior para prevenir dispersiones o "rebotes" de la lechada en el pavimento a causa de presiones excesivas.

Una aplicación por franjas requiere que los solapes sean correctos, en función de la superposición de los abanicos de lechada. Si, como es habitual, no existen superposiciones, no es preciso prever solape alguno entre franjas contiguas.

### **3.3 Limitaciones a la ejecución**

La aplicación de la lechada debe aguardar a que se haya producido la rotura de la emulsión bituminosa utilizada como riego de adherencia y, preferiblemente, a que el agua superficial resultante se haya evaporado por completo.

La lechada de cal no debe aplicarse cuando existan precipitaciones, vientos intensos, o temperaturas inferiores a 5°C.

Los vehículos y maquinaria de puesta en obra pueden circular sobre la superficie cubierta con la lechada inmediatamente después de su aplicación. No es necesaria espera alguna para disponer, desde ese momento, de una protección totalmente efectiva del riego de adherencia.

## **4 Control de calidad**

Se debe realizar un control documental en la recepción del producto, verificando, en su caso, el marcado CE y los certificados del fabricante que garanticen que el producto suministrado cumple con las especificaciones recogidas en esta Nota Técnica.

La cal hidratada utilizada en la fabricación del producto suministrado debe estar en posesión del correspondiente marcado CE. Esto no significa que el producto resultante de su dilución cuente con el mencionado marcado, por lo que se debe proceder a la realización de ensayos de recepción para comprobar el cumplimiento de las especificaciones indicadas en la Tabla 2.





El control de la dotación puede realizarse disponiendo bandejas metálicas, de silicona o de otro material apropiado durante la aplicación de la lechada, para determinar la dotación mediante secado en estufa y pesaje. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares debe establecer el tamaño de los lotes, el número de ensayos por lote y las tolerancias respecto a la dotación.

En cualquier caso, el control de calidad debe dirigirse esencialmente a verificar la efectividad del tratamiento de protección mediante el seguimiento de dos aspectos esenciales:

- Que no se producen despegues, arrastre ni cualquier tipo de contaminación con ligante del riego de adherencia en la obra ni en su entorno.
- Que el tratamiento de protección no perjudica a la adherencia entre capas, es decir, que los resultados de los ensayos de resistencia a corte sobre testigos proporcionan resultados equivalentes cuando se comparan los correspondientes a tramos tratados y no tratados con lechada de cal.



## ANEXO 2

# Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares - Riego de adherencia con protección de lechada de cal

### Preámbulo

Este anejo recoge, a título de ejemplo, cómo se puede contemplar en cualquier proyecto la opción de que se emplee una lechada de cal para proteger el riego de adherencia de la acción del tráfico de obra. Se indica el texto, o los apartados adicionales, que debieran incorporarse tomando como partida el artículo 513 “Riegos de adherencia del PG-3.

La protección del riego de adherencia puede que no sea necesaria en todas las circunstancias, o puede ocurrir que por situaciones imprevistas, por ejemplo un retraso inesperado, se tenga que llevar a cabo la ejecución en época distinta a la inicialmente prevista, por ejemplo en verano en lugar de primavera, y que con los materiales previstos se observa que las ruedas de los camiones se llevan adherido parte del betún del riego, se forman pegotes que se desprenden de las ruedas y crean discontinuidades, nos llaman la atención de que estamos enmascarando las marcas viales de las zonas colindantes, etc. En ese momento, la Dirección de Obra, en base al PPTP que se propone, puede ordenar al Contratista que haga las gestiones oportunas para proteger el riego de adherencia con lechada de cal, sin tener que incurrir en ningún tipo de modificación por contar, además, con un precio definido para ello (ver Anexo 3).

### 531 Riegos de adherencia

#### 531.1 Definición

.../...

El Pliego de Prescripciones Técnicas, o en su defecto el Director de las Obras, podrá prescribir la extensión de una lechada de cal para la protección del riego de adherencia con la finalidad de mantener la integridad de éste bajo la acción de la circulación de vehículos y maquinaria de obra utilizados en la extensión de la capa superior, y/o para evitar la suciedad en las zonas aledañas a la obra como consecuencia del depósito de restos de betún en la superficie de la calzada. La eficacia de dicha protección no es permanente sino temporal

por lo no debe entenderse que las zonas en que se aplique pueden ser abiertas a la circulación general.

## 531.2 Materiales

### 531.2.2 Lechada de cal

Para la protección del riego de adherencia, en su caso, se utilizará una lechada de cal consistente en una suspensión de hidróxido cálcico en agua con una proporción en peso cal/agua inferior a un dieciseisavo ( $< 1/16$ ) y con la eventual adición de agentes estabilizantes en una proporción no superior al uno por ciento ( $\neq 1\%$ ) en masa de hidróxido cálcico. La estabilidad de la suspensión y la proporción de la dilución deberán ser las adecuadas para alcanzar las dotaciones superficiales previstas con la uniformidad especificada.

La cal empleada deberá ser del tipo CL 90-S. Además, el residuo sobre tamiz de treinta y dos micras (0,032 mm) en proporción ponderal de la lechada de cal que se va a emplear, será inferior o igual al uno por mil ( $\leq 1\%$ ) con el objeto de evitar la obturación de los difusores del equipo de extendido de la lechada de cal. El ensayo se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 1429 empleando un kilogramo (1 kg) de producto y tamizando en húmedo bajo un chorro de agua de un centímetro (1 cm) de diámetro y un caudal de cuatro litros por minuto (4 l/min).

En el caso de que la lechada de cal se elabore a partir de soluciones concentradas comercialmente disponibles su fabricante deberá indicar, además, la densidad aparente de la solución concentrada, así como su contenido en sólido y viscosidades máxima y mínima, que deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- Contenido en sólido, según norma UNE EN 459-2, mayor del cuarenta y cuatro por ciento ( $> 44\%$ ).
- Viscosidad a veinte grados centígrados (20° C) comprendida entre doscientos y cuatrocientos milipascales-segundo (200 a 400 mPa.s).

Estas soluciones concentradas deben ser productos fabricados expresamente para su empleo en la protección de riegos de adherencia.

## 531.3 DOTACIÓN DE LOS MATERIALES

Las dotaciones de emulsión bituminosa y, en su caso, de lechada de cal como sistema de protección del riego de adherencia indicados en este epígrafe podrán ser modificadas por el Director de las Obras a la vista de las pruebas realizadas en obra.

### 531.3.1 Dotación de emulsión bituminosa

[Texto del actual 531.3]

### 531.3.2 Dotación de lechada de cal

La dotación de lechada de cal a utilizar, en su caso, vendrá definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, indicada por el Director de las Obras. En condiciones normales la dotación de hidróxido cálcico debe estar comprendida entre doce y dieciocho gramos por metro cuadrado (12 a 18 g/m<sup>2</sup>). Se indicará, asimismo, si su empleo requiere aumentar la dotación mínima de emulsión bituminosa indicada en 531.3.1.

## 531.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

.../...

No se podrá utilizar en la aplicación de un riego de adherencia, o en su caso de una lechada de cal, ningún equipo que no haya sido previamente aprobado por el Director de las Obras.

### 531.4.2 Equipo para la aplicación de la lechada de cal

El equipo para la aplicación, en su caso, de la lechada de cal será autopropulsado, dispondrá de rampa de riego, irá montado sobre neumáticos y deberá ser capaz de aplicar uniformemente la dotación de cal especificada sin circular sobre la superficie del riego de adherencia antes de extender el tratamiento de protección.

Los depósitos del equipo deberán contar con dispositivos de agitación o permitir las recirculaciones necesarias para impedir sedimentaciones y segregaciones, y asegurar la homogeneidad de la suspensión de cal en agua.

Antes de iniciarse los trabajos se purgarán y pondrán a punto los dispersores de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las dotaciones establecidas de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo se realizará la limpieza de los difusores, y como mínimo dos (2) veces al día.

## 531.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 531.5.1 Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa el Director de las Obras podrá ordenar, en su caso, la realización de un tramo de prueba para comprobar el funcionamiento del equipo utilizado.

En el caso de preverse la protección del riego de adherencia con lechada de cal, se comprobará la idoneidad del producto utilizado, la efectividad de protección de la dotación utilizada sobre el riego de adherencia, que deberá haber sido extendido previamente y el cumplimiento de las condiciones de adherencia indicadas en el apartado 531.7. A la vista de los resultados obtenidos el Director de las Obras aprobará las dotaciones empleadas, de emulsión bituminosa y de lechada de cal, u ordenará su modificación y la realización de un nuevo tramo de prueba.

Se comprobará y se registrará el tiempo transcurrido desde la aplicación del riego de adherencia y su rotura, comprobación que deberá repetirse para condiciones de temperatura, soleamiento y velocidad del viento sensiblemente distintas, con el fin de mejorar el control de ejecución y la efectividad del sistema de protección.

### **531.5.2 Preparación de la superficie existente**

[Texto del actual 531.5.1]

### **531.5.3 Aplicación de la emulsión bituminosa**

[Texto del actual 531.5.2]

### **531.5.4 Protección del riego de adherencia**

La protección del riego de adherencia, en su caso, se ejecutará extendiendo una lechada de cal muy diluida con el fin de obtener una distribución de hidróxido cálcico uniforme y con la dotación superficial especificada.

Su extensión deberá efectuarse evitando duplicar la dotación de cal en las juntas transversales de trabajo. Donde sea preciso regar por franjas, la anchura de la superposición se establecerá teniendo en cuenta la disposición de los difusores de lechada para evitar duplicar la dotación de cal en las juntas longitudinales.

La aplicación de la lechada tendrá lugar tan pronto como sea posible pero siempre con posterioridad a la rotura de la emulsión bituminosa utilizada como riego de adherencia y, preferiblemente, cuando el agua superficial resultante de la rotura se haya evaporado por completo y de manera que las ruedas del equipo de aplicación no circulen sobre el riego de adherencia.

## **531.6 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

.../...

En el caso de prescribirse la aplicación de un tratamiento de protección mediante lechada de cal se comprobará que una vez que ésta se ha aplicado la superficie tratada ha quedado recubierta de forma homogénea y continua.

La efectividad del tratamiento de protección se comprobará verificando la ausencia de desprendimientos del riego de adherencia y de cualquier mancha, ennegrecimientos de marcas viales u otro tipo de contaminaciones causadas por la circulación de vehículos sobre el riego de adherencia protegido.

## **531.7 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN**

.../...

La aplicación de la lechada de cal, en su caso, se coordinará con la puesta en obra del riego de adherencia, de manera que se haya producido la rotura de

la emulsión bituminosa, pero sin que haya perdido su efectividad como elemento de unión.

Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de adherencia hasta que se haya producido la rotura de la emulsión en toda la superficie aplicada, o se haya procedido a su protección mediante la aplicación de la lechada de cal, según corresponda.

## 531.8 CONTROL DE CALIDAD

### 531.8.2 Control de calidad de los materiales

El control de calidad se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en el artículo 214 del PG-3 para la emulsión bituminosa.

En el caso del producto suministrado para la protección con lechada de cal, se comprobará con la documentación facilitada por el suministrador que cumple las especificaciones de este Pliego.

Si, a juicio del Director de la Obra, fuese necesario realizar algún ensayo de comprobación de las características del producto, se tomará una muestra y se comprobará que el residuo sobre tamiz de treinta y dos micras (0,032 mm) es menor o igual al uno por mil ( $\leq 1\%$ ) (UNE-EN 1429) en las condiciones de ensayo indicadas en 531.2.2. En el caso de soluciones concentradas, se comprobará también el contenido en sólido y su viscosidad, de acuerdo a lo indicado en 531.2.2.

### 531.8.3 Control de ejecución

.../...

En cada lote, se comprobará la dotación media de ligante residual, y en su caso de la dotación media de cal, disponiendo durante la aplicación del riego o, en su caso de la lechada, bandejas metálicas, de silicona o de otro material apropiado, en no menos de tres ( $\neq 3$ ) puntos de la superficie a tratar. En cada uno de estos elementos de recogida se determinará la dotación, mediante el secado en estufa y pesaje.

Se comprobará, en su caso, que una vez aplicada la protección con lechada de cal la superficie tratada ha quedado recubierta de forma homogénea y continua.

La efectividad del tratamiento de protección se comprobará verificando visualmente la ausencia de desprendimientos del riego de adherencia y de cualquier mancha, ennegrecimientos de marcas viales u otro tipo de contaminaciones causadas por la circulación de vehículos sobre el riego de adherencia protegido.

## 531.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

La dotación media del ligante residual en cada lote .../...

En el caso de la extensión de una lechada de cal como sistema de protección del riego de adherencia la dotación media de cal en cada lote no podrá diferir de la prevista en más de un veinte por ciento ( $\pm 20\%$ ). Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\geq 1$ ) individuo de la muestra ensayada presente resultados que excedan de los límites fijados.

El Director de las Obras podrá aceptar el lote, aun cuando la dotación media obtenida sea inferior a la especificada, siempre que la efectividad del tratamiento de protección pueda verificarse por la ausencia de cualquier tipo de contaminación por arrastres del ligante residual de la emulsión.

El valor medio obtenido en cada lote para la adherencia entre capas .../...

## 531.10 MEDICIÓN Y ABONO

.../...

La protección de riegos de adherencia mediante la extensión de una lechada de cal se medirá y abonará por metros cuadrados ( $m^2$ ) de superficie recubierta, quedando incluidos en este precio los solapes necesarios, así como todos los elementos necesarios para la colocación y puesta en obra del producto, incluidos su transporte a la obra, recepción y almacenamiento.

## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

Debe entenderse que las normas mencionadas en este artículo se refieren siempre a las versiones que se relacionan a continuación, salvo en el caso de normas UNE-EN que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, en el marco de aplicación del Reglamento Europeo de Productos de la Construcción UE 305/2011, en cuyo caso la cita se deberá relacionar con la última Comunicación de la Comisión que incluya dicha referencia.

NLT-382/08	Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante ensayo de corte.
UNE-EN 459-2:2011	Cales para construcción. Parte 2: Métodos de ensayo.
UNE-EN 1429: 2009	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado.



# ANEXO 3

## Cuadro de precios

### 1 PREÁMBULO

En este anexo se incluye una propuesta para el precio de la lechada de cal empleada como sistema de protección de riegos de adherencia, que no está disponible en estos momentos en la Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras (Orden Circular 37/2016, de 29 de enero), en el caso de que se considerase su incorporación en proyecto.

Para su elaboración se ha considerado un rendimiento de 850 m<sup>2</sup>/h, la utilización de un equipo de aplicación dotado de rampa y sistema de agitación, y el empleo de lechadas concentradas preparadas disponibles en el mercado.

### 2 CUADRO DE PRECIOS Nº1

Nº Precio	Código		Descripción de la unidad de obra	Precio
05.03.16	531.0010	m <sup>2</sup>	PROTECCIÓN DE RIEGO DE ADHERENCIA MEDIANTE LECHADA DE CAL CON DOTACIÓN MÍNIMA DE 250 g/m <sup>2</sup> i/ PREPARACIÓN DEL PRODUCTO Y EXTENDIDO, TOTALMENTE TERMINADO	0,30

TREINTA CÉNTIMOS DE EURO

### 3 CUADRO DE PRECIOS Nº2

Nº Precio	Código		Descripción de la unidad de obra	Importe
05.03.16	531.0010	m <sup>2</sup>	PROTECCIÓN DE RIEGO DE ADHERENCIA MEDIANTE LECHADA DE CAL CON DOTACIÓN MÍNIMA DE 250 g/m <sup>2</sup> i/ PREPARACIÓN DEL PRODUCTO Y EXTENDIDO, TOTALMENTE TERMINADO	
			Mano de obra	0,0499
			Maquinaria	0,1056
			Material	0,1275
			Costes directos	0,2830
			Costes indirectos (6%)	0,0170
			Precio Ejecución Material	0,3000

TREINTA CÉNTIMOS DE EURO

