

# **EFEITO DE UM FILLER ANTICONGELANTE NA ADESIVIDADE “SLURRY-SEAL”-GELO, MEDIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE CORTE DIRECTO**

JESUS RINCÓN JIMÉNEZ-MOMEDIANO

*ELSAMEX INTERNACIONAL*

EDUARDO MIRA FERNANDES

*ELSAMEX PORTUGAL, S.A.*

## **RESUMO**

Este trabalho tem por objectivo principal apresentar aditivo sob a forma de pó mineral a incorporar na mistura betuminosa, que reduz a possibilidade de formação de gelo na superfície de uma camada de desgaste em “Slurry-Seal”.

Decorrente de um trabalho conjunto “CIESM/CEDEX”, desenvolveu-se um novo ensaio de corte directo, utilizando provetes cilíndricos (constituídos por uma base betuminosa sobre a qual existe uma camada de “Slurry-Seal”, com a possibilidade de se aderir blocos de gelo) que permitem medir, ao nível da interface “gelo/slurry”, a tensão de corte.

Face aos ensaios efectuados verifica-se claramente a eficácia do aditivo na redução da adesividade “slurry-gelo”, com a consequente capacidade de prevenir a consolidação de gelo sobre a superfície da camada de desgaste.

## **1. ANTECEDENTES**

La adherencia de los neumáticos de los vehículos al pavimento, cuando éste se recubre de una capa de hielo por efecto del agua y las bajas temperaturas, se ve seriamente disminuida y por tanto la accidentabilidad por este motivo crece exponencialmente.

Si la fuerza de unión del hielo al pavimento es, como suele ocurrir, superior a la cohesión interna del propio hielo, difícilmente se podrá separar éste del firme y por tanto no podrá ser fácilmente fragmentado y eliminado de la superficie por el propio efecto del tráfico. El empleo de fundentes con carácter preventivo y sistemático, es la única forma de minimizar el problema lo cual no se realiza en todas las zonas de climatología fría salvo en aquellas en que la presencia de nieve es habitual.

La utilización de aditivos como un componente mas de las mezclas empleadas en capa de rodadura y que proporcionan a ésta un cierto carácter hidrófugo, favorecen claramente que la adherencia pavimento/hielo se vea muy disminuida. El efecto así conseguido permanece durante todo el ciclo de vida de la mezcla aditivada, ya que su desgaste origina la aparición de nuevas partículas de fundente distribuidas en todo su espesor como si de un filler se tratara.

Un aditivo experimentado en nuestro País y cuya eficacia en mezclas bituminoso fue avalado hace varios años por ensayos realizados en el Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX es el Grikol. Se trata de un compuesto mejorado, constituido por un 90 % de cloruros y un 10 % de un derivado de la silicona que aporta al efecto fundente de los cloruros un efecto anticorrosivo y de protección de los fundentes a los efectos de disolución por el agua. Se presenta en forma de un polvo con porcentajes superiores al 80 % que pasa por el tamiz 0,080 mm., y que se añade en proporciones de alrededor del 3 % en peso sobre la mezcla, lo que supone de 1.000 a 1.500 partículas por cm<sup>2</sup>.

Todas las ventajas técnicas que aporta el aditivo se consiguen con el sobre coste que su empleo supone, ya que como se distribuye en la totalidad de la mezcla, las cantidades a emplear son altas, quedando una gran parte del mismo sin llegar nunca a aportar sus efectos. Por ello se recomienda su empleo en capas de rodadura cuanto mas finas mejor para conseguir que la mayor parte del aditivo empleado sea eficaz.

## **2. INTRODUCCION.**

Las lechadas bituminosas y en especial los microaglomerados en frío, son capas de rodadura especialmente diseñadas para disminuir los riesgos de deslizamiento y cuya eficacia está claramente certificada. Además su bajo espesor las hacen en muchos casos ideales para optimizar el empleo de aditivos como acabamos de mencionar.

Sin embargo su textura superficial facilita el anclaje del hielo a la superficie del tratamiento.

En el presente trabajo, realizado en estrecha colaboración con el Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX, describimos los efectos del GRIKOL como aditivo antiadhrente del hielo a las lechadas bituminosas mediante la realización de un ensayo de corte directo puesto a punto para este fin.

## **3. METODO DE ENSAYO.**

La metodología aplicada en el presente estudio comprende las siguientes actividades:

- Dosificación de lechadas.
- Fabricación de las probetas.
- Ensayo de corte directo.
- Tratamiento de erosión de la superficie de la lechada mediante cepillado.
- Tratamiento de inmersión en agua y secado de las probetas asfálticas.

### **3.1. Dosificación de lechadas.**

Las lechadas se han dosificado siguiendo el método habitual :

Se efectúan pruebas de envuelta previas, realizadas según la norma NLT-316 por el procedimiento manual, partiendo de dosificaciones de áridos que incorporan también cemento y, en su caso, el aditivo anticongelante. Los contenidos de emulsión se mantienen fijos (13 y 15 %) y se van variando los porcentajes de aditivo regulador de rotura y agua, hasta obtener mezclas con tiempos de rotura y fluidez adecuadas.

Con dichas dosificaciones se ha realizado posteriormente el ensayo de abrasión por vía húmeda NLT-320 empleando tres probetas por dosificación. Tras comprobar que los resultados de abrasión son suficientemente adecuados, se pasa a la fabricación de las probetas para el ensayo de corte directo.

Aunque con el 13 % de emulsión se cumplen las especificaciones en cuanto a pérdidas a la abrasión de la lechada, hemos ensayado una segunda serie con un 15 % para comprobar si un contenido en ligante superior al óptimo tiene algún efecto suplementario en el comportamiento del aditivo.

### **3.2. Fabricación de las probetas.**

El ensayo de corte directo se efectúa sobre probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro, concebidas específicamente para el presente trabajo. Se han empleado cuatro probetas para cada una de las dosificaciones de lechada obtenidas.

Cada probeta está formada por dos partes :

La primera se obtiene a partir de una probeta de unos 10 cm de altura, fabricada con mezcla bituminosa en caliente mediante compactador giratorio. El tipo de mezcla a emplear es irrelevante, ya que la probeta servirá tan sólo como base para la capa de lechada.

Una vez fría, se eleva esta probeta dentro de su molde de fabricación hasta quedar a 8 mm del borde superior y se dispone sobre ella una amasada de lechada bituminosa, que se enrasa con

dicho borde para obtener una capa del espesor indicado. Finalmente, tras extraer la probeta del molde, se procede al curado de la lechada en estufa a 50 °C.

La otra parte se obtiene mediante una carcasa (fragmento de tubería de PVC rígido), de 15 cm de diámetro exterior, que sirve de molde para obtener un bloque cilíndrico de hielo. Una vez confeccionada y curada la capa de lechada, la probeta asfáltica y la carcasa se unen entre sí con silicona, aplicando ésta en el borde de la probeta asfáltica por el lado donde está la lechada.

Posteriormente se rellena con agua la carcasa de PVC y todo el conjunto se introduce en un congelador para obtener el bloque de hielo, confinado en la carcasa y directamente unido a la capa de lechada. La temperatura empleada está comprendida entre -13 °C y -15 °C. La probeta se ensaya transcurridas 48-72 horas desde el llenado de la carcasa.

### **3.3. Ensayo de corte directo.**

El ensayo de corte directo se realiza exactamente sobre el plano formado por la interfaz hielo - lechada, empleando para ello una mordaza circular de 15 cm de diámetro y una prensa con control de la velocidad de desplazamiento. Se aplica una velocidad de rotura de 0,021 mm/s. La tensión de corte, obtenida dividiendo la carga máxima aplicada por la sección de corte, se emplea como medida de la adhesividad entre el hielo y la lechada.

Al ensayarse determinadas probetas, el hielo arranca pequeñas partículas de la capa de lechada, por lo que el ensayo también contribuye a modificar su textura superficial. Asimismo, las probetas presentan humedad tras ser ensayadas, y en muchos casos fragmentos de hielo adheridos, de tamaño variable. Antes de proceder con el siguiente ensayo o tratamiento (excepto el de inmersión en agua), se dejan secar al aire durante 24 horas. Esto supone también un ciclo de humedad - sequedad en las probetas.

Este proceso descrito de creación del bloque de hielo sobre la probeta asfáltica, y posterior ensayo de corte directo, se realiza dos veces seguidas sobre las muestras, sin ninguna operación intermedia sobre las probetas asfálticas entre ambos ensayos. Una vez realizado el segundo ensayo, se procede al cepillado superficial de la lechada que se describe seguidamente.

### **3.4. Tratamiento de erosión de la superficie de la lechada mediante cepillado.**

Para intentar simular el efecto de desgaste superficial de la capa de lechada, ocasionado por la acción del tráfico, se han aplicado cepillos giratorios de púas metálicas, acoplados a un taladro eléctrico, sobre la superficie de las probetas. Como resultado, se ha eliminado una

cierta cantidad de mástico de la superficie, así como algunas partículas de áridos de tamaño más grueso, pasándose de una macrotextura inicial predominantemente lisa a una rugosa. Asimismo, la microtextura áspera que inicialmente existía desaparece.

No obstante, dado el elevado porcentaje de emulsión empleado en las mezclas, la superficie de la lechada no presenta prácticamente ninguna zona o partícula desprovista de ligante tras el tratamiento. Incluso se aprecia a simple vista que la superficie ha perdido su aspecto mate en muchas zonas, debido a la microtextura áspera, adquiriendo un acabado algo más brillante y completamente homogéneo.

Con el tratamiento se asegura la variación buscada de las características superficiales de la lechada, tanto en su textura, como para provocar la aparición de nuevas cantidades de aditivo anticongelante en las mezclas donde está presente.

Una vez realizado este tratamiento, se somete nuevamente a las probetas al ensayo de corte directo.

### **3.5. Tratamiento de inmersión en agua y secado de las probetas asfálticas.**

Se sumergen las probetas en un recipiente con agua a temperatura ambiente durante 48 horas, transcurridas las cuales, se dejan secar al aire completamente durante 48-72 horas más. Se intenta simular así una acción intensa de lavado por lluvia o contacto prolongado con la humedad.

Esto ocasiona la disolución de la porción salina del aditivo anticongelante presente en la superficie y en los poros de la capa de lechada a los que ha accedido el agua. Se genera también la extracción y disolución de nuevas cantidades de sales procedentes del mástico que, por capilaridad, pueden ser transportadas hacia el exterior de la mezcla. La posterior eliminación del agua por drenaje y evaporación hace que una parte de estas sales se elimine, y otra se deposite en la superficie de la probeta ya seca.

## **4. DESCRIPCION DE LAS LECHADAS ENSAYADAS.**

En total se han fabricado, en distintas fechas, cuatro series de seis probetas cada una. En dos de las series, el porcentaje de emulsión empleado para las lechadas es del 13 % sobre áridos. En las otras dos se ha utilizado un 15 % sobre áridos.

De las seis lechadas de cada serie, dos no incorporan aditivo anticongelante, dos contienen un 3 % y dos un 5 % de dicho aditivo en masa sobre áridos secos. El aditivo se ha incorporado en

sustitución de cantidades equivalentes del polvo mineral presente de inicio en el árido, una arena silicocalcárea, de tamaño 0/8 mm.

La emulsión bituminosa ECL-2 empleada es una muestra obtenida directamente de la planta de fabricación. Por tanto, no posee características que la diferencien de las emulsiones utilizadas en obra.

En todas las dosificaciones de lechada con y sin aditivo anticongelante se ha añadido un 1 % adicional de cemento en masa sobre los áridos.

La presencia del aditivo anticongelante al elaborar las mezclas hace que éstas se vuelvan más fluidas, sin variar los porcentajes de agua o aditivo regulador, facilitándose el proceso de envuelta de los áridos. Sin embargo provoca una rotura más franca de la lechada, casi instantánea, en cuanto se cesa la agitación, frente a la rotura más gradual y controlada de las mezclas sin aditivo. Esto obliga a aumentar ligeramente el porcentaje de aditivo regulador en la dosificación para prolongar el tiempo de rotura. De esta forma se puede lograr un buen acabado superficial de la capa de lechada en las probetas.

También se observa, sobre todo en las lechadas que incorporan el 5 % de aditivo, algún empeoramiento en la adherencia del ligante a los áridos más gruesos que, en principio, puede solucionarse mediante el uso de un activante de la adhesividad o seleccionando una emulsión fabricada con betún de adhesividad mejorada. Por lo demás, el empleo del aditivo anticongelante no supone mayor problema para la fabricación de las lechadas.

Tras el curado de las mezclas en estufa a 50 °C, hay una apreciable cantidad de sales depositadas en forma de cristales más o menos grandes sobre la superficie de las lechadas que contienen aditivo anticongelante.

## **5. TIPO DE ENSAYOS REALIZADOS.**

Se comentan a continuación la serie de cuatro ensayos de corte y tratamientos a efectuar sobre las probetas.

El primer ensayo de corte proporciona los valores iniciales de adherencia hielo-lechada de las distintas dosificaciones sin haber sido sometido el pavimento a tratamiento alguno, y con los cristales salinos aún recubriendo su superficie.

Seguidamente, y sin efectuar ningún tratamiento intermedio, se realiza un segundo ensayo, en el que, tras el anterior, las lechadas ya han podido sufrir en algún caso pequeñas pérdidas de

material debido al arrancamiento del hielo, pero las sales ya no están presentes en la superficie de la lechada.

Después se lleva a cabo el desgaste superficial de la lechada por abrasión, mediante el cepillo de púas metálicas, y un tercer ensayo de corte.

Finalmente se procede a sumergir en agua las probetas durante 48 horas, y a su posterior secado al aire, seguido del cuarto y último ensayo de corte.

Una vez que las probetas han sido sometidas al desgaste con el cepillo, y siempre que han estado expuestas a la humedad, se observa tras su secado la aparición de sales en la superficie de las lechadas que contienen aditivo anticongelante, aunque en mucha menor cantidad que tras el curado de las mezclas.

## 6. RESULTADOS OBTENIDOS.

Se ofrecen los resultados globales, con los valores promedio obtenidos para cada porcentaje de emulsión. En las figuras se han representado estos mismos resultados, por series globales, en forma de diagramas de barras.

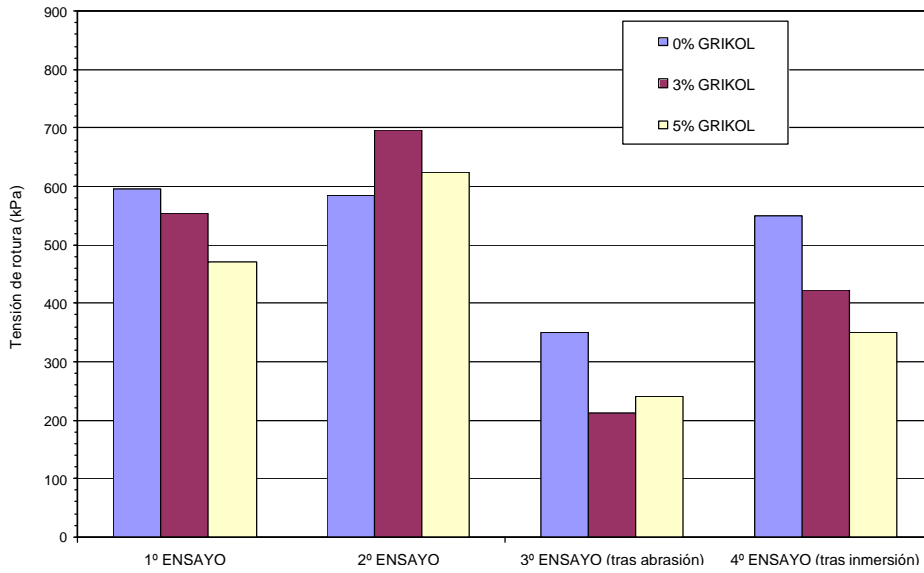
- 13 % EMULSION – SERIE 1 + SERIE 2

| % de Aditivo | 1° ENSAYO               | 2° ENSAYO               | 3° ENSAYO<br>(tras abrasión) | 4° ENSAYO<br>(tras inmersión) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|              | Tensión rotura<br>(kPa) | Tensión rotura<br>(kPa) | Tensión rotura<br>(kPa)      | Tensión rotura<br>(kPa)       |
| 0 %          | 596                     | 586                     | 351                          | 550                           |
| 3 %          | 555                     | 697                     | 212                          | 424                           |
| 5 %          | 471                     | 625                     | 241                          | 351                           |

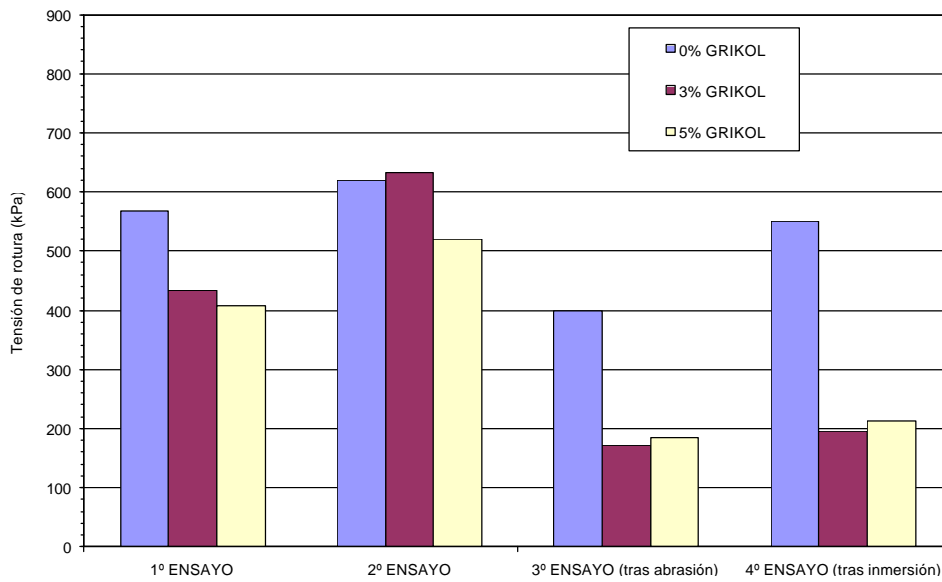
- 15 % EMULSION – SERIE 1 + SERIE 2

| % de Aditivo | 1° ENSAYO               | 2° ENSAYO               | 3° ENSAYO<br>(tras abrasión) | 4° ENSAYO<br>(tras inmersión) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|              | Tensión rotura<br>(kPa) | Tensión rotura<br>(kPa) | Tensión rotura<br>(kPa)      | Tensión rotura<br>(kPa)       |
| 0 %          | 567                     | 621                     | 398                          | 550                           |
| 3 %          | 435                     | 634                     | 172                          | 195                           |
| 5 %          | 408                     | 521                     | 183                          | 213                           |

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**13 % emulsión**  
**SERIE 1 + SERIE 2**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**15 % emulsión**  
**SERIE 1 + SERIE 2**

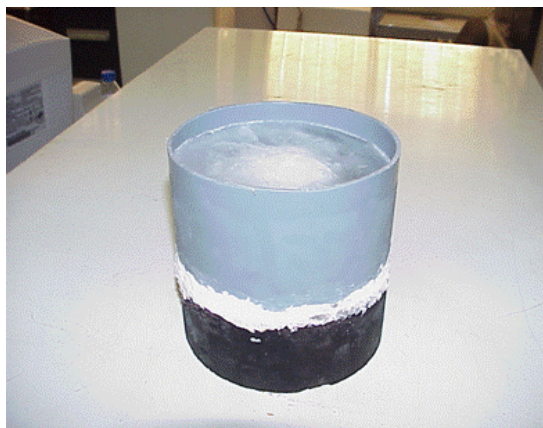


**7. CONCLUSIONES.**

A la vista de los resultados obtenidos extraemos las siguiente conclusiones :



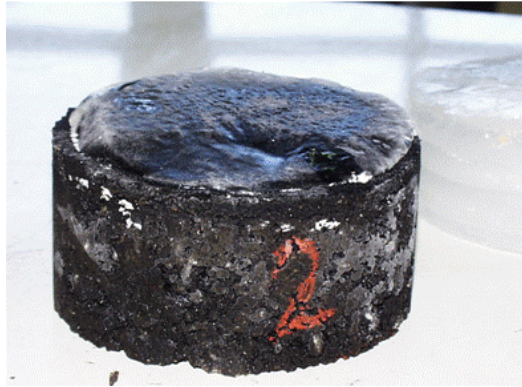
1. No existen diferencias apreciables entre el empleo de un 13 a un 15 % de emulsión salvo quizá, por la textura algo mas lisa en la que tiene mas ligante (15 %), una menor tensión de rotura.
2. En el primer ensayo de corte, sin someter el pavimento a ningún tratamiento se demuestra la eficacia del aditivo, disminuyendo la adhesión un 25 %.
3. En el segundo ensayo sobre la misma superficie, la no presencia de sales demuestra que en efecto no hay diferencia entre haber empleado o no aditivo.
4. Tras el ensayo de abrasión (simulación de tráfico) queda patente que nuevas partículas del producto parecen ya que disminuye drásticamente la tensión de corte en las probetas con aditivo.
5. Después del ensayo de inmersión (simulación de lluvia) sigue manteniéndose el efecto del aditivo reduciéndose en el caso del 15 % de emulsión mas de un 50 % la tensión de corte.
6. Casi todas las probetas que estaban tratadas con aditivo rompen en la interfaz lechada/hielo, mientras que la mayoría de las de contenido 0 % rompen en la interfaz hielo/hielo, poniéndose de manifiesto la mayor cohesión del hielo a la lechada.
7. No parecen existir diferencias significativas sobre emplear un 3 % o un 5 %. La economía aconseja por tanto el 3 %.



**FOTO 1: Probeta antes de ensayar. Aglomerado + slurry + placa de hielo**



**FOTO 2: Máquina de ensayo de corte.**



**FOTO 3: Probeta sin Grikol, rotura en la interfaz hielo-hielo**



**FOTO 4: Probeta con Grikol. Rotura en la interfaz hielo/asfalto**