

# **TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON EMULSION BITUMINOSA. SOLUCIONES DE BAJO COSTE PARA LA REHABILITACION SUPERFICIAL DE LOS FIRMES DE CARRETERAS**

## **AUTORES:**

María del Mar Colás Victoria (Directora del Comité Técnico)  
Francisco José Lucas Ochoa (Director de Comunicación y Relaciones Institucionales)  
Daniel Andaluz García (Director Gerente)  
ATEB

## **1.-RESUMEN**

La sostenibilidad es el equilibrio entre varios elementos en un mismo entorno. En este artículo, se expondrán dos técnicas en frío: los tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas (TRG) y los microaglomerados en frío (MIC), desde el punto de vista de su capacidad técnica para solucionar y reparar ciertos deterioros del firme, así como de su empleo en obras de nueva construcción. La aplicación de estas técnicas de pavimentación, que emplean como ligante común la emulsión bituminosa, logra el fin de la sostenibilidad. Son técnicas amigables con el medioambiente que permiten la optimización de recursos económicos en la conservación de carreteras.

Considerando que una parte muy importante de nuestra red de carreteras, está constituida por las llamadas Vías de Baja Intensidad de Tráfico, para las cuales se necesitan recursos para su mantenimiento y conservación que no siempre son suficientes, se requieren técnicas ingenieriles que optimicen la relación coste/prestaciones. Entre ellas, cabe destacar a los TRG y MIC, que pueden dar respuesta a una serie de problemas tipo de estas vías así como contribuir a una mejora de la seguridad vial en las mismas.

Aunque la misión de los riegos con gravilla no es aumentar la capacidad estructural del firme sino formar una membrana flexible que impermeabilice el soporte, estos tratamientos superficiales dotan a la rodadura de una textura que asegura una buena resistencia al deslizamiento y evitan la

entrada de agua a las capas inferiores, garantizando una mayor durabilidad del pavimento.

Por su parte, los microaglomerados en frío constituyen una técnica de uso extendido para todo tipo de rodaduras y sollicitación de tráfico y aportan una rugosidad tal que garantiza la seguridad del usuario a un coste relativamente bajo.

Las prestaciones de ambos tratamientos superficiales se han mejorado en los últimos años gracias a la continua investigación y avances producidos en el campo de la emulsión bituminosa, ya sea referente al desarrollo de nuevas químicas de los tensoactivos/aditivos como a la mejora de las instalaciones industriales. Todo ello ha permitido optimizar las características de estos productos, pudiéndose en la actualidad, formular emulsiones bituminosas "a la carta", en función de la aplicación y de los materiales granulares a emplear.

Esta ponencia, sólo pretende un acercamiento a las técnicas mencionadas para su toma en consideración como soluciones de bajo coste en la rehabilitación superficial de los firmes de carretera. Cada una de ellas sería merecedora de una consideración individual debido a que, tras de sí, tienen acumuladas numerosas experiencias, como resultado del desarrollo llevado a cabo por importantes y reconocidos técnicos de nuestro país durante más de medio siglo. España está reconocida internacionalmente, como uno de los países desarrollados con un mayor conocimiento y aplicación de las llamadas "técnicas bituminosas en frío".

Destacar en este sentido, el importante esfuerzo que desde la fundación de ATEB (Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas), se viene realizando para el impulso, desarrollo y mantenimiento de las técnicas con emulsión bituminosa. La activa participación en los grupos de trabajo, de los diversos técnicos de las compañías e instituciones asociadas a ATEB, aúnan esfuerzos para el continuo desarrollo de este ligante, sus actuales y futuras aplicaciones.

## 2.- INTRODUCCIÓN

La conservación de una vía, se entiende como el conjunto de operaciones que se desarrollan a lo largo de la puesta en funcionamiento, una vez realizada su apertura al tráfico. Los objetivos que se pretenden mediante esta operación es prolongar la vida de servicio, garantizando las características funcionales y estructurales de la misma, reducir los costes totales de transporte de viajeros y mercancías, dotando a la red de un nivel de servicio homogéneo, de modo que el tráfico circule por ella con seguridad, confort y eficacia. La falta de una conservación adecuada se traduce necesariamente en un incremento de los costes de explotación, e igualmente, en una disminución de la seguridad de los usuarios. Por tanto, los gastos que una determinada Administración tiene que asumir para desarrollar unas determinadas actuaciones de conservación, se compensarán con los ahorros derivados de costes de explotación, costes de tiempo empleados en viajes, y en costes de accidentes producidos.

El estado de una vía, se empieza a degradar desde su construcción. Tráfico, agentes climáticos y la propia construcción de la infraestructura, producen desde el primer momento deterioros, los cuales básicamente pueden ser de carácter superficial, incidiendo básicamente en la interacción neumático-pavimento, o de carácter estructural, no ofreciendo las prestaciones deseadas ante la aplicación de las solicitudes del tráfico.

En función de la gravedad del deterioro en lo relativo a la explotación de la vía, será necesario considerar diversas actuaciones extraordinarias, que no se realizan de manera rutinaria, y cuyo objetivo final, es el de recuperar de manera importante el estado que ha ido perdiéndose a lo largo del tiempo. Recordar, que una conservación ordinaria correcta y adecuada, retrasa la necesidad de abordar actuaciones extraordinarios de rehabilitación.

La elección de la actuación extraordinaria más adecuada, obedecerá a diversos criterios, en los que merece mencionar, tráfico, disponibilidad de materiales, tipología de la sección estructural existente, y lo que parece

más importante para la red de vías de baja intensidad de tráfico, debido a su extensa longitud respecto a la red total, la asignación presupuestaria. Todo ello, debe responder a una estrategia previamente planificada, para asegurar el éxito de la inversión realizada.

Dentro de las actuaciones extraordinarias de rehabilitación, se encuentran las técnicas que se mencionarán a lo largo de la ponencia: lechadas bituminosas y tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas. Las mismas, junto a otras existentes, constituyen las denominadas técnicas bituminosas en frío, debido a que las tres tienen como elemento común el empleo dentro de su composición de la emulsión bituminosa.

El empleo de la emulsión bituminosa en mezclas en frío (al margen de la principal aplicación de las emulsiones en riegos auxiliares, como unidad de obra, que es la de garantizar la correcta adherencia entre capas bituminosas y/o capa bituminosa-capa granular) busca en origen una mejora en la manejabilidad de la mezcla, su posible almacenabilidad y una reducción de las temperaturas de trabajo, cualidades que a priori parece que no tienen las mezclas bituminosas en caliente, aunque desarrollos actuales tratan de minimizar dichos inconvenientes.

Otra de las cualidades fundamentales de este tipo de mezclas, es su flexibilidad, y adaptación a firmes de limitada resistencia. Es a partir de finales de los 70, cuando se empieza a poner un cuidado especial en el diseño, proyecto, ejecución y conservación de este tipo de vías, quizá por la preocupación ante el abandono presupuestario de este tipo de vías en favor de carreteras con mayores tráfico. Así pues, parece que, anteriormente, el patrimonio viario existente de baja intensidad de tráfico (que en su momento pudieron tener una mayor funcionalidad), podría calificarse de heterogéneo, en el sentido más amplio de la palabra, sin por ello restar méritos merecidos a aquellos ingenieros, técnicos y operarios que abordaron en su momento la construcción de las mismas, con medios evidentemente, mucho más rudimentarios que los actuales.

### 3.-TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA (TSRG)

Esta técnica de pavimentación en frío consistente en la aplicación de una o varias extensiones de ligante bituminoso sobre la superficie, complementada con una o varias extensiones de árido. Esta sucesión de extensiones de ligante bituminoso y árido, deben de ser simultáneas o lo más inmediato, ya que de ello depende la buena adherencia final entre los materiales constituyentes.

El cometido de los TSRG, no es la de aumentar la capacidad estructural de un firme de una forma directa, ya que en los espesores en que se aplican no aportan dicha prestación, sino la de formar una membrana flexible que impermeabilice en soporte, dotando a la superficie de rodadura de una textura que asegure una buena resistencia al deslizamiento, colaborando en mantener la existente, y evitando la entrada de agua a las capas inferiores. Por ello, indirectamente si intervienen en la capacidad estructural del firme, ya que lo mantiene y lo impermeabiliza, consiguiendo que las mezclas bituminosas existentes en el firme, que si tienen esa misión, estén protegidas.



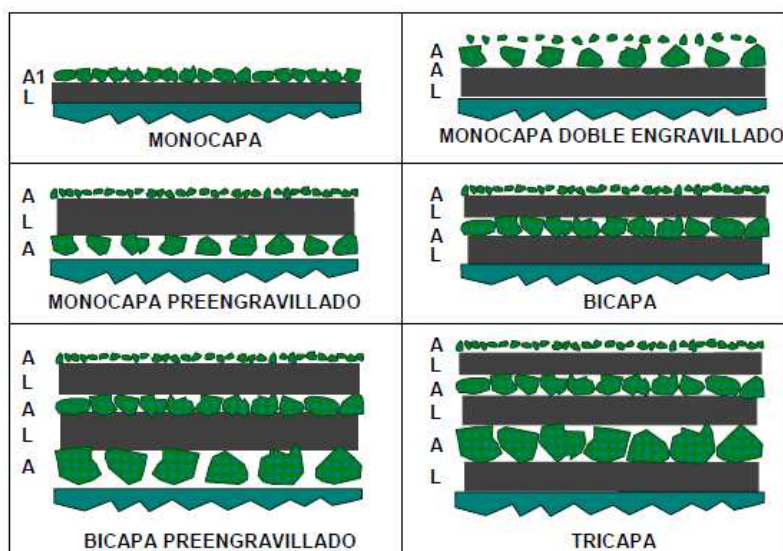
A continuación se cita la aportación de los TSRG a la carretera:

- **SEGURIDAD**, dado su alto nivel de macrotextura, regulado en función de los áridos a emplear, incide claramente en la correcta adherencia neumático/pavimento.
- **PROTECCIÓN DEL FIRME TRATADO**, garantiza la impermeabilidad, optimizando el buen comportamiento de las capas inferiores, aislándolas de la entrada de agua.
- **FLEXIBILIDAD DE EMPLEO**, adaptándose a las necesidades y deterioros del firme, pudiéndose aplicar en vías con tráfico ligero y medios.
- **RAPIDEZ DE EJECUCIÓN**, alcanzándose grandes rendimientos, si se dispone de los medios adecuados.
- **ECONOMÍA**, posiblemente, conjunto con los Microaglomerados en frío, sea la técnica de pavimentación que mejor optimiza los costes de materiales y aplicación, en función de las características finalmente obtenidas.

Uno de los principales tipos de TSRG son los **monocapa o simples tratamientos** superficiales, formado por una aplicación de ligante bituminoso y otra de árido. Este tipo de tratamiento superficial, se debe aplicar sobre soportes con buena planimetría, evitando su aplicación en soportes heterogéneos.

Dentro de la tipología de **monocapa** se puede emplear el **doblo engravillado**, formado por dos extensiones de árido, entre las que se intercala una aplicación de ligante bituminoso, recomendado para aumentar la macrotextura. Otro tipo de **monocapa** es el **preengravillado**, formado por una primera extensión de árido, una de ligante bituminoso y otra de árido. Recomendable para corregir las exudaciones de ligante del soporte o para soportes heterogéneos.

El TSRG tipo **bicapa o dobles tratamientos superficiales**, es el formado por dos aplicaciones sucesivas de ligante bituminoso y árido. Este tipo de tratamiento, es el que mejor se adapta a la gran mayoría de posibilidades, siendo poco crítico en su ejecución. Pudiéndose emplear el **bicapa preengravillado**, para corregir soportes con exudaciones o heterogéneos.



(Tipos de tratamientos superficiales con gravilla TSRG)

Para finalizar la tipología de TSRG, existen los tipos **tricapa o triples tratamientos**, constituidos por la aplicación sucesiva de tres extensiones de ligante y de árido.

Los materiales constituyentes de los TRSG, se pueden dividir en:

- **Árido:** Es uno de los parámetros, que más influyen para el buen comportamiento del tratamiento. Al árido se le solicita una cierta uniformidad, dureza, resistencia al pulimento, limpieza y forma adecuada, tanto en lo referente a coeficiente de forma como proporción limitada de lascas.

La correcta selección de los áridos, para su distribución en el mosaico que conforman en el TSRG será fundamental para su incidencia en aspectos tan importantes como la rugosidad (seguridad), drenabilidad (durabilidad y seguridad) y ruido.



**- Ligante bituminoso:**

Lo más habitual es el empleo de emulsiones bituminosas de rotura rápida con alto contenido de ligante residual, esta emulsión es del tipo C65B3 o 4 TRG y C69B3 TRG. De la misma manera se pueden emplear sus versiones modificadas, si las condiciones climáticas y de intensidad de tráfico así lo solicitan.



(Detalle de la elasticidad del ligante bituminoso modificado)

Además del análisis de los materiales constituyentes, se debe estudiar la correcta compactibilidad e interacción árido/ligante, para un adecuado trabajo conjunto. Para ello el ligante debe poseer la característica de “mojar” la superficie del árido, incluido con presencia de agua, para poder garantizar la adhesividad tanto activa como pasiva.

Actualmente se pueden fabricar emulsiones bituminosas “a la carta”, en función del tipo de árido y tratamiento a emplear, ya que la química de los emulgentes, aditivos y avances en la industria, han evolucionado tecnológicamente en estos años.

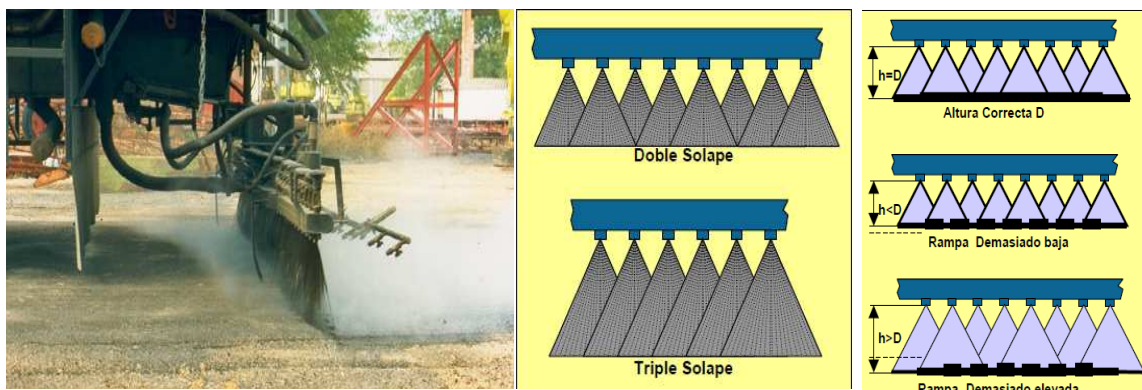
Existen diferentes métodos de dosificación, el C.R.R – Centre de Recherches Routiers (Bélgica) y el Método de Linckenhyl o llamado “regla del décimo”, este último tradicionalmente empleado en España. Dicho método tiene su base en considerar como parámetro de estudio, el tamaño medio del árido empleado en mm.  $(D+d)/2$ , el cual servirá para determinar la dotación



volumétrica del árido a emplear, así como la dotación ponderal del ligante a utilizar por unidad de superficie.

Uno de los factores que más influyen en el éxito de la aplicación del TSRG, es una correcta ejecución, para ello hay que considerar la adecuada maquinaria a emplear y seguir un buen plan de buenas prácticas. En varias publicaciones citan que el activo más importante, para el éxito de la ejecución del TSRG es el personal cualificado en obra.

**La cisterna de riego** debe estar dotada con los suficientes elementos que garanticen un control sobre temperatura del ligante, indicadores de nivel y dosificadores que aseguren la dotación obtenida en la fórmula de trabajo. El ligante se extiende por medio de rampas pulverizadoras que están constituidas por un cuerpo principal replegable o por varios elementos telescópicos, siendo estas la que mejor se adaptan a los anchos variables del paño. Además las cisternas de riego poseen bombas volumétricas, que garantizan una dosificación continua del ligante. La separación entre difusores, así como su altura respecto la zona de aplicación, son parámetros fundamentales que deben ser calibrados frecuentemente.



**Las repartidoras de gravilla**, la extensión del árido deberá seguir inmediatamente a la del ligante, definiendo así el rendimiento de la obra, por norma general. La distancia entre las dos operaciones no deberá sobrepasar el minuto, lo que corresponde, teniendo en cuenta las velocidades de los riegos, a una distancia comprendida entre 50 y 100 m. Cuando el riego del ligante tiene lugar con temperaturas límites o cuando los ligantes poseen viscosidades elevadas, es conveniente reducir la

separación entre ambas máquinas. No es aconsejable que la separación supere los 20-30 metros.

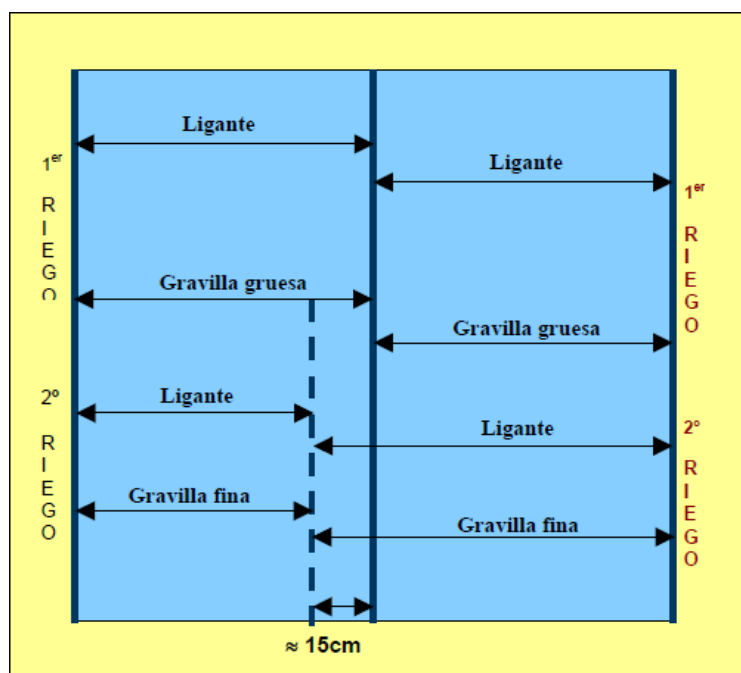
La repartidora de gravilla más sencilla consiste en el acoplamiento, de un distribuidor de áridos, sobre la caja basculante de un camión. El volumen de áridos se regula por la abertura de la trampilla y por la velocidad del camión.



Existen otras empujadas por camión, con elementos de rodadura propios, que son las que se emplean más frecuentemente. Consisten en una tolva sobre la que caen los áridos transportados por el camión, un elemento de distribución que puede ser tornillo helicoidal o sinfín, y una abertura a respetar según la dosificación deseada.

Por último, están las repartidoras autopropulsadas que acopian los áridos sobre tolva en su parte posterior, directamente de los camiones transportadores y, por medio de una cinta transportadora, se trasladan automáticamente a la tolva delantera, donde caen sobre la superficie de la calzada desde una altura de unos 15 cm. Esta es la distancia óptima para que al caer no salten y obtener en las paradas, juntas transversales netas.

Existen máquinas mixtas, es decir, que disponen de almacenamiento de árido y ligantes realizando el extendido de ambos simultáneamente. Idealmente diseñadas trabajar en superficies grandes, siempre con la limitación de su capacidad de almacenamiento, pudiendo actuar también en reparaciones puntuales.



Como norma general, el **equipo de compactación** más adecuado, es el compactador de neumáticos. Sin embargo, cuando los áridos sean suficientemente duros y la geometría del soporte sea buena, puede emplearse, como complemento al de neumáticos, un rodillo tándem metálico de peso medio. Este rodillo será también muy conveniente cuando ejecutemos TSRG tipo bicapa preengravillados, sobre materiales granulares para anclar la primera extensión de gravilla al soporte.



Finalizada la ejecución, se debe tomar la decisión sobre el momento de apertura al tráfico. A diferencia de otras técnicas de pavimentación, en el TSRG no existe ningún ensayo o procedimiento que indique que el ligante bituminoso ha alcanzado la cohesión necesaria para resistir el tráfico sin problemas de desprendimiento de la gravilla. El efecto que provoca el paso de vehículos, a una baja velocidad, sobre el riego es similar al de los

compactadores de neumáticos, por ello cuanto más tiempo podamos seguir apisonando por este medio el TSRG, más segura será la apertura al tráfico.

La apertura al tráfico se realizará procurando que los vehículos circulen a baja velocidad, con una correcta señalización y evitando que tengan que realizar maniobras bruscas, paradas o giros, sobre el TSRG recién ejecutado, consiguiendo así un efecto beneficioso para el tratamiento. Lo ideal sería de disponer de un vehículo-guía para tal fin.

A lo largo de este artículo, se han tratado las diversas características de los TSRG, muy apropiados para rehabilitación de firmes para vías de baja y media intensidad de tráfico, sobre cualquier tipo de soporte granular y bituminoso con una regularidad adecuada. La elección de "simple" o "doble", queda en función de la durabilidad deseada y del tipo de tráfico considerado. Otra característica de este tipo de tratamiento, es la excelente solución que aporta como disipador de tensiones, como membranas antirremonte de fisuras.

#### 4.- LECHADAS BITUMINOSAS/MICROAGLOMERADOS EN FRÍO

Las lechadas bituminosas y microaglomerados en frío, comúnmente denominados slurries, son tratamientos superficiales que consisten en la aplicación de un mortero bituminoso fabricado en frío con áridos, emulsión bituminosa, agua, y eventualmente polvo mineral de aportación y aditivos, y cuya consistencia a temperatura ambiente es la adecuada para su puesta en obra medianita rastra con maestra de goma.

Son tratamientos, que exigen una formulación muy precisa, sobre todo en lo referente a la emulsión empleada en base a los áridos que conformarán la mezcla in situ. Se trata de una técnica que ha evolucionado muy positivamente en el tiempo, desde la aparición de las emulsiones catiónicas que independizó en gran medida, la rotura de la emulsión de las condiciones climáticas frente a las emulsiones aniónicas. El empleo de aditivos controladores de la rotura y emulsiones modificadas con polímero, así como la evolución de la maquinaria, han conformado que sea una técnica de uso extendido para rodaduras de cualquier firme y solicitud de tráfico (es usada incluso en la rodadura de pistas de aeropuerto), dotando a las mismas de una rugosidad que garantiza la seguridad del usuario a un coste relativamente bajo.

Hasta el año 2011, la normativa vigente en España definía cuatro tipos de lechadas, según la granulometría del árido utilizado. Las antiguas denominaciones LB-1, LB-2, LB-3 y LB-4 se correspondían con tamaños máximos del árido de 12,5; 8; 6,3 y 4 mm, respectivamente y presentaban los husos que se recogen en la Tabla 1

Tabla 1. Husos granulométricos de las lechadas bituminosas según antiguo art. 540 del PG-3

Tipo de L.B.	Cernido acumulado (% en masa) Tamices UNE -EN 933-2 (mm.)										
	12,5	10	8	6,3	4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063
LB-1	100	85-98	77-92	-	55-74	35-55	25-41	15-30	9-20	5-12	3- 7
LB-2	-	-	100	80-95	60-84	40-64	25-45	15-31	10-22	6-14	5- 9
LB-3	-	-	-	100	75-90	55-75	40-60	25-45	15-30	8-20	6-12
LB-4	-	-	-	-	100	77-92	53-74	35-56	20-40	12-26	10-18

## NORMATIVA PARA EL MARCADO CE DE LAS LECHADAS BITUMINOSAS

Desde enero de 2011, las lechadas y microaglomerados en frío deben contar con el marcado CE y la correspondiente información que le acompaña, conforme a lo establecido en la norma UNE-EN 12273:2009.

Dicha normativa describe los requisitos a seguir para el Mercado CE y define los requisitos prestacionales y procedimientos de control para la aplicación de las lechadas bituminosas como producto para el tratamiento superficial de carreteras y otras áreas de tráfico como aceras y carriles para bicicletas. La sistemática para la implantación del Mercado CE se basa en los siguientes puntos:

- Definición de familia de productos
- Definición del Ensayo Inicial de Tipo denominado "Tramo de Ensayo de Tipo para Aprobación"
- Control de Producción en Fábrica
- Evaluación de la Conformidad

Respecto a las **familias de productos** se han definido cuatro, con analogías a la antigua clasificación del art. 540 del PG-3. Son las siguientes:

1. Lechadas de máxima rugosidad (antigua LB1)
2. Lechadas tipo Microaglomerados (antigua LB2)
3. Lechadas para conservación (antigua LB3)
4. Lechadas para impermeabilización (antigua LB4)

Pero su denominación ha cambiado y ahora debe seguir el siguiente esquema:

<b>MICROF</b>	<b>D</b>	<b>sup/inf</b>	<b>ligante</b>
---------------	----------	----------------	----------------

,donde MICROF hace referencia a microaglomerado en frío; D, al tamaño máximo del árido (luz del tamiz que deja pasar entre el 90% y el 100% del total del árido); sup/inf, a si el microaglomerado se aplica en capa única o segunda capa (sup) o en primera capa (inf) y ligante, a la denominación de la emulsión a utilizar.



A diferencia de lo que intuitivamente se pudiera derivar del conocimiento de mezclas en caliente, cuando se elige la aplicación de dos lechadas sobre un firme existente, las lechadas más finas van aplicadas directamente sobre el soporte, teniendo un claro objetivo de impermeabilización, mientras que la inmediatamente superior, más gruesa, aporta la rugosidad necesaria para garantizar la seguridad vial.

La granulometría del árido obtenido por combinación de las distintas fracciones, incluido el polvo mineral, se realizará según la norma UNE-EN 933-1 y deberá estar comprendida dentro de alguno de los tres husos fijados en la tabla 2.

Tabla 2. Husos granulométricos. Cernido acumulado (porcentaje en masa). Basado en la tabla 540.7 del vigente artículo 540 del PG-3

TIPO LUZ (UNE-EN 933-2)	MICROF 11		MICROF 8		MICRO F 5	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
16	100					
11,2	90	100	100			
8	77	92	90	100	100	
5,6	64	83	74	92	90	100
4	55	74	60	84	78	93
2	35	55	40	64	60	80
1	25	41	25	45	44	64
0,5	15	30	15	31	30	48
0,25	9	20	10	22	19	33
0,063	3	7	5	9	8	14

La composición, la dotación media (excluida el agua total), el número de capas a aplicar y las características superficiales para cada tipo de microaglomerado vienen dados por la tabla 3 para cada categoría de tráfico pesado.

Tabla 3. Composición, dotación, campo de aplicación y características superficiales de los distintos tipos de microaglomerados en frío. Basada en las tablas 540.8 y 540.10 del artículo 540 del PG-3.

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MICROAGLOMERADO		
	MICROF 11	MICROF 8	MICROF 5
Capa en que se aplica	2ª o única		1ª o única
Dotación media /kg/m <sup>2</sup> (excluida el agua total)	12 - 15	9 - 12	7 - 9
Betún residual * / % en masa de árido	5,0 - 7,0	6,0 - 8,0	6,5 - 9,5
Categoría de tráfico pesado	T0 y T1	T0 a T4	1ª capa: todo tipo de tráfico. Capa única: en arcenes, T3 y T4.
Macrotextura superficial-MTC / mm ** (UNE-EN 13036-1)	1,2	1,0	0,7
Resistencia al deslizamiento-CTRS / % *** (UNE 41201 IN)	65		60

(\*) Con una tolerancia en el valor medio de los ensayos de extracción según la norma UNE-EN 12274-2 de  $\pm 0,5$  %.

Si es necesario, se considerarán las correcciones por peso específico y absorción de los áridos. Los contenidos de betún residual anteriores están previstos para áridos con una densidad de (2,65 g/cm<sup>3</sup>), determinada según la norma UNE-EN 1097-6. Los áridos de densidad diferente a la anterior tendrán un contenido en betún residual corregido al alza o la baja, al multiplicar por un factor obtenido al dividir 2,65 entre la densidad de la partículas del árido en cuestión.

\*\* Medida lo antes posible después de la extensión del microaglomerado en frío y antes de abrir al tráfico.

\*\* Medida una vez transcurridos 7 días de la aplicación del microaglomerado en frío.

La dotación se determinará diariamente de acuerdo con la norma UNE-EN 12274-6. También se comprobará diariamente el contenido de betún residual según la norma UNE-EN 12274-2.

#### Evaluación de las características de las lechadas bituminosa

En la definición de las familias es importante que se engloben todos los tipos de lechadas que actualmente son utilizados, abarcando todos los posibles usos previstos. Una vez definidas las diferentes familias se procederá a evaluar las características de cada una de ellas, para diferentes requisitos técnicos recogidos en la norma EN 12273.

Aunque el PG-3 no lo contempla, al Mercado CE de este tipo de productos exige un ensayo que asegure la durabilidad del tratamiento. Este ensayo está recogido en la norma UNE EN 12274-8 y se denomina Evaluación visual de defectos. Consiste básicamente en realizar una inspección visual de la superficie tratada cuando ha transcurrido un tiempo de 11 a 13 meses desde la ejecución. La característica diferenciadora de este **Tramo de Ensayo Inicial de Tipo** (TEIT) es que se determina no sobre el la lechada fabricada y extendida inicialmente sino sobre la lechada ya puesta en obra y transcurrido un plazo de un año de su puesta en servicio con el fin de comprobar cual ha sido su comportamiento. Sobre este tramo de ensayo se evalúan los requisitos técnicos de las características prestacionales definidas a continuación en la Tabla 4.

Esta evaluación deberá ser realizada por el fabricante, para cada una de las familias sobre las que se solicita la conformidad del producto y será llevado a cabo, como mínimo, sobre un tramo representativo, que debe tener una longitud de 200 m y la anchura completa de un carril de una carretera de doble sentido o un carril de autovía de dos bandas de circulación de autopista. Se medirán los defectos que presenta la superficie, según indica la norma, en el tramo de 100 m que peor esté. Los defectos medidos son exudaciones, incrustaciones, roderas, delaminaciones, pérdida de gravilla, desgaste, separación de la junta entre carriles, roderas, desplazamiento del revestimiento, ondulaciones, resaltos, arrugas, pequeños defectos

repetitivos y marcas de rayas. Tras medirse cualitativa y cuantitativamente, se reúnen los defectos por categorías, según marca la norma.

Las categorías en que se agrupan los defectos dan idea de la adhesión de ligante al árido, resistencia a la fluencia/deformación, endurecimiento o capacidad de solidificación, cohesión del ligante, adherencia al sustrato, durabilidad de la adhesión del ligante al árido, durabilidad de la resistencia a la fluencia/deformación, durabilidad de la resistencia a la abrasión y durabilidad de la adherencia al sustrato (tabla ZA.1. de la norma UNE-EN 12273).

Estas características se basan principalmente en el comportamiento de la lechada, una vez extendida sobre el firme y transcurrido un plazo de tiempo determinado, tras ser sometida a las sollicitaciones del tráfico, evaluando requisitos técnicos como:

- Los posibles defectos mediante inspección visual
- La resistencia al deslizamiento mediante la evaluación de la macrotextura
- La generación de ruido
- La durabilidad, teniendo en cuenta la resistencia de los materiales
- La adherencia

De los datos obtenidos, en la medida de cada uno de los requisitos técnicos para las diferentes familias, se procederá a su clasificación dentro de una serie de "categorías". En cada familia, y para cada requisito técnico, se ha de definir una categoría, si bien es importante ser coherentes a la hora de definir las de manera que no existan combinaciones incompatibles entre las mismas, por ejemplo designar una categoría 4 para "macrotextura" y una categoría 1 para "defecto de exudación".

Los requisitos técnicos solicitados, así como las diferentes categorías, se encuentran descritos en la tabla 4 adjunta.

Tabla 4: Categorías prestacionales de las lechadas

Características de lechadas asfálticas			Categorías					
Requisitos técnicos	Referencia	Unidad	0	1	2	3	4	5
<b>Evaluación visual de defectos</b>								
P1 – Exudación	EN 12274-8	%	NPD	≤ 8	≤ 2	≤ 0.5	≤ 0.2	
P2 – Delaminación, pérdida de árido, separación de juntas, roderas	EN 12274-8	%	NPD	≤ 8	≤ 2	≤ 0.5	≤ 0.2	
P3 – Corrugación	EN 12274-8	%	NPD	≤ 8	≤ 2	≤ 0.5	≤ 0.2	
P4 – Grupos de pequeños defectos repetitivos	EN 12274-8	%	NPD	≤ 20	≤ 5	≤ 1	≤ 0.2	
L – Marcas longitudinales	EN 12274-8	m	NPD	≤ 20	≤ 10	≤ 5	≤ 1	
<b>Características de la superficie</b>								
Macrotextura	EN 13036-1	mm	NPD	≥ 0.2	≥ 0.4	≥ 0.6	≥ 0.8	≥ 1
Generación de ruido macrotextura	EN 13036-1	mm	Máximo valor declarado					
<b>Materiales constituyentes</b>								
Emulsión – Cohesión del ligante	EN 13808		De acuerdo con las clases de EN 13808					
Árido – Coeficiente de pulimento acelerado	EN 13043		De acuerdo con las clases de EN 13043					
Árido – Resistencia al desgaste por Micro Deval	En 13043		De acuerdo con las clases de EN 13043					
Árido – resistencia al desgaste por abrasión de neumáticos calveteados	EN 13043		De acuerdo con las clases de EN 13043					
Tipo de lechada asfáltica			Tipo declarado que debe incluir el tamaño máximo de los áridos y tipo de ligante					

Es importante destacar que la calidad del tratamiento depende en gran parte de la calidad de los materiales constituyentes, especialmente áridos y emulsión, pero también de la ejecución y del estado previo de la superficie. El marcado CE hace especial hincapié en estos puntos, por ello se realizan controles de ejecución conforme a procedimientos establecidos por el

fabricante para garantizar la calidad final del tratamiento y por ello se hace indispensable examinar el estado previo de la superficie (UNE-EN 12273).

#### Materiales constituyentes:

##### - Áridos:

El árido es el componente mayoritario de las lechadas bituminosas, en una proporción variable del 75 al 80% del total de mezcla. Deben ser áridos procedentes de machaqueo de piedra de cantera o de grava natural, con una proporción mínima de partículas del árido grueso que tengan dos o más caras de fractura. Es muy importante vigilar su limpieza y calidad, cumpliéndose las especificaciones relativas a equivalente de arena, coeficiente de Los Ángeles y resistencia al pulimento.

La limpieza de los áridos es un factor muy importante pues las lechadas, al llevar agua en su composición, son extremadamente sensibles a la presencia de materia orgánica y materiales arcillosos, los cuales contienen finos muy activos que pueden producir los efectos siguientes: la rotura inmediata de la emulsión, imposibilitando la puesta en obra de la lechada; una disminución de la cohesión de la mezcla, retrasando su apertura al tráfico y, por último, también disminuye la adhesividad final del ligante con los áridos utilizados.

En cuanto a la granulometría ya se han mencionado anteriormente los husos establecidos para este tipo de aplicaciones, y que se diferencian en el tamaño máximo del árido.

##### - Emulsión:

La emulsión es otro de los componentes importantes dentro de las lechadas bituminosas pues tiene como objetivo la perfecta envuelta de los áridos, formando un mástico con las fracciones más finas, que confiere cohesión a la mezcla.

Normalmente se utilizan emulsiones catiónicas de rotura lenta, convencionales o modificadas con polímeros, dependiendo de la zona climática y de la categoría de tráfico de la vía. Estas emulsiones cumplirán



las especificaciones de la norma UNE-EN 13808 y tendrán las clases prestacionales que se recogen en el anexo nacional para los tipos C60B5 MIC o C60BP5 MIC, antiguas ECL-2d y ECL-2d-m.

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T00, T1 y T2	T3, T4 y arcenes
Cálida	C60BP5 MIC	C60BP5 MIC C60B5 MIC
Media		C60BP5 MIC* C60B5 MIC
Templada		C60B5 MIC

\* En vías de servicio no agrícolas de autovías o autopistas.

Aunque se trata de emulsiones de rotura lenta, están diseñadas de manera que al entrar en contacto con el árido en poco tiempo se produzca la rotura de la emulsión (separación del betún y del agua). La velocidad de rotura de las emulsiones debe estar controlada de manera que permita el mezclado y extendido de la lechada manteniendo una buena fluidez y que la rotura de la emulsión se produzca, a continuación, lo más rápidamente posible una vez extendida la mezcla. La formulación de las emulsiones se establece en cada caso en función de la naturaleza del árido y de las condiciones de aplicación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea elevada o las condiciones de la obra lo requieran, se podrán utilizar emulsiones con una mayor estabilidad (clase 6) en comportamiento a la rotura. En todos los casos, la penetración del ligante residual de estas emulsiones, obtenido por evaporación, ha de ser inferior a 100 décimas de mm.

Las emulsiones aniónicas apenas se utilizan, pero pueden ser útiles para tratamientos de impermeabilización con lechada bituminosa, que posteriormente se van a recubrir con otra capa de rodadura. En estos casos se utilizan áridos con un contenido en árido fino y filler (fracción de árido que pasa por el tamiz 2 mm. de la UNE-EN 933-2) muy elevado. Las lechadas fabricadas con estos áridos y emulsiones catiónicas presentarían tiempos de rotura muy cortos y, posiblemente, fuese muy difícil o imposible su correcta puesta en obra. La utilización de emulsión aniónica permite fabricar estas lechadas y aplicarlas correctamente. El único problema es su limitada época de aplicación pues requieren una temperatura ambiente

elevada que facilite la evaporación del agua y la consiguiente rotura de la emulsión.

En el caso de emplear este tipo de emulsiones aniónicas, deberán cumplir las especificaciones recogidas en la norma nacional UNE-51603:2013 para el tipo A60BL (antigua EAL-2)

La utilización de emulsiones modificadas aporta una serie de mejoras a las lechadas bituminosas entre las que cabe destacar el aumento de la cohesión de la mezcla, la disminución de la susceptibilidad térmica, aumento de la elasticidad, mejora de la adhesividad de árido-ligante y una mayor viscosidad del ligante residual que retrasará el envejecimiento de la mezcla.

- Agua:

La presencia de agua en este tipo de mezclas es imprescindible porque los fluidos de envuelta óptimos no se logran sólo con la emulsión y la humedad natural del árido. La trabajabilidad de la mezcla, una vez fabricada, depende del contenido de fluidos que tengamos en el mezclador.

El agua al mojar los áridos, antes que estos entren en contacto con la emulsión, sirve de lubricante entre ellos y la emulsión facilitando la envuelta. Una escasez de agua en la mezcla puede provocar una rotura prematura de la emulsión provocando el aumento de la viscosidad de la mezcla lo que implica la pérdida de fluidez de ella en el mezclador o en la rastra, haciendo imposible su extendido. Un exceso de agua hace que la mezcla tenga una consistencia muy fluida, favorece la segregación de la mezcla, retrasa la rotura y disminuye la cohesión final.

- Aditivo:

El objetivo principal de este componente es el de regular la velocidad de rotura de la emulsión al entrar en contacto con los áridos. El mismo, disminuye la tensión superficial árido-emulsión, permitiendo un mojado perfecto y homogéneo de la arena, mejorando la adhesividad árido-ligante. Adicionalmente, crea una película sobre la superficie del árido que actúa de barrera protectora, regulando la rotura de la emulsión y actuando, a la vez, sobre la viscosidad de la lechada.

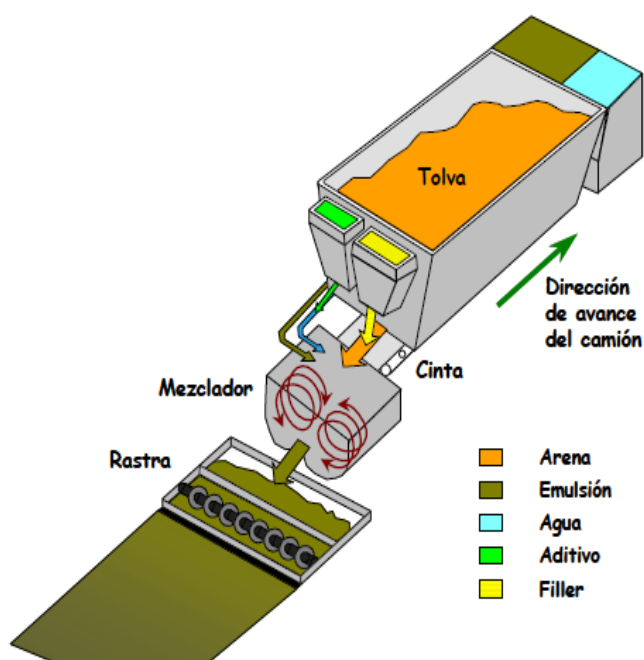


- Cemento:

En la Fórmula de Trabajo de las lechadas bituminosas y de los microaglomerados en frío se puede incluir una pequeña cantidad de cemento. En caso de requerirse, representa en torno al 1% en peso de árido. Su presencia dependerá del tipo de materiales empleados y, si se requiere, es muy importante y contribuye de manera decisiva a mejorar la cohesión de la mezcla, especialmente en los primeros momentos de apertura al tráfico. El cemento reacciona con el agua de la mezcla, en este sentido es un acelerador de la rotura de la emulsión, de manera que fija una cierta cantidad de ella, acortando la fase de curado y confiriendo a la lechada una cierta resistencia mecánica, en los primeros momentos, cuando el betún apenas colabora a la cohesión de la mezcla.

Ejecución

La fabricación y la puesta en obra de las lechadas bituminosas se realizan simultáneamente, mediante máquinas autopropulsadas, montadas sobre una plataforma móvil o sobre un camión. El esquema de producción es como el que se presenta a continuación:



La aplicación de la lechada bituminosa solo se realizará cuando la temperatura ambiente sea superior a 10°C y no haya riesgo de lluvias. El Director de Obra podrá reducir este límite a 5°C si la temperatura ambiente tiende a aumentar. Cuando el tratamiento se realice en 2 capas, la segunda se extenderá una vez sometida la primera a la acción del tráfico al menos 24 horas y previo barrido del material desprendido

Previamente a la ejecución del tratamiento se procederá a la preparación de la superficie a tratar. La correcta ejecución de esta preparación es fundamental para el éxito del tratamiento, al aplicarse este en capas muy delgadas. Se eliminará el polvo, suciedad, barro seco, materia suelta o que pueda ser perjudicial, por medio de un barrido enérgico e incluso, si fuera necesario, mediante agua a presión. Asimismo, en los pavimentos bituminosos, se debe eliminar el exceso de ligante existente (en forma de exudación de betún).

En algunos casos podrá incluirse la ejecución de un riego de imprimación o de adherencia, previamente a la fabricación y extendido de la lechada bituminosa. Su objeto será permitir una correcta adherencia entre la lechada bituminosa. Esta actuación es recomendable sobre pavimentos granulares, pavimentos de hormigón o adoquinado, en pavimentos satinados si solo se aplica una capa, en pistas de aeropuertos, etc.

La preparación de la superficie debe realizarse con la antelación suficiente para no interferir el resto de las operaciones, pero no debe preceder más de medio día a la aplicación de la lechada para evitar que se pueda volver a manchar la superficie a tratar. Cuando sea necesario realizar reparaciones o bacheos puntuales en el tramo a tratar, estos trabajos deberán realizarse con dos meses de antelación. Cuando la temperatura ambiente y de la superficie existente sean muy elevadas (especialmente en verano), puede ser recomendable humectar dicha superficie inmediatamente antes de la aplicación de la lechada. Dicha humectación no deberá producir charcos en el firme existente. Cuando se vaya a aplicar una lechada bituminosa sobre marcas viales, del tipo spray plástico o de 2 componentes, es recomendable ejecutar el tratamiento en 2 capas o bien eliminar dicha pintura mediante un fresado u otra operación.

Las máquinas modernas que se utilizan en la actualidad, están dotadas de dispositivos automáticos que inician la aportación de cada material de manera que la mezcla sea, desde el principio y en todo momento, homogénea en todos sus componentes. El mezclador es un cajón cerrado dotado de dos ejes paralelos y con paletas, que recibe todos los materiales, los mezcla durante el tiempo necesario para lograr una buena homogeneidad y da salida al material por la parte trasera vertiendo en la rastra.

La puesta en obra de la lechada se realiza mediante una rastra de extendido sobre la que se vierte el material desde el mezclador a través de un dispositivo con varias salidas que permite alimentar la rastra a todo el ancho. La rastra lleva toda su periferia cerrada por unas bandas de goma que apoyan sobre el suelo y que impiden la salida del material excepto por la parte de atrás respecto al sentido de marcha y que constituye el extendido del producto.

Las rastras disponen de unos ejes transversales con movimiento de tornillo sin fin, que llevan acopladas unas paletas, para conseguir un reparto transversal homogéneo, incluso con las lechadas y microaglomerado en frío más gruesos.

En el proceso de puesta en obra de la lechada hay que poner especial cuidado en la ejecución de las juntas, tanto las transversales como la longitudinal.



Las juntas transversales se forman al comienzo y al final del extendido de cada carga de la máquina. Al inicio del extendido se debe eliminar todo el

material que haya montado sobre la extensión de la carga anterior. Esta operación se realiza con rastros de mano inmediatamente después de iniciar la extensión, antes de romper la emulsión.

Cuando la extensión se realice por franjas longitudinales, se debe realizar un solape, entre cada dos contiguas, de 10 cm. de ancho. Cuando el tratamiento se realice en 2 capas, se procurará que no coincidan las juntas transversales y las longitudinales de la capa inferior con las correspondientes juntas de la capa superior.

Una vez fabricada y puesta en obra, la lechada bituminosa o el micro en frío, experimenta dos procesos consecutivos y claramente diferenciados. En primer lugar se produce la rotura de la emulsión. Es un proceso por el cual se separan el agua y el betún asfáltico, quedando este envolviendo las partículas de árido. Inmediatamente después de la rotura se inicia el proceso siguiente, que es el curado de la lechada. Consiste en la pérdida por evaporación del agua contenida en la lechada (tanto de la emulsión como la utilizada para la preenvuelta de los áridos) y el desarrollo de la cohesión de la mezcla, que está directamente relacionada con la apertura al tráfico. En los casos que, por las condiciones del tráfico, sea necesario abrir al tráfico en muy breve tiempo, se deberán alcanzar los valores de cohesión mínimos en ese corto tiempo.

Estos tratamientos son excelentes para mejorar las características superficiales de un firme en cuanto a textura y resistencia al deslizamiento, además de sellar la superficie para impedir o retrasar el envejecimiento del mismo mediante su impermeabilización.

El nivel de desarrollo alcanzado por esta técnica en nuestro país nos permite resolver la mayoría de los problemas superficiales que presentan los firmes, con soluciones de alta calidad, durabilidad y con un coste bajo de manera que la relación calidad precio para los microaglomerados es seguramente la más alta de las técnicas de renovación superficial de pavimentos.



## 5.- CONCLUSIONES

De este documento se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Debido a la aparente limitación de recursos económicos para proceder a la conservación adecuada de vías de baja intensidad de tráfico, estas merecen una consideración y atención especial, aportando el sector de carreteras técnicas, aplicaciones y soluciones imaginativas que minimicen esta dificultad.
- Las técnicas bituminosas en frío mediante emulsión bituminosa responden a esta problemática, con amplia tradición en nuestro país. Dentro de estas técnicas cabe mención especial los riegos con gravilla y las lechadas bituminosas
- Los riegos con gravilla representan un tipo de tratamiento que posibilita la rehabilitación superficial de firmes de vías de BIT, a un coste muy competitivo, y adicionalmente, si bien no contribuyen a la mejora de la capacidad portante, facilitan el mantenimiento de la existente por su capacidad impermeabilizadora.
- Las lechadas bituminosas representan un tipo de mezclas en frío fabricadas in situ, con posibilidad de altos rendimientos, siendo decisivas en la mejora de la rugosidad y la impermeabilidad del soporte. Junto a los TSRG, debería ser de obligada consideración para la rehabilitación superficial de firmes de BIT
- La combinación de estas unidades de obra, junto a otras, pueden representar una solución económica y atractiva medioambientalmente, ante la dificultad de conservar un patrimonio viario de gran longitud y heterogéneo en su composición.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Lucas Ochoa, FJ. (2009) "REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL Y SUPERFICIAL DE VÍAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO (BIT): GRAVA-EMULSIÓN, RIEGOS (TSRG) Y LECHADAS" XX Vyodeal, Pontevedra.
- (2) Monografía 4 de ASEFMA(2009). Mercado CE de las lechadas bituminosas.
- (3) Mercedes Gómez. Mº FOMENTO.(2009) Nuevo art 540 del PG-3:
- (4) Lechadas bituminosas y Microaglomerados en Frio. Jornada Técnica ATC. Octubre 2009.
- (5) Del Val,M.A. y Bardesi,A. (1991) "MANUAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VIAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO"
- (6) Del Val,M.A., Díaz,J. y Solís,L.A. (2004) "RECOMENDACIONES DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE FIRMES Y PAVIMENTOS" Junta de Castilla y León
- (7) Del Val,M.A., Kraemer, C., Pardillo,J.M., Rocci,S., Romana,M.G. y Sánchez,V (2004) "INGENIERIA DE CARRETERAS" Vol II
- (8) Del Val, M.A. y Kraemer,C. (1998) "FIRMES Y PAVIMENTOS"
- (9) Bardesi, A. y Costa, A. "LECHADAS BITUMINOSAS Y MICROAGLOMERADOS EN FRÍO"
- (10) Bardesi, A. y Tomás, R. (ATEB) "RIEGOS CON GRAVILLA"
- (11) Nebreda,J. y Rincón,J. (ATEB) "LECHADAS BITUMINOSAS Y MICROAGLOMERADOS EN FRÍO"
- (12) Potti,J.J. (1998) "REFUERZO DE FIRMES EN VÍAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO" Jornada sobre rehabilitación de firmes, Zuera (Zaragoza)