

Historia y desarrollo de Slurries y Micros en Frío en Europa Occidental

por Jaime Gordillo
Centro de Investigación E.S.M.



Historia

LA técnica del Slurry Seal en el Continente Europeo es antigua. Comenzó a desarrollarse hacia finales de los años 20 en Francia, a partir de emulsiones superestables fillerizadas y en Alemania, en donde el conocido Dr. Oberbach, puso a punto un producto denominado "Schlame", resultante de mezclar, en condiciones desacostumbradas: áridos húmedos, con betunes de penetración 80/100 y agua hasta conseguir la consistencia adecuada para su correcta puesta en obra.

Este procedimiento exigía la continua agitación de la mezcla para

evitar que las cargas minerales, sedimentasen durante el transporte. Requería, por lo tanto, que los áridos empleados, fuesen de granulometría muy fina y con un elevado contenido en filler.

Hasta que aparecieron en el mercado europeo las máquinas de fabricación y extendido simultáneo, el Schlame alemán competía con lechadas obtenidas en plantas fijas, en las que se utilizaban emulsiones aniónicas de rotura lenta.

El hecho de poder mezclar y extender a la vez, trajo como consecuencia una enorme revolución en esta tecnología, lo que permitió emplear áridos más gruesos y emulsiones de rotura más ajustada, ampliándose su campo de aplicación.

1ª GENERACION

- 1920 Alemania (Schlamme)
- 1960-65 España y Francia
- Aridos muy finos (2-3 mm)
- Emulsiones aniónicas de rotura lenta
- Objetivo: impermeabilidad y macrotextura
- Aplicación: carreteras bajo/medio IMD

Estas máquinas se introdujeron en Europa a comienzos de los años 60, siendo España y Francia los primeros países en utilizarlas, desarrollándose más tarde en Suiza, Inglaterra, Alemania y Holanda.



Slurry fibra en CL-301 Solsona-Basella.

En sus inicios se buscaba un doble objetivo. Por una parte, el conseguir una buena impermeabilización de soportes fisurados, envejecidos y agrietados, impidiendo la acción destructiva del agua sobre las capas inferiores. Por otro, el reemplazar los clásicos tratamientos superficiales por un revestimiento que, con las mismas cualidades, no presentase los graves inconvenientes de pérdida de áridos. Para ello era necesario conciliar la buena impermeabilidad con una correcta rugosidad y una adhesividad ligante-árido-pavimento, lo más perfecta posible.

En esta primera etapa que podemos limitar entre los años 62-65, los áridos empleados eran muy finos, de granulometrías 0/2, 0/3 mm, con contenidos

en filler de alrededor del 8-12 %, de manera que se obtuviera un contenido en finos suficientemente elevado, para conferir al tratamiento un poder impermeabilizante importante. En Francia, se acudía a la utilización de arenas naturales en mezclas con arenas de machaqueo hasta proporciones del 50/50, buscando no sólo encajar en husos, sino también mejorar la manejabilidad de la lechada. En España, se fue más bien a granulometría 0/4 mm, con todo el árido procedente de machaqueo.

Por lo que se refiere a la emulsión, en esta primera etapa, era de naturaleza aniónica, de carácter superestable, con contenidos en ligante del 60% y betún base blando de penetración 180/220 en Francia y más duro: 80/100 en España, consecuencia de su climatología más cálida.

Con la aparición en el mercado de las emulsiones catiónicas, nace una segunda generación de lechadas, que permitió asegurar una correcta adherencia del ligante sobre los áridos ácidos más duros y menos pulimentables y, sobre todo, reducir, de manera considerable, el tiempo de apertura al tráfico.

2ª GENERACION

– 1965-78 España y Alemania

Tamaño máximo de árido: 4-6 mm
Emulsión catiónica rotura controlada

Aditivo control velocidad de rotura de la emulsión

Apertura al tráfico: 30 min.

Se pone a punto un componente fundamental de las lechadas modernas: el aditivo, componente químico a base de amonio cuaternario o aminas grasas, que tiene por misión provocar un efecto tampón, que permitiera, utilizando un solo tipo de emulsión, retardar la rotura de ésta y, al mismo tiempo, mejorar la adhesividad del ligante a los áridos.

La Administración Francesa, quizás por aplicaciones no controladas,

“**E**n sus inicios se buscaba un doble objetivo. Por una parte, el conseguir una buena impermeabilización de soportes fisurados, envejecidos y agrietados, impidiendo la acción destructiva del agua sobre las capas inferiores. Por otro, el reemplazar los clásicos tratamientos superficiales por un revestimiento que, con las mismas cualidades, no presentase los graves inconvenientes de pérdida de áridos.”

o por utilización de granulometrías excesivamente finas para resolver problemas de deslizamiento, limitó el empleo de esta técnica, que quedó destinada, durante un buen tiempo, a aplicaciones estrictamente urbanas.

El concepto que durante los años 60 y 70 se tenía del slurry como tratamiento superficial en la mayor parte de los países de Europa, se esquematiza del siguiente modo: (Cuadro A).

Por todas estas razones, el campo de aplicación de esta generación de lechadas, quedó reservada a:

- Tratamientos de sellado e impermeabilización de pavimentos fisurados y envejecidos.
- En conservación de carreteras de baja intensidad de tráfico.
- Vías urbanas.

España, por el contrario, fue el país europeo donde esta tecnología experimentó un mayor arraigo y un mayor desarrollo, debido, sin duda,

CUADRO A

COMPORTAMIENTO AL DESLIZAMIENTO:

| | |
|---------------------|-------------|
| A baja velocidad | – Bueno |
| A elevada velocidad | – Muy malo |
| IMPERMEABILIDAD | – Bueno |
| RUIDO | – Muy bueno |

PROPIEDADES OPTICAS DE LA CALZADA:

| | |
|-------------|------------|
| Seca | – Mediocre |
| Húmeda | – Malo |
| DURABILIDAD | – Malo |
| COSTO | – Bueno |

“Desde el punto de vista histórico, el primer microaglomerado en frío europeo se desarrolló en Francia. A mediados de los años 70, la firma Screg puso a punto su micro Seal-Gum, que fue mejorado más tarde por la firma alemana Raschig con su producto Ralumac.”

a que supo evolucionar, adaptando el tipo de lechadas (granulometría y dotación por metro cuadrado), al tipo y velocidad del tráfico a soportar.

A partir de mediados los años 70, una nueva generación de lechadas aparece en el mercado europeo, consecuencia de importantes esfuerzos de investigación tendentes a mejorar las características de las lechadas tradicionales, especialmente aquéllas relacionadas con su durabilidad y comportamiento frente a tráfico pesado y rápidos.

Estas nuevas lechadas, denominadas microaglomerados en frío (Micro Asphalt Concrete en Europa y Microsurfacing en USA), se caracterizan por intervenir en su constitución:

- Emulsiones de betunes modificados con polímeros en lugar de con betunes puros. La incorporación de polímeros a los betunes permite obtener ligantes de reología modificada, de muy baja susceptibilidad térmica, y con una muy elevada cohesión, necesaria para resistir sin arrollamientos ni deformaciones, incluso con elevados espesores de capa, muy elevadas intensidades de tráfico. Con los betunes polímeros se obtiene, igualmente, una superior adhesividad a los áridos, mejorando la estabilidad de la mezcla, con mejores comportamientos a la abrasión, así como:
- Áridos, totalmente de machaqueo, duros y resistentes al pulido, con tamaños máximos que pueden llegar hasta los 11 mm (Alemania y Francia) o 12,5 mm (España), con el fin de obtener texturas más rugosas, idóneas para mejorar la adherencia neumático-pavimento a elevadas velocidades.

Su fabricación exige modernos equipos dotados de eficientes sistemas de mezclado, y dispositivos en

Este país, dispone en la actualidad, de diversos procedimientos de conservación a base de micros en

3ª GENERACION

- 1978 Francia (Seal-Gum) (Screg)
 - 1979 Alemania (Ralumac) (Raschig)
 - 1982 España (Macroseal) (Elsan)
- Arido tamaño máximo: 12 mm, 100 % machaqueo
Emulsión modificada de betún polímero
Objetivo: durabilidad y resistencia al deslizamiento a tráfico pesado y rápido

MICROAGLOMERADOS

sus rastras para eliminar problemas de segregaciones, con posibilidad de graduar espesores.

Estos modernos microaglomerados en frío, presentan frente a las lechadas tradicionales, una serie de ventajas, entre las que se encuentran:

- Mejores resistencias mecánicas.
- Mejora significativa de la adherencia a medias y altas velocidades.
- Excelente comportamiento a las deformaciones plásticas.
- Posibilidades de empleo con dotaciones elevadas.
- Mayor durabilidad.

Desde el punto de vista histórico, el primer microaglomerado en frío europeo se desarrolló en Francia. A mediados de los años 70, la firma Screg puso a punto su micro Seal-Gum, que fue mejorado más tarde por la firma alemana Raschig con su producto Ralumac. Este sistema que ha tenido un importante desarrollo internacional, no resuelve con éxito, la importante problemática de la influencia de la heterogeneidad en la calidad de los betunes y áridos en la correcta rotura y cohesión de la mezcla.

A principio de los 80, el Centro de Investigación ESM español, puso a punto unos nuevos emulgentes con lo que la mayor parte de los problemas anteriores quedaron solucionados. El microaglomerado así obtenido, denominado Macroseal, desarrollado por la firma Elsan en España y Elsamex en el extranjero, ha alcanzado un gran desarrollo internacional, siendo numerosos los países, tanto europeos como americanos, que están utilizando este sistema a pleno éxito.

Situación actual de los micros en frío en los principales países europeos

ALEMANIA

En el año 89, la "Forschungsgesellschaft Fur Strassen und Verkehrswesen", en Colonia, publicó una recomendación sobre "capas delgadas con microaglomerados en frío", en la que se recogían las informaciones técnicas más importantes.



frío, que se distinguen por su granulometría, contenido en ligante y espesor de la capa.

Disponen de 4 tipos, con granulometrías: 0/3, 0/5, 0/8 y 0/11, reservando obligatoriamente para tráfico importantes, las granulometrías más gruesas.

En todos ellos, los áridos deben proceder del machaqueo de rocas duras, y su contenido en filler, varía entre el 6-12% para la 0/11, hasta un máximo del 16% para las más finas.

La composición de estos micros en frío alemanes, se recogen en el cuadro nº 1.

Tienen dos grandes campos de aplicación:

- en clásicos trabajos de conservación.
- en trabajos de reperfilado y relleno de roderas.

ALEMANIA

Especificaciones oficiales: sí, desde 1989

Emulsión: modificada con polímeros

Aridos: 100% machaqueo, tamaño máximo: 8-11 mm

Aplicaciones: autopistas y carreteras de alto tráfico, relleno roderas

Producción anual: 13 millones/m²

PAISES ESCANDINAVOS

No tienen mucha experiencia con estas técnicas, pues, los micros en frío comenzaron a emplearse a mediados de 1988 en Dinamarca, extendiéndose posteriormente por Suecia y Noruega. Desde entonces se habrán revestido, en los tres países citados, unos 3 MM de metros cuadrados.



Micro en frío. Pte. de Rande. Autopista del Atlántico.

En el primer caso para carreteras comunales de baja circulación y caminos agrícolas, emplean los tipos más finos 0/3 y 0/5 mm, con dotaciones entre 6-14 kg/m², mientras que en Autopistas y Carreteras Nacionales, utilizan los áridos más gruesos, 8 y 11 mm, con dotaciones entre 25-30 kg/m², en una o dos capas para resolver problemas de adherencia a altas velocidades.

El uso que se hace de los slurries y micros en Alemania en trabajos de conservación podemos resumirlo así:

- * carreteras tráfico elevado - 80 %
- * carreteras tráfico medio - 18 %
- * otros - 2 %

y en lo que se refiere al tipo de carreteras:

| Tipos | 0/11 | 0/8 | 0/5 | 0/3 |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| Aridos | Totalmente de machaqueo | | | |
| Granulometría | | | | |
| % > 11,2 | ≤10 | - | - | - |
| % > 8,0 | ≥15 | ≤10 | - | - |
| % > 5,0 | - | ≥15 | ≤10 | ≤10 |
| % > 2,0 | 45-70 | 45-65 | 40-65 | 20-50 |
| % < 0,09 | 6-12 | 6-12 | 6-14 | 6-16 |
| Emulsión | Catiónica especial | | | |
| Tipo de betún | (B-65) B-80 | (B-65) B-80 (B-200) | (B-65) B-80 (B-200) | B-80 (B-200) |
| % betún/mezcla | 5-6,5 | 5-7 | 5,5-8 | 7-9 |

CUADRO 1

ALEMANIA

- * Autopistas - 60 %
- * Carreteras Nacionales y Comarcales - 20 %
- * Vías urbanas - 15 %
- * Aeropuertos - 5 %

El otro gran campo de aplicación de los microaglomerados en frío en Alemania es el de reperfilado y relleno de roderas, en los que suelen emplearse los tipos más gruesos, en dos capas, con dotaciones que pueden llegar hasta los 4,5 kg/m² y siempre que estas roderas no sean de origen plástico y su profundidad sea superior a los 2-3 cm.

La superficie anual revestida es de unos 13 Mill/m².

En Dinamarca, suelen emplearse 3 tipos de micros que responden a las características expuestas en el cuadro nº 2 (ver página siguiente).

Se aplican fundamentalmente en trabajos de conservación para carreteras de tráfico bajo y medio, como solución competitiva a los tratamientos superficiales con cut-backs activados, hasta carreteras de tráfico importante para mejorar problemas de textura superficial. Se suele aplicar en dos capas con dotaciones no inferiores a los 16-18 kg/m².

FRANCIA

Se está revisando la normativa. Se considera una técnica de super-

PAISES ESCANDINAVOS

Especificaciones oficiales: si para slurries convencionales

Emulsión: en su mayor parte modificada con polímeros

Aridos: 100% machaqueo, tamaño máximo: 8 mm

Aplicaciones: carreteras principales y secundarias

Producción anual: 1 millón/m²

“**E**n España, el desarrollo de los microaglomerados en frío ha sido espectacular, pues ha pasado del 10% del uso total de los slurries en el año 85, al 50% en el año 90, con un volumen de consumo próximo a los 10 millones/m² en este último año.”

ficie que debe aportar a la misma, impermeabilidad y rugosidad. Trabajan con dos tipos de granulometrías 0/6 y 0/8 mm, y en ciertos tratamientos llegan hasta los 10 mm. Para conseguir niveles de adherencia

país, y a las mezclas en caliente en capas finas o muy finas (< 4 cm).

Consideran que es preferible su empleo al de un tratamiento superficial, siempre que:

- existan riesgos de indentación de los áridos en el soporte.
- cuando el soporte es heterogéneo.
- deba limitarse el nivel sonoro.

Para los franceses los límites de empleo de esta técnica son los siguientes:

- tráfico pesado superior a 1.000 vehículos/día/sentido.
- existan problemas de estructura del soporte.
- cuando existan roderas superiores a 40 mm, o no sean procedentes de desgaste o de post-compacción.

En este país, los principales campos de aplicación de estos tipos de tratamientos radican en:



N-VI. Ataquines. Valladolid.

ESPAÑA

El desarrollo de los microaglomerados en frío ha sido espectacular, pues ha pasado del 10% del uso total de los slurries en el año 85, al 50% en el año 90, con un volumen de consumo próximo a los 10 millones/m² en este último año.

Es quizás el país europeo con las más estrictas normativas, pues en las nuevas especificaciones publicadas en el año 88, se incluyen precisiones, no solamente sobre el control de ca-

ESPAÑA

Especificaciones oficiales: sí, desde 1988

Emulsión: en su mayor parte modificada con polímeros

Aridos: 100% machaqueo, tamaño máximo: 12,5 mm

Aplicaciones: autopistas, carreteras principales, vías urbanas, roderas

Producción anual: 16 millones/m²

lidad de los materiales, diseño y fabricación, sino incluso sobre las texturas resultantes, estableciéndose valores mínimos a cumplir en función del tipo de tráfico a soportar.

Se tienen normalizados 4 tipos: LB1, LB2, LB3 y LB4, con tamaños máximos: 5, 6,3, 10 y 12,5 mm, respectivamente, con características de

| Tipo | 0/4 | 0/6 | 0/8 |
|----------------------|---------------------------|-------|-------|
| Aridos | de machaqueo | | |
| Granulometría | | | |
| % árido > 6 mm | — | — | 7 |
| % árido > 2 mm | 18 | 46 | 50 |
| % árido > 0,25 mm | 70 | 82 | 83 |
| % árido < 0,074 mm | 11 | 8 | 7 |
| Emulsión | catiónica con elastómeros | | |
| betún base | B-180 | B-180 | B-180 |
| P. Rebl. Lig. resid. | 52-56 | 52-56 | 52-56 |
| % betún/mezcla | 12,5% | 9,7% | 9,3% |

CUADRO 2 (DINAMARCA)

apropiados para velocidades altas, recomiendan granulometrías con contenido en áridos gruesos (> 6,3 mm) superior al 15%.

En el mercado de la conservación, estos tratamientos se enfrentan a los tratamientos superficiales, muy desarrollados técnicamente en este

- Conservación de vías urbanas.
- Tratamiento antideslizante en carreteras de tráfico importante y rápido, como alternativa a los tratamientos superficiales.
- Conservación de aeropuertos (taxiways y runways).

FRANCIA

Especificaciones oficiales: microaglomerados en preparación

Emulsión: en su mayor parte modificada con polímeros

Aridos: 100% machaqueo, tamaño máximo: 8 mm

Aplicaciones: carreteras principales, secundarias y vías urbanas

Producción anual: 7 millones/m²

dureza y resistencia al pulido, relacionados con el tipo de tráfico.

En lo que respecta a las técnicas de aplicación, suelen ser monocapas o bicapas. El tratamiento más usado en carreteras no principales es el monocapa con dotación de 8-10 kg/m² con husos tipo LB3 ó LB4.

Se encuentra muy extendida la aplicación de lechadas y micros en doble capa, especialmente la doble capa inversa, cuando se pretende conseguir una textura suficientemente rugosa. En estos casos, en la capa inferior se aplica un micro fino con áridos de 5 mm de tamaño máximo, y dotación de 5-6 kg/m² y luego una segunda capa con áridos más gruesos, de 10-12 mm y dotaciones superiores a los 10 kg/m².

Con estos tipos de tratamientos se obtienen coeficientes de rozamiento transversales iniciales medidos con Scrim a 60 km/h superior a 0,60.

En el cuadro nº 3, se presentan las recomendaciones que en la citada Normativa Española se hacen en relación con diversos aspectos de las lechadas y microaglomerados en frío.

Por lo que respecta a sus principales campos de aplicación, en España, estos tratamientos se aplican en trabajos de conservación de carreteras, no importa tipo de tráfico que soporte (vías urbanas, carreteras secundarias, nacionales o autopistas), siempre que no presenten problemas estructurales y siempre para resolver problemas relacionados con: la permeabilidad, la regularidad superficial (roderas) y sobre todo, con la rugosidad.

En el cuadro superior adjunto se recogen los principales campos de aplicación de las lechadas tradicionales y (marcadas con un asterisco) la de los microaglomerados en frío.

| APLICACIONES | TIPOS DE LECHADAS | DOTACIONES Km/m ² |
|---|-------------------|------------------------------|
| - TRATAMIENTOS DE SELLADO E IMPERMEABILIZACION L - 2 capas | | |
| - Pavimentos descarnados y envejecidos | LB4 LB3 | >8 |
| - Mezclas abiertas en frío | LB3 | 10-12 |
| - Pistas de Aeropuertos | LB3 LB4 | 6-10 |
| - PROTECCION Y REVESTIMIENTO DE ARCENES | | |
| Sobre zahorras (2 capas) | LB4 LB3 | 14-18 |
| Sobre grava-cemento | LB3 | 8-12 |
| - TRATAMIENTOS ANTIDESLIZANTES (1-2 capas) | | |
| En carreteras de IMD 10.000 | | |
| Con pequeñas deformaciones * | LB3 LB2 | 16-22 |
| Con buena regularidad superficial | LB3 | 10-14 |
| En carreteras de IMD 10.000 * | | |
| Con buena regularidad superficial | LB2 LB1 | 17-22 |
| Con pequeñas deformaciones | LB2 LB1 | 20-26 |
| - EN VIAS URBANAS | | |
| IMD 10.000 | LB3 | 12-14 |
| IMD 10.000 * | LB3 LB2 | 16-20 |
| -Sobre pavimentos de adoquín y hormigón * | LB3 | 25-35 |
| - EN REPERFILADO Y RELLENO DE RODERAS * | LB2 LB1 | >25 |

ITALIA

La técnica del Slurry Seal, introducida en Italia en la década de los 70, tuvo un muy lento desarrollo; por

el contrario, los microaglomerados en frío, utilizados desde el año 86, han experimentado un gran auge, especialmente por su comportamiento

ITALIA

Especificaciones oficiales: no, sólo especificaciones privadas

Emulsión: modificada con polímeros

Aridos: 100% machaqueo, tamaño máximo: 11 mm

Aplicaciones: autopistas y vías urbanas

Producción anual: 1 millón/m²

| | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------|-----------------------|-------------------------------|
| Huso granulométrico | LB1 | LB2 | LB3 | LB4 |
| Dotación media kg/m ² | 14-18 | 11-14 | 8-11 | 5-8 |
| Capa en que se aplica | 2ª o única | | cualquiera 1ª o única | |
| % betún Resid/Arido | 5-7 | 6-10 | 7-11 | 8-13 |
| % Agua de Amasado | 8-12 | 10-15 | | 10-20 |
| Textura Superfíc. mm mínima | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |
| Campos de aplicación | T0 y T1 T3 y T4 en vías rápidas | | T2, T3, T4 1ª capa | Arcenes Sellado 1ª capa |

CUADRO 3

(ESPAÑA)

en la pavimentación de autopistas, como solución al problema del deslizamiento.

No existen normativas o especificaciones oficiales sobre estas mezclas. Son las Sociedades Concesionarias de Autopistas las que han desarrollado sus propias normativas, que en la mayoría de los casos, coinciden con procedimientos de empresas. Así, en lo referente a los áridos a emplear en la fabricación de micros en frío, la "Normative Technique d'Asfalto" de la Sociedad Autostrade S.p.a., define tres husos granulométricos, para conseguir espesores mínimos de 9, 6 y 4 mm. Las curvas granulométricas son las siguientes (ver cuadro B en página siguiente).

CUADRO B

| Espesor mínimo Tamices UNE | 9 mm | 6 mm | 4 mm |
|-------------------------------|--------|-------|--------|
| 15 | 100 | — | — |
| 10 | 85-100 | 100 | 100 |
| 5 | 60-85 | 70-90 | 85-100 |
| 2,0 | 36-55 | 39-63 | 58-83 |
| 0,4 | 14-28 | 14-28 | 22-36 |
| 0,075 | 4-8 | 5-15 | 5-15 |



Textura Micro L.B.I. (12 mm) en CN-II pk. 340-364.

La emulsión, catiónica de rotura controlada, y del 60%, se obtiene a partir de betunes modificados con elastómeros sintéticos.

Los requisitos exigidos al residuo procedente de la evaporación son los siguientes:

| | |
|----------------------------|-----------|
| Penetración: | 50-65 dmm |
| Punto de Reblandecimiento: | > 63° C |
| Índice de Penetración: | 1,5-2,5 |

Fraass: > -18° C

Para tráficos muy elevados, con IMD > 40.000 vehículos/día, se exige emplear granulometrías más gruesas 0/12 mm, y emulsiones con ligantes más modificados: Punto de Reblandecimiento ≥ 75° C.

De manera general, la formulación de estos micros en frío responde a la siguiente: ▼

| Espesor mínimo | 9 mm | 6 mm | 4 mm |
|---------------------------------|---------|--------|----------|
| Dotación: kg/m ² | 15-25 | 10-15 | 7-12 |
| Tamaño Máx. árido mm | 10-12 | 7-8 | 5-6 |
| % betún polímero Residual/Árido | 5,5-7,5 | 6,5-12 | 7,5-13,5 |

“**E**n Holanda se aplica fundamentalmente en trabajos de reperfilado y relleno de roderas y en clásicos trabajos de conservación, destacando, dentro de éstos, los que combinan un tratamiento superficial y un Slurry Seal (análogo al Cape Seal).”

Se emplea esta técnica para solucionar tres problemas distintos:

- * Mejora la rugosidad superficial para una mayor seguridad del tráfico.
- * Impermeabilización de pavimentos, especialmente sobre obras de fábrica.
- * Rejuvenecimiento de pavimentos

HOLANDA

Especificaciones oficiales: en revisión, etapa final

Emulsión: en su mayor parte convencional (betún 80/100)

Áridos: 100% machaqueo, tamaño máximo: 8 mm

Aplicaciones: conservación, roderas, “Cape Seal”

Producción anual: 3,5 millones/m².

que presenten degradaciones superficiales.

En el primer caso, se suelen emplear las granulometrías más gruesas, generalmente en 2 capas. Para tráficos elevados suele utilizarse el sistema bicapa inverso. En la primera: árido 0/5 mm con dotación de 5-6 kg/m², y en la segunda, áridos 0/10 mm con dotación de 14-15 kg/m².

Con esta técnica se han pavimentado numerosos tramos de Autopistas, entre otras: la MILAN-TURIN, GENOVA-SAVONNA, o la BOLOGNA-FLORENCIA-ROMA, Autopista que atraviesa los Apeninos, con pendientes del 4%, con IMD de 40-45.000 vehículos/día y 34% de vehículos pesados.

En lo que respecta a las características superficiales, se exigen valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento Transversal, medido con el SCRIM, superiores a 0,65, y Rugosidad Superficial medida con “minitexturómetro laser” superiores a 0,80.

Por lo que respecta al mercado italiano, se puede cifrar en unos 3 Millones/m² los realizados desde el año 88.

HOLANDA

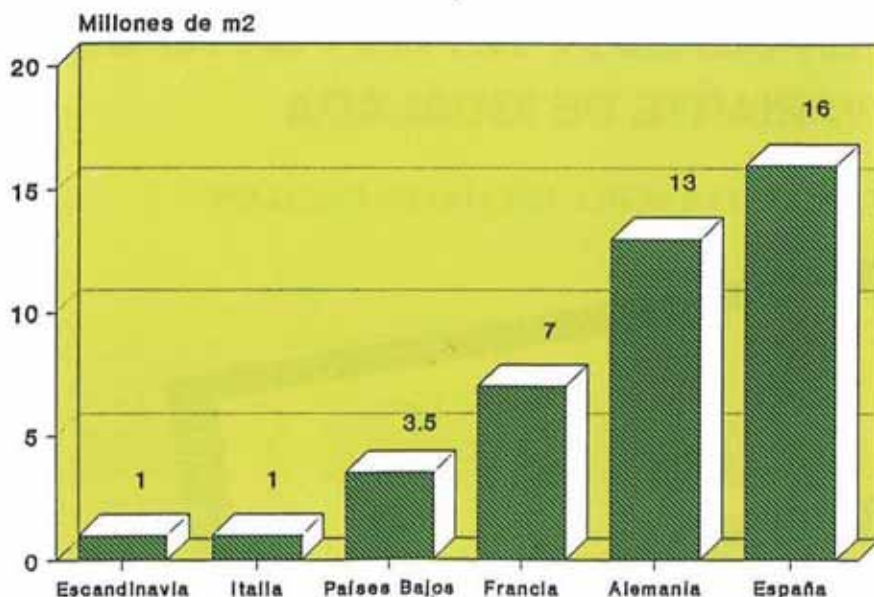
Especificaciones en revisión. Emplean tres tipos con tamaños máximos de 3, 6 y 8 mm y contenido en filler variable: 2-10% en el tipo más grueso 0/8, y 7-16% en el más fino 0/3.

Los contenidos en áridos de 2 mm y 63 µm, les sirven para fijar el por-

| | 0/3 % masa | |
|---------------|---------------|-----|
| | min | max |
| 11.2 mm | | |
| 8 mm | | |
| 5.6 mm | | |
| 4.0 mm | | 0 |
| 2 | 15 | 35 |
| 63 µm | 84 | 93 |
| % betún/árido | 8 | 12 |

centaje necesario de betún en mezcla. Basándose en estos datos em-

SLURRY SEAL Y MAC EN EUROPA



píricos, han desarrollado un método de diseño.

Se aplica fundamentalmente en trabajos de reperfilado y relleno de roderas y en clásicos trabajos de conservación, destacando, dentro de éstos, los que combinan un tratamiento superficial y un Slurry Seal (análogo al Cape Seal).

El consumo anual, en crecimiento, ascendió en el 90, a 30-40.000 Tns, lo que supuso una superficie revestida de alrededor de los 3,5 millones de metros cuadrados.

La distribución del tamaño del árido se muestra en el siguiente diagrama:

| 0/6 % masa | | 0/8 % masa | |
|---------------|-----|---------------|-----|
| min | max | min | max |
| 0 | 3 | 0 | 5 |
| 0 | 5 | 10 | 10 |
| 10 | 30 | 20 | 33 |
| 37 | 60 | 40 | 45 |
| 88 | 96 | 90 | 60 |
| 5.5 | 8.0 | 5.0 | 98 |
| | | | 7.0 |

Como resumen en el gráfico superior adjunto se recoge las producciones anuales, en metros cuadrados, de lechadas y micros en frío de los principales países europeos occidentales que emplean esta tecnología.

Se emplea también en otros países como Inglaterra, en donde se revisitaron alrededor de 2 millones de metros cuadrados en 1990, en su mayoría con lechadas tradicionales.

Menores producciones se dieron igualmente en Portugal (1 millón/

m²), Bélgica, Grecia y Suiza.

Es interesante hacer notar que con motivo de la puesta en marcha del Mercado Unico Europeo para Enero de 1993, se han creado una serie de Comités Europeos de Normalización (CEN), con objeto de revisar y armonizar las especificaciones y normativas de cada uno de los países miembros. En lo que respecta a carreteras, entre otros

4ª GENERACION

- 1988 España y Francia
- Francia: fibras 0.1 a 0.2 %
- Objetivo: granulometrías discontinuas para mejorar rugosidad
- España: 0.5 a 1 %
- Objetivo: mejorar flexibilidad y resistencia a tracción

se ha constituido el denominado Grupo de Trabajo WG2 del Cen 227 (Carreteras), que tiene por misión revisar todo lo referente a Tratamientos Superficiales y Lechadas Bituminosas, grupo en el que la participación española es muy activa.

Ultimas novedades

El más moderno desarrollo en Europa de los microaglomerados en frío, ha nacido como consecuencia de la incorporación de fibras a los micros anteriormente citados, siendo, una vez más, Francia y España, los países pioneros en estos nuevos desarrollos, aunque con objetivos claramente diferentes.

“**E**l más moderno desarrollo en Europa de los microaglomerados en frío, ha nacido como consecuencia de la incorporación de fibras a los micros anteriormente citados, siendo, una vez más, Francia y España, los países pioneros.”

En el desarrollo francés, la incorporación de fibras, tiene como objetivo primordial mejorar la rugosidad y la drenabilidad superficial, y por tanto mejorar la seguridad vial.

Con el aporte de fibras, se busca poner en obra, granulometrías discontinuas (0/6, 0/10 o incluso 0/12), sin problemas de segregación.

Las fibras son de naturaleza orgánica, de 4-8 mm de longitud, y se emplean en proporciones variables entre el 0,1 y el 0,2% sobre áridos.

En España, por el contrario, con la incorporación de fibras se busca mejorar la flexibilidad y la resistencia

Microaglomerados + Fibras

a tracción de los micros, para poder hacer frente a los graves problemas de fisuración superficial, especialmente de los firmes mixtos, constituidos con ligantes hidráulicos en las capas inferiores.

Las fibras, incorporadas en proporciones entre el 0,3 y el 1,0 % sobre áridos, contribuyen a armar el mortero constituido por los áridos minerales y el betún modificado residual, impidiendo o retrasando la fisuración, demostrable mediante ensayos de flexotracción, a bajas temperaturas.

Los buenos resultados obtenidos en los más de 600.000 m² revestidos con esta técnica, avalan el interés de las mismas, y abre un importante campo de investigación a nuevos desarrollos.