

# INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA DE LOS MICROAGLOMERADOS ASFALTICOS DISCONTINUOS EN CALIENTE

## I.- INTRODUCCION

La construcción, rehabilitación y mantención de caminos mediante materiales bituminosos ha tenido un importante desarrollo en nuestro país en las últimas décadas. El desempeño de un pavimento depende de su condición estructural y funcional. La condición estructural se basa en la capacidad de soporte del pavimento desde el punto de vista de las solicitaciones de carga, mientras que la funcional describe que tan bueno es el camino según la percepción del usuario con respecto a la seguridad y confort. Por esto el mantenimiento preventivo y técnicas de rehabilitación de superficies han adquirido gran importancia.

Este trabajo tiene como finalidad entregar las especificaciones de los *Microaglomerados discontinuos en caliente*.

Los *microaglomerados discontinuos en caliente*, se basan en el uso de cementos asfálticos modificados, diseñados por el método Marshall y/o de Cántabro, con la particularidad de utilizar áridos de granulometría discontinua y en casos especiales fibras. Se utiliza como carpeta de rodado de pequeños espesores, no obstante posee valor estructural presentando mejores características de seguridad (dadas por su macro-rugosidad, buena drenabilidad superficial y excelente comportamiento frente al deslizamiento), confort (por su baja sonoridad y mejora de la regularidad) y durabilidad.



Fig. 1 Tramo experimental Microaglomerado discontinuo en caliente, Ruta E-85 Sector San Felipe-Los Andes

## II.- DEFINICION Y CARACTERISTICAS

Se definen como mezclas asfálticas discontinuas con árido de tamaño máximo de 12,0 mm que se ponen en obra en capa de espesor medio inferior o igual a los 3,5 cm. Se emplea como capa de rodadura con aporte estructural (coeficiente estructural igual a 0,23), proporciona o restituye características superficiales a los pavimentos tales como: resistencia al deslizamiento, drenabilidad superficial, baja sonoridad, mejora notable de la comodidad y seguridad del usuario, a un costo relativamente bajo debido a su pequeño espesor.

En España se normalizaron dos tipos de mezclas discontinuas, las mezclas tipo F (capas finas), con espesores entre los 2,0 y 3,5 cm; y las tipo M (monogranulares), más finas y extendidas en capas entre 1,0 y 2,0 cm de espesor. En ambas, los tamaños máximos utilizados son 8,0 y 10,0 mm. Se caracterizan por tener un elevado contenido de árido grueso (70-85%), que asegura un buen rozamiento interno. Otra característica importante es que el filler o polvo es elevado, necesitando comúnmente filler de aportación. Están compuestas por áridos de granulometría discontinua, cemento asfáltico modificado y eventualmente fibras. Estas mezclas se diseñan por el método Marshall y Cántabro según sea el tipo y están siendo actualmente muy utilizados en España y Estados Unidos.

Las principales características de estas mezclas, que las destacan respecto de las mezclas asfálticas tradicionales, según la experiencia española de los últimos años, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Mejores condiciones de seguridad, dadas por su macro-rugosidad, que ofrecen al usuario del camino una superficie muy segura tanto a altas como bajas velocidades; buena drenabilidad superficial en tiempo de lluvia, que impide la formación de una película de agua continua cuando las precipitaciones no son muy altas, y excelente comportamiento frente al deslizamiento.
- Excelente sensación de confort, debido a su baja sonoridad y mejora de la regularidad de la textura. La sonoridad es una característica que ha adquirido cada vez más importancia, ya que se traduce en un importante factor de seguridad. Al utilizar estas mezclas se reduce el ruido de rodadura en 1,5 a 2,0 dB para pavimento seco y de 2,0 a 4,0 dB para pavimento mojado respecto de las tradicionales carpetas de rodadura.
- Mayor durabilidad por presentar una muy buena resistencia al envejecimiento y excelente comportamiento a la deformación y a la fisuración, debido al tipo y elevado contenido de ligante, traduciéndose esto en la conservación de sus características mecánicas en un amplio intervalo de temperatura.

Los *microaglomerados discontinuos en caliente* se caracterizan por tener un alto contenido de árido grueso (70 a un 80% de la mezcla), el cual es responsable de su buen rozamiento interno. Los requisitos que se le exigen a los áridos para estas mezclas son más restrictivos que los exigidos a mezclas tradicionales. Los áridos finos corresponden como máximo a un 10% de la mezcla. Las exigencias a los áridos dependerán de las categorías de tráfico pesado definidas en España (Tabla I).

**TABLA I.  
CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO**

<b>Categorías de tráfico pesado</b>	<b>Tránsito medio diario TMD</b>
T0	TMD $\geq$ 2000 – 4000
T1	2000 > TMD $\geq$ 800
T2	800 > TMD $\geq$ 200
T3	200 > TMD $\geq$ 50

### III.- PROPOSICION DE ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES Y DISEÑO DE MICROAGLOMERADOS DISCONTINUOS EN CALIENTE

#### MATERIALES

##### Aridos

Se definirán dos tipos de áridos, los áridos gruesos que corresponden a la parte del árido total retenida en el tamiz 2,5 mm (Nº8) y los áridos finos que corresponden a la parte del árido total que pasa por el tamiz 2,5 mm y queda retenida en el tamiz 80  $\mu$ m (Nº200).

El árido grueso y el fino deben cumplir con los requisitos que se muestran respectivamente en las Tablas II y III.

**TABLA II.**

<b>Ensayes/Características</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Norma</b>
Equivalente de arena	Mínimo 50%	LNV 71
Azul de metileno	Máximo 1	NLT-171/90
<b>Partículas fracturadas</b>		
- Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	100%	LNV 3
- Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas	Mínimo 75%	LNV 3
Contenido de impurezas	< 0,5%	NLT-172/86
<b>Índice de lajas</b>		
- Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	- Máximo 25 Mezclas Tipo F) - Máximo 20 (Mezclas Tipo M)	LNV 3
- Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas	- Máximo 30 (Mezclas Tipo M y F)	LNV 3
<b>Abrasión Los Angeles</b>		
- Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	- Máximo 20% (Mezcla Tipo F) - Máximo 15% (Mezcla Tipo M)	LNV 75
- Para categoría de tráfico, T3, T4 y bermas	- Máximo 25% (Mezclas Tipo M y F)	LNV 75
<b>Pulimento acelerado</b>		
- Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	- Mínimo 0,50	NLT-174/93
- Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas	- Mínimo 0,45	NLT-174/93
Adhesividad ligante-árido en agua	$\geq$ 95%	LNV 9

Los áridos finos corresponden como máximo a un 10% de la mezcla.

**TABLA III.  
REQUISITOS PARA EL ÁRIDO FINO**

<b>Ensayes</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Norma</b>
Equivalente de arena	Mínimo 50%	LNV 71
Azul metileno	Máximo 1	NLT-171/90
Adhesividad ligante- árido	> 4%	LNV 10

### Granulometría

Existen dos bandas granulométricas por tipo de mezcla, ya sea M (monogranulares) o F (capas finas), en las que se basa el diseño de los *microaglomerados discontinuos en caliente*. Estas difieren en el tamaño máximo especificado según el uso que tendrán posteriormente las carpetas. Las bandas granulométricas recomendadas son las que se presentan en la Tabla IV.

**TABLA IV.  
BANDAS GRANULOMÉTRICAS**

<b>Tamaño tamiz</b>	<b>Bandas</b>				<b>Tolerancia (%)</b>
	<b>M 8 (% pasa)</b>	<b>M 10 (% pasa)</b>	<b>F 8 (% pasa)</b>	<b>F 10 (% pasa)</b>	
<b>12,5 mm</b>		100		100	$\pm 4$
<b>10,0 mm</b>	100	75 – 97	100	75 - 97	$\pm 4$
<b>8,0 mm</b>	75 – 97		75 - 97		$\pm 4$
<b>5,0 mm</b>	15 – 28	15 – 28	25 - 40	25 - 40	$\pm 4$
<b>2,5 mm</b>	15 – 25	12 – 25	20 - 35	20 - 35	$\pm 3$
<b>630 <math>\mu</math>m</b>	9 – 18	9 – 18	12 - 25	12 - 25	$\pm 3$
<b>80 <math>\mu</math>m</b>	5 – 8	5 – 8	7 - 10	7 – 10	$\pm 1$

### Polvo mineral o filler

Se entiende por polvo mineral o filler a la fracción del árido total que pasa por el tamiz N° 100 (150  $\mu$ m) y queda retenida en el tamiz N° 200 (80  $\mu$ m). Las proporciones requeridas de polvo mineral no deben ser inferiores a las fijadas en la Tabla V. El polvo mineral que quede adherido a los áridos tras su paso por el secador, en ningún caso podrá exceder el 2% del peso de la mezcla.

**TABLA V.  
PROPORCIONES MÍNIMAS DE FILLER DE APORTACIÓN**

<b>Categoría de tráfico pesado</b>	<b>Valores mínimos % peso</b>
T0, T1 y T2	100
T3 Y T4	50

Los requisitos exigidos al polvo mineral se indican en la Tabla VI y podrá provenir de los áridos seleccionados o como cualquier producto comercial.

**TABLA VI.  
REQUISITOS PARA EL POLVO MINERAL**

<b>Ensayes</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Norma</b>	
Densidad aparente	0,5 - 0,8 g/cm <sup>3</sup>	NLT-176/92	LNV 67

### **Asfalto**

Se utilizarán cemento asfáltico modificados con elastómeros tipo 60/80 . Los cementos asfálticos modificados deberán cumplir los requisitos de la TablaVII.

**TABLA VII.  
REQUISITOS PARA CEMENTOS ASFÁLTICOS MODIFICADOS**

<b>Ensaye</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Norma</b>
	<b>60/80</b>	
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	60 – 80	LNV 34
Punto de reblandecimiento anillo y bola	Mínimo 65°C	LNV 48
Ductilidad (5 cm/min) a 5°C	Mínimo 50 cm	LNV 35
Índice de penetración	Mínimo +4	
Punto de fragilidad Fraass	Máximo -18°C	NLT 182
Punto de Inflamación	Mínimo 235 °C	LNV 36
Ductilidad (5 cm/min) a 25°C	Mínimo 80 cm	LNV 35
Recuperación elástica	Mínimo 60%	DIN 52013

### **Aditivos**

Eventualmente se podrán incorporar fibras.

Entre ellos encontramos las fibras minerales (lana de vidrio), orgánicas (celulosa), o sintéticas (polipropileno, poliésteres, acrílicas). Las fibras que eventualmente se incorporan a la mezcla permiten fijar un mayor contenido de ligante, que se traduce en una película más gruesa, sin riesgo de escurrir.

Las fibras se emplean en pequeñas proporciones del peso del árido. Para celulosa de 0.3-0.5%; para poliéster o fibra de vidrio de 0.5 - 0.6 %.

#### IV.- PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

##### DISEÑO DE LA MEZCLA

Para diseñar la mezcla se debe cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla VIII.

**TABLA VIII.  
REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA**

Ensaye/Características	Requisitos	Norma/Recomendación
<b>Dotación media</b>		
Tipo M8	25 - 40 kg/m <sup>2</sup>	
Tipo M10	35 - 50 kg/m <sup>2</sup>	
Tipo F8	40 - 75 kg/m <sup>2</sup>	
Tipo F10	50 - 100 kg/m <sup>2</sup>	
<b>% Asfalto</b>		
Tipo M8 y M10	≥ 5,0	
Tipo F8 y F10	≥ 5,5	
Betún residual en riego de adherencia :		
Tipo M8 y M10 Pavimento nuevo Pavimento antiguo	>0,25 >0,40	
Tipo F8 y F10 Pavimento nuevo Pavimento antiguo	>0,20 >0,35	
<b>Dosificación para mezclas Tipo F</b>		
Procedimiento Marshall(50 golpes) - Huecos en mezcla - Estabilidad	- Mínimo 4% - Mínimo 7,5 KN	LNV 46
Velocidad de deformación en el intervalo de 105-120 min.	12 - 15 µm/min	NLT-173/84
Pérdida de resistencia (Ensaye de inmersión-compresión)	≤ 25%	NLT-161/84 NLT-162/84
<b>Dosificación para mezclas TipoM</b>		
Procedimiento Cántabro - Tipo de probeta - Nº de golpes por cara - Pérdida por abrasión en seco (25°C) - Huecos en mezcla	Marshall 50 < 15% ≥ 12%	NLT-352/83

La dotación media corresponde al rango sobre el cual se deberá ajustar la dosis de mezcla colocada en terreno, la cual deberá distribuirse uniformemente por toda la superficie a tratar.

El betún residual en riego de adherencia corresponde al porcentaje de residuo que queda después de aplicar la dosis de riego.

**COMPARACION DE LAS CARPETAS ASFALTICAS TRADICIONALES CON LOS MICROAGLOMERADOS DISCONTINUOS EN CALIENTE**

<b>Característica</b>	<b>Carpeta asfáltica tradicional</b>	<b>Microaglomerado discontinuo en caliente</b>
Usos	Carpeta de rodado	Carpeta de rodado que mejora las características superficiales, evitando el hidropelaje por su drenabilidad superficial y disminuyendo el ruido por su macrotextura.
Materiales componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento asfáltico tradicional o modificado</li> <li>- Arido de granulometría continua</li> <li>- Filler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento asfáltico tradicional o modificado</li> <li>- Arido de granulometría discontinua</li> <li>- Filler</li> </ul>
Equipos de colocación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finisher</li> <li>- Rodillo liso con vibración</li> <li>- Rodillo reumático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finisher</li> <li>- Rodillo liso sin vibración</li> </ul>
Tiempo de mezclado y colocación	Se determina por las características del material asfáltico	Se determina por las características del material asfáltico
Espesor	Mínimo 5 cm	1,5 - 3,5 cm
Macrotextura	Lisa	Rugosa

**TABLA IX.**  
**COMPARACIÓN DE REQUISITOS PARA EL ÁRIDO Y FILLER**

<b>Ensaye/Características</b>	<b>Requisitos para la Mezcla asfáltica tradicional</b>	<b>Requisitos para el microaglomerado discontinuo en caliente</b>
<b>i) Arido grueso</b>		
Equivalente de arena	No se especifica	Mínimo 50%
Azul de metileno	No se especifica	Máximo 1
Partículas fracturadas		
Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	Mínimo 70%	100%
Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas		Mínimo 75%
Contenido de impurezas	No se especifica	< 0,5%
Índice de lajas		
Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	Máximo 15%	- Máximo 25 (Tipo F) - Máximo 20 (Tipo M)
Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas		- Máximo 30 (Mezclas Tipo F y M)
Abrasión Los Angeles		
Para categoría de tráfico T0, T1 y T2	Máximo 35%	- Máximo 20% (Tipo F) - Máximo 15% (Tipo M)
Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas		- Máximo 25% (Mezclas Tipo F y M)
Pulimento acelerado		
Para categoría de tráfico T0, T1, y T2	No se especifica	Mínimo 0,50
Para categoría de tráfico T3, T4 y bermas	No se especifica	Mínimo 0,45
Adhesividad ligante-árido en agua	No se especifica	≥ 95%
Desintegración en Sulfato de Sodio	Máximo 12%	No se especifica
Adherencia Método estático	Mínimo 95%	No se especifica
Adherencia Método dinámico	Mínimo 95%	No se especifica
<b>ii) Arido fino</b>		
Equivalente de arena	No se especifica	Mínimo 50%
Azul de metileno	No se especifica	Máximo 1
Adherencia Riedel-Weber	0 - 5%	> 4%
Índice de plasticidad	NP	No se especifica
Desintegración en Sulfato de Sodio	Máxima 15%	No se especifica
<b>iii) Polvo mineral</b>		
% pasa tamiz N° 30	100	100
% pasa tamiz N° 50	95 – 100	95 – 100
% pasa tamiz N° 200	70 – 100	70 – 100
Densidad aparente	No se especifica	0,5 - 0,8 g/cm <sup>3</sup>

**TABLA X.  
COMPARACIÓN DE REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA**

<b>Ensayes/Características</b>	<b>Requisitos para la mezcla asfáltica tradicional</b>	<b>Requisitos para el microaglomerado discontinuo en caliente</b>
Huecos en mezcla	3 - 5%	Mínimo 4% (Tipo F) ≥ 12% (Tipo M)
Estabilidad	9 – 14 KN	Mínimo 7,5 KN (Tipo F)

**V.- ESPECIFICACIONES DE TERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS SUPERFICIALES**

La superficie de la capa no debe presentar irregularidades susceptibles de retener agua, además debe tener una textura uniforme y exenta de segregaciones, debiendo cumplir con alguna especificación en cuanto a textura superficial (norma NLT-335/87) y coeficiente de resistencia al deslizamiento (norma NLT-175/88). En la Tabla XI se presentan los valores mínimos especificados para las características superficiales según tipo de mezcla.

**TABLA XI.  
VALORES MÍNIMOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES**

<b>Tipo de mezcla</b>	<b>M8</b>	<b>M10</b>	<b>F8</b>	<b>F10</b>
Resistencia al deslizamiento	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65
Textura superficial mínima (mm)	0,90	1,10	0,90	1,10

Con respecto al Índice de Rugosidad Internacional (IRI), éste debe estar de acuerdo a las exigencias de la Tabla XII

**TABLA XII.  
ESPECIFICACIONES DEL IRI**

<b>Categoría de Tráfico</b>	<b>I.R.I.</b>
<b>T0, T1 y T2</b>	
- 50% de la longitud del tramo	1,5
- 80 % de la longitud del tramo	2,0
- 100% de la longitud del tramo	2,5
<b>T3 y T4</b>	
- 50% de la longitud del tramo	2,0
- 80% de la longitud del tramo	2,5
- 100% de la longitud del tramo	3,0

En Chile esta especificación se controla cada 200 m con valor máximo individual de 2.8 (m/km) para pavimento de asfalto nuevo.

## **VI.- TRANSPORTE Y COLOCACIÓN**

### **Requerimientos Generales**

El mayor riesgo de que se produzca escurrimiento de ligante y la menor inercia térmica de las mezclas para microaglomerados respecto a una tradicional determinan las siguientes consideraciones de carácter obligatorio.

- El tiempo de transporte de la mezcla debe ser menor a 2 horas.
- Los camiones deben estar cubiertos con lonas o algún material que asegure un buen aislamiento térmico de la mezcla con el medio ambiente.

### **Compactación**

La compactación deberá realizarse con dos rodillos metálicos de 8 a 12 toneladas de peso sin vibración, para evitar cambio de granulometría en los áridos. Es conveniente que los rodillos sigan de cerca la extendidora. Para estas mezclas el número de pasadas de rodillo sin vibración será superior a 6 y se deberá hacer a la mayor temperatura posible sin sobrepasar la máxima indicada en la dosificación. No se debe producir desplazamiento de la mezcla extendida y se continuará mientras la temperatura de la mezcla no sea inferior a la indicada en la dosificación.

Los tiempos disponibles para la compactación de esta mezcla son menores que en una tradicional.

La temperatura mínima de compactación depende del ligante empleado. La puesta en obra en tiempo frío especialmente con viento fuerte, es poco aconsejable por la rapidez con que se enfrían estas mezclas con elastómeros.

No se deben emplear compactadores neumáticos porque se adhieren con facilidad a la mezcla y provocan arrancamiento de gravilla.

Por el hecho de que la temperatura de la mezcla baja rápidamente una vez colocada, evitar retoques y reparaciones localizadas.

La vibración suele ser conveniente únicamente en las juntas (usar rodillo manual metálico vibrador)

### **Apertura al Tránsito**

La apertura al tránsito debe realizarse con la mezcla suficientemente fría debido a que las condiciones extremas de calor dificultan el enfriamiento de la mezcla y le da poca estabilidad.

## **REFERENCIAS**

Normas de Ensayo del Laboratorio Del Transporte y Mecánica de Suelos (NLT) Cedex, España.

Vargas, B., Sergio        “Introducción a la Tecnología de los Microaglomerados Asfálticos en Frío y Discontinuos en Caliente”,    U.de Chile , Fac.Cs.Fis.y Matemáticas  
Depto. Ing. Civil. Año 2000.