

6

Mezclas bituminosas en frío

Las mezclas bituminosas también pueden ser fabricadas y colocadas en obra a temperatura ambiente, sin necesidad de calentar el ligante bituminoso para disminuir su viscosidad y permitir la envuelta de los áridos. Esta envuelta sólo puede hacerse a temperatura ambiente si se emplean emulsiones bituminosas como ligante.

6.1. EMULSIONES BITUMINOSAS

Una emulsión bituminosa es una dispersión de betún en agua, donde la fase continua es el agua y la discontinua la constituyen pequeñas partículas (micelas) de betún.

Para facilitar la dispersión del betún en el agua y conseguir que la emulsión sea estable se emplean unas sustancias llamadas emulsionantes que poseen dos partes diferenciadas en su molécula, una parte con gran afinidad por el betún y otra parte polar con gran afinidad por el agua. Esta doble característica les permite situarse en la interfase betún-agua evitando de este modo la coalescencia de los glóbulos de betún en la emulsión.

Según el tipo de emulsionante empleado se pueden obtener dos clases de emulsiones: aniónicas y catiónicas.

Los emulsionantes aniónicos son aquellos que presentan la parte apolar cargada negativamente.

Los emulsionantes catiónicos son los que confieren al glóbulo de betún carga positiva.

Cuando las emulsiones se ponen en contacto con los áridos, los glóbulos de betún se depositan sobre su superficie. Este proceso se denomina rotura de la emulsión y en él la carga de los glóbulos de betún de la emulsión, juega un papel básico en la adhesividad con los áridos según estos sean ácidos o básicos.

En general las emulsiones catiónicas suelen tener buena adhesividad con cualquier tipo de árido, no así las aniónicas cuyo comportamiento es mejor con áridos básicos.

En la rotura de las emulsiones tiene también una gran influencia el porcentaje de árido fino y polvo mineral del material granular a tratar. Esto ha llevado al desarrollo de tres tipos de emulsiones: de rotura lenta, media y rápida, las primeras son adecuadas para la envuelta de mezclas con altos contenidos de finos (grava-emulsión, lechadas y reciclados in situ en frío), las segundas para mezclas con pocos finos (mezclas abiertas) y por último las de rotura rápida que proporciona una cohesión inicial alta (riegos con gravilla).

Todos estos tipos de emulsiones pueden fabricarse a partir de betunes convencionales de distinta penetración y a partir de betunes modificados, lo que ha dado lugar a diferentes tipos de emulsiones, cuyas características se recogen a continuación.

Especificaciones de emulsiones bituminosas aniónicas (Art. 213, PG-3).

CARACTERÍSTICAS	Unidad	Norma NLT	EAR-1		EAR-2		EAM		EAL-1		EAL-2		EAI(1)	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
EMULSIÓN ORIGINAL														
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	s	138		50	50	40			100			50		50
Carga de las partículas		194		negativa	negativa	negativa			negativa		negativa	negativa		negativa
Contenido de agua (en volumen)	%	137		40	35		40		45			40		50
Belín asfáltico residual	%	139	60	65		57		55		60				40
Fluidificante por destilación (en volumen)	%	139		0	0		10		8			1		5
Sedimentación a los 7 días	%	140		5	5		5		5			5		10
Tamizado	%	142		0,10	0,10		0,10		0,10			0,10		0,10
Estabilidad: ensayo de demulsibilidad (35 cm ³ Cl ₂ Ca 0,0,2N)	%	141	60	60										
Estabilidad: ensayo de mezcla con cemento	%	144/85												2
RESIDUO POR DESTILACIÓN (NLT-139)														
Penetración (25°C, 100g, 5s)	0,1 mm	124	130 *60	200 *100	130 *60	200 *100	130	250	130 *60	200 *100	130 *60 **220 ***330	200 *100	200	300
Ductilidad (25°C, 5 cm/min)	cm	126	40	40	40	40	40		40		40		40	
Solubilidad en tolueno	%	130	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5		97,5		97,5		97,5	

(*) Estas emulsiones con residuos de destilación más duros se designan con el tipo correspondiente seguido de la letra "d".

(**) Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra "b".

(1) Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación.

Especificaciones de emulsiones bituminosas catiónicas (Art. 213, PG-3).

CARACTERÍSTICAS		Unidad	Norma NLT	ECR-1 Mín. Máx.	ECR-2 Mín. Máx.	ECR-3 Mín. Máx.	ECM Mín. Máx.	ECL-1 Mín. Máx.	ECL-2 Mín. Máx.	ECI(1) Mín. Máx.	
EMULSIÓN ORIGINAL											
Viscosidad Saybolt	Furol a 25°C	s	138	50				100	50	50	
	Furol a 50°C			20	40	20					
Carga de las partículas			194	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	
Contenido de agua (en volumen)		%	137	43	37	32	35	45	40	50	
Betún asfáltico residual		%	139	57	63	67	59	55	60	40	
Fluidificante por destilación (en volumen)		%	139	5	5	2	12	8	1	5	
Sedimentación a los 7 días		%	140	5	5	5	5	5	10	10	
Tamizado		%	142	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Estabilidad: ensayo de mezcla con cemento		%	144						2		
RESIDUO POR DESTILACIÓN (NLT-139)											
Penetración (25°C, 100g. 5s)		0,1 mm	124	130 *60	200 *100	130 *60	250 *100	130 *60	200 *100	130 *60 **220 ***330	200 200 300
Ductilidad (25°C, 5 cm/min)		cm	126	40	40	40	40	40	40	40	40
Solubilidad en tolueno		%	130	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5

(*) Estas emulsiones con residuos de destilación más duros se designan con el tipo correspondiente seguido de la letra "d".

(**) Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra "b".

(1) Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación.

Especificaciones de emulsiones modificadas con polímeros (Art. 216, PG-3).

CARACTERÍSTICAS		Unidad	Norma NLT	ECR-1-m		ECR-2-m		ECR-3-m		ECM-m		EAM-m		ECL-2-m	
				Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
EMULSIÓN ORIGINAL															
Viscosidad Saybolt	Furol a 25°C	s	138	50								40			50
	Furol a 50°C				20										
Carga de las partículas			194	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
Contenido de agua (en volumen)		%	137	43		37		32		35		40			40
Betún asfáltico residual		%	139	57		63		67		59		57			60
Fluidificante por destilación		%	139		5		5		2		12		10		0
Sedimentación (a los 7 días)		%	140		5		5		5		5		5		10
Tamizado		%	142	0,10		0,10		0,10		0,10		0,10			0,10
Estabilidad: ensayo de mezcla con cemento		%	144												2
RESIDUO POR EVAPORACIÓN A 163°C (NLT-147)															
Penetración (25°C, 100g.5s)		0,1 mm	124	120 *50	200 *90	120 *50	200 *90	120 *50	200 *90	100	220	100	220	100	150 *90
Punto de reblandecimiento anillo y bola		°C	125	45 *55		45 *55		45 *55		40		40		45 *55	
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)		cm	126	10		10		10		10		10		10	
Recuperación elástica (25°C torsión)		%	329	12		12		12		12		12		12	

(*) Estas emulsiones con residuos por evaporación más duros, se denominarán con el tipo correspondiente, añadiendo la letra d a continuación del número 1, 2 ó 3 (ejemplo ECR-1d-m).

El mercado CE de las emulsiones bituminosas catiónicas, las aniónicas quedan fuera por el momento, entrará en vigor de forma simultánea al de los ligantes convencionales. Las especificaciones para estas emulsiones se recogen en la norma UNE EN 13808 que, como sucedía en el caso de los betunes modificados, es una norma tipo menú que se completará con unos anexos nacionales en los que se definirán los tipos más utilizados en cada país.

En las tablas siguientes se muestra una posible adaptación de las emulsiones catiónicas recogidas en la especificación española a las recogidas en la UNE EN 13808.

La norma UNE EN 13808 recoge algunos ensayos nuevos sobre la emulsión:

- Velocidad de rotura, que nos indica la capacidad de la emulsión de mezclarse con una cantidad de un polvo mineral sin romper y sirve para la clasificación de las emulsiones en rápidas, medias o lentas.
- Mezcla con finos, parámetro característico de las emulsiones para lechadas bituminosas de rotura controlada.
- Poder de penetración, que da una idea de la capacidad de penetración de una emulsión en una base del polvo mineral de referencia.
- Tiempo de fluencia, que mide la viscosidad de la emulsión y se empleará en lugar de la viscosidad Saybolt-Furol.
- Adhesividad, relativa a un árido "tipo" que cada país establece, aunque también se puede emplear con los de obra.

Otro cambio significativo se da en la obtención del residuo de la emulsión que ya no se obtiene por los métodos habituales, sino mediante métodos más complejos, describiéndose además distintos residuos: el obtenido inmediatamente tras la rotura (UNE EN 13074), el obtenido tras un proceso de estabilización a corto plazo (UNE EN14895) y, por último, el que resultaría por envejecimiento "natural" tras el periodo de servicio en la carretera (EN14769).

Por último, cambia también la denominación de las emulsiones que según la normativa europea se realizará empezando por la letra C (Caciónica) seguida por un número que indique el contenido mínimo de ligante (incluido fluidificante), seguido del tipo de ligante: B (Betún), P (Polímero) y F (Fluidificante) y, acabando con un número indicativo de la clase de velocidad de rotura.

Aplicaciones:		Riesgos de adherencia	Riesgos con gravilla	Riesgos con gravilla	Riesgos con gravilla	Mezclas abiertas en frío	Riesgos de imprimación y Mezclas densas en frío	Lechadas de rotura controlada	MDF, GE y Reciclados	Riesgos de Imprimación
Denominación Actual		ECR-1	ECR-2	ECR-3	ECM	ECL-1	ECL-2	ECL-2	ECL-2	ECI
Requerimiento Técnico	Norma EN	C60B3	C65B3	C69B3	C67BF4	C60BF5	C60B5	C60B7	C50BF5	
Propiedades perceptibles	1425	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR
Polaridad de Partículas	1430	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Índice de rotura	13075-1	50-100	50-100	50-100	70-130	120-180	120-180	≥220	≥220	120-180
Mezcla con cemento, g	12848	-	-	-	-	-	-	TBR	TBR	-
Tiempo de mezcla con finos, s	13075-2	-	-	-	-	≥180	≥300	TBR	TBR	TBR
Poder de penetración, min	12849	-	-	-	-	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR
Contenido de ligante, %	1428	58-62	63-67	67-71	65-69	58-62	58-62	58-62	58-62	48-52
Contenido de aceite destilado, %	1431	≥58	≥63	≥67	≥67	≥58	≥58	≥58	≥58	≥48
Tiempo de fluencia, s	1431	≤2	≤2	≤2	≤10	≤8	≤2	≤2	≤2	5-15
Residuo de tamizado por tamiz 0,5mm, %	12846	15-45/35-80	70-130	10-45/30-70	10-45	10-45	10-45	10-45	10-45	10-45
Tendencia a la sedimentación 7 días, %	1429	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1
Adhesividad, % cubrición	12847	≤10	≤5	≤5	≤5	≤10	≤10	TBR	TBR	TBR
	13614	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90
Método de recuperación: Evaporación según EN 13074										
Penetración a 25°C, 0,1 mm	Tipo b	1426	≤220/≤330 ≤150/≤220	≤220/≤330 ≤150/≤220	≤330/≤330 ≤330/≤330	≤330/≤330 ≤220/≤330	≤150 ≤100	≤330	≤330	>330
	Tipo d									
Punto de reblandecimiento, °C	Tipo b	1427	≥39/≥35 ≥43/≥39	≥39/≥35 ≥43/≥39	≥35/≥35 ≥35/≥35	≥35/≥35 ≥39	≥43 ≥50	≥35 ≥39	≥35 ≥39	≤35
	Tipo d									
Método de recuperación: Evaporación según EN 13074 seguido de estabilización según EN 14895 y envejecimiento según EN 14769										
Penetración a 25°C, 0,1 mm		1426	DV	DV	DV	DV	DV	DV	DV	DV
Punto de reblandecimiento, °C		1427	DV	DV	DV	DV	DV	DV	DV	DV

TBR: el fabricante puede dar un valor pero no está obligado a ello.

DV: el fabricante puede dar un valor.

Aplicaciones:		Riesgos de adherencia	Riesgos con gravilla	Riesgos con gravilla	Riesgos con gravilla	Mazclas abiertas en frío	Lechadas de rotura controlada
Denominación Actual	Norma EN	ECR-1m	ECR-2m	ECR-3m	ECMm	ECCL-2m	
Requerimiento Técnico	1425	TBR	C67BP3	C69BP3	TBR	C60BP5	
Propiedades perceptibles	1430	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	TBR	TBR
Polaridad de Partículas	13075-1	50-100	50-100	50-100	70-130	120-180	
Índice de rotura	12848	-	-	-	-	>2	
Mezcla con cemento, g	13075-2	-	-	-	-	≥180	
Tiempo de mezcla con finos, s	1428	58-62	65-69	67-71	65-69	58-62	
Contenido por cont. de agua	1431	≥58	≥65	≥67	≥67	≥58	
Contenido de ligante, %	1431	≤2	≤2	≤2	≤10	≤2	
Contenido de aceite destilado, %	12846	15-45	70-130	10-45	10-45	10-45	
Tiempo de fluencia, s	1429	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	
Tiempo de tamizado por tamiz 0,5mm, %	12847	-	-	-	-	-	
Tiempo de tamizado por tamiz 0,16mm, %	13614	≤10	≤5	≤5	≤5	TBR	
Tendencia a la sedimentación 7 días, %		≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	
Adhesividad, % cubrición							
Método de recuperación: Evaporación según EN 13074							
Penetración a 25°C, 0,1 mm	Tipo d	≤330	≤330	≤330	≤330	≤220	
		≤150	≤150	≤150	≤150	≤150	
Punto de reblandecimiento, °C	Tipo d	≥35	≥35	≥35	≥35	≥50	
		≥43	≥43	≥43	≥43	≥43	
Cohesión por fuerza-ductibilidad a 5°C, J/cm²		≥1	-	-	-	≥1	
Cohesión por Péndulo, J/cm²							
	13588	-	≥0,5	≥0,5	-	-	
Recuperación elástica a 25°C, %							
	13398	>30	>30	>30	>30	>30	
Método de recuperación: Evaporación según EN 13074 de estabilización según EN 14895 y envejecimiento según EN 14769							
Penetración a 25°C, 0,1 mm	1426	DV	DV	DV	DV	DV	
Punto de reblandecimiento, °C	1427	DV	DV	DV	DV	DV	
Cohesión por fuerza-ductibilidad a 5°C, J/cm²	13589-13703	DV	-	-	DV	DV	
Cohesión por Péndulo, J/cm²	13588	-	DV	DV	-	-	
Recuperación elástica a 25°C, %	13398	TBR	TBR	TBR	TBR	TBR	

TBR: el fabricante puede dar un valor pero no está obligado a ello.

DV: el fabricante puede dar un valor.

6.2. GRAVA - EMULSIÓN (ATEB)¹

Se denomina grava-emulsión a una mezcla homogénea de áridos, emulsión bituminosa, agua y, ocasionalmente, aditivos, cuya fabricación y puesta en obra se realizan a temperatura ambiente, y que se utiliza en capas inferiores de los firmes.

La grava-emulsión es una mezcla muy versátil debido a sus características, pues además de su elevada capacidad soporte, propia de las capas granulares tratadas, tiene una gran capacidad para evitar la reflexión de fisuras, es autorreparable y se acomoda a los movimientos del soporte, lo que la hace ideal para capas de base y/o subbase en firmes de nueva construcción, o como capa de base y capas anti-remonte de fisuras, en refuerzos, regularizaciones, ensanches y reparaciones.

Materiales.

Áridos.

Los áridos a emplear en la grava-emulsión podrán ser naturales o artificiales. Se establecen tres tipos de mezclas grava-emulsión en función del huso en el que se halle comprendida la curva granulométrica de los áridos que las constituyen: GE1 - GE2 - GE3.

Grava-emulsión. Husos Granulométricos (ATEB).

Cernido acumulado (% en masa).

Tipo	TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)										
	40	31,5	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,125	0,063
GE1	-	100	80-100	66-82	54-69	38-54	26-40	13-22	8-16	5-10	2-5
GE2	-	100	80-100	58-86	43-73	26-55	17-40	9-23	7-18	4-14	2-10
GE3	100	-	-	-	-	26-62	18-50	9-33	-	-	2-13

En calzadas con tráfico T3 o superior será preceptivo el empleo del huso GE1. El huso GE3 únicamente podrá emplearse en calzadas si la intensidad media diaria de vehículos pesados es inferior a 10 (IMDP < 10).

¹*Nota: especificaciones basadas en el pliego elaborado por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas.*

Grava-emulsión. Especificaciones material granular (ATEB).

CATEGORÍA DE TRÁFICO			T00	T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
ÁRIDO COMBINADO	LIMPIEZA	Equivalente de arena UNE-EN 933-8	> 45			> 40	> 35	> 40	
	TEXTURA Y FORMA	Proporción de partículas trituradas (% en masa) UNE-EN 933-5	> 90			> 75	> 50	> 90 cat. T00 a T2, > 50 cat. T3 o T4	
		Índice de lajas UNE-EN 933-3	< 30			< 35			
ÁRIDO GRUESO (retenido 2 mm)	CALIDAD	Desgaste Los Ángeles UNE-EN 1097-2	< 30			< 35			
	LIMPIEZA	Impurezas (%) UNE 146130 a. C	< 0,5						
	COMPOSICIÓN	Proporción de arena natural (%)	< 10		< 15		< 20		
ÁRIDO FINO (pasa 2 mm, retenido 0,063 mm)	PLASTICIDAD	Límite Líquido e Índice de Plasticidad UNE 103103 y UNE 103104	No plástico				LL < 25 e IP < 6		
	ADHESIVIDAD	Riedel-Weber NLT-355	> 4						

Emulsión.

El tipo de emulsión bituminosa a emplear será: EAL-2, EAL-2d, ECL-2, ECL-2d, ECL-2m o ECL-2dm.

Criterios de diseño.

La dotación mínima de ligante residual será del 3% en masa sobre el total del árido combinado seco, en calzadas con categoría de tráfico T3 o superior, y del 2,5% en los restantes casos, debiéndose controlar su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión.

Grava-emulsión. Resistencias mínimas en el ensayo de inmersión-compresión (NLT-162) (ATEB).

Categoría del tráfico pesado	CALZADA			ARCÉN		
	En seco (MPa)	Tras inmersión (MPa)	Conservada (%)	En seco (MPa)	Tras inmersión (MPa)	Conservada (%)
T2 o superior	1,5	1,2	75	0,9	0,7	50
T3	1,2	1,0	60	0,8	0,6	-
T4	0,9	0,7	50	0,8	0,6	-

Capacidad estructural (Norma 6-1 IC).

Estas capas tienen un coeficiente de equivalencia de 0,75. En el dimensionamiento del firme, su espesor de capa, h , es equivalente al 0,75 h de una mezcla bituminosa en caliente.

Ejecución y puesta en obra.

La fabricación de estas mezclas puede realizarse con plantas más sencillas que las empleadas para las mezclas en caliente, similares a las usadas para materiales tratados con cemento. En la compactación deben emplearse equipos que proporcionen una alta energía de compactación.

Grava-emulsión.

Especificaciones de la unidad terminada. Compactación y geometría (ATEB).

DENSIDAD (g/cm^3)	ESPESOR	ANCHURA
$D > 98\% D_{\text{Proctor Modificado}}$	$e \geq e_{\text{proyecto}}$	$a \geq a_{\text{proyecto}}$

Grava-emulsión.

Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad superficial IRI (ATEB).

IRI (dm/hm)	<2	<2,5	<3
Porcentaje de hectómetros	50	80	100

6.3. MEZCLAS ABIERTAS EN FRÍO (ATEB)²

Las mezclas bituminosas abiertas en frío son el resultado de la combinación en frío de áridos gruesos (material que pasa por 2 mm inferior al 5%) con una emulsión bituminosa y ocasionalmente aditivos. La mezcla, que puede ser almacenada, debe poderse extender y compactar a temperatura ambiente.

Estas mezclas trabajan por rozamiento interno y suelen ser utilizadas en carreteras con tráfico T2, T3 y T4, en capas de rodadura e intermedia, como tratamiento antifisuras y para bacheos.

Se establecen cuatro tipos de mezclas abiertas en frío en función del tamaño máximo del árido que las constituyen: AF8 - AF12 - AF20 - AF25.

² Nota: especificaciones basadas en el pliego elaborado por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas.

*Mezclas abiertas en frío. Husos granulométricos (ATEB).
Cernido acumulado (% en masa).*

Tipo	TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)							
	40	31,5	20	12,5	8	4	2	0,063
AF8	-	-	-	100	50-75	10-28	0-5	0-2
AF12	-	-	100	60-85	30-55	6-24	0-5	0-2
AF20	-	100	70-95	45-70	22-46	3-20	0-5	0-2
AF25	100	81-93	54-78	30-58	16-42	3-20	0-5	0-2

El tipo de mezcla bituminosa abierta en frío a emplear se selecciona en función del espesor de la capa.

*Mezclas abiertas en frío.
Espesor de capa y tipo de mezcla (ATEB).*

ESPESOR (cm)	TIPO DE MEZCLA
< 4	AF8
4 - 6	AF12
6 - 8	AF20
> 8	AF25

Materiales.

Áridos (ATEB).

CATEGORÍA DE TRÁFICO			T2	T3	T4	Arcenes
ÁRIDO GRUESO (retenido 2 mm)	TEXTURA Y FORMA	Proporción de partículas trituradas (% en masa) UNE-EN 933-5	> 90		> 75	
		Índice de lajas				
	CALIDAD	Desgaste Los Ángeles UNE-EN 1097-2	< 20	< 25	< 30	
		C.P.A. UNE 146130 anexo D	> 0,45			
LIMPIEZA	Impurezas (%) UNE 146130 anexo C	< 0,5				

Emulsión.

El tipo de emulsión bituminosa a emplear será: EAM, EAM-m, ECM o ECM-m.

Criterios de diseño.

La dosificación de la emulsión bituminosa referida a la masa del total de los áridos se fijará en base a la superficie específica de dichos áridos (NLT-365), debiendo superar los siguientes límites.

Mezclas abiertas en frío.

Contenido mínimo de betún residual (ATEB).

Dosificación mínima de betún residual (%)	Capa rodadura	3,0
	Demás capas	2,5

También debe controlarse la calidad de la envuelta y su resistencia a la acción del agua (adhesividad) y la cohesión que proporciona el betún residual a la mezcla, una vez que se haya producido el proceso de curado mediante el ensayo Cántabro.

Mezclas abiertas en frío.

Calidad envuelta y adhesividad (ATEB-CEPSA PROAS).

PROPIEDAD		LÍMITE
Envuelta (s)	Tiempo de rotura NLT-145	< 90
Adhesividad (%)	Proporción cubierta NLT-196	> 80
Pérdida por desgaste (%)	Cántabro (*)	< 25 (categoría T3 o superiores)

(*) Probetas curadas en estufa dos días a 75 °C tras cinco días a 90 °C. Procedimiento de curado desarrollado por PROAS.

Ejecución y puesta en obra.

En su fabricación se emplean plantas más sencillas que las empleadas para la fabricación en caliente, similares a las empleadas para materiales tratados con cemento. Su compactación se realiza con rodillos lisos y neumáticos, siendo a veces común el extendido de una arena o producto de sellado para su protección final.

No existe un procedimiento de ensayo que pueda ser aplicado con facilidad en el control de su compactación y por ello, se ha de vigilar el procedimiento: tipo de compactadores y número de pasadas.

Mezclas abiertas en frío.

Especificaciones de la unidad terminada. Geometría (ATEB).

ESPESOR	ANCHURA
$e \geq e_{\text{proyecto}}$	$a \geq a_{\text{proyecto}}$

Mezclas abiertas en frío.

Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad superficial IRI (ATEB).

IRI (dm/hm)	<2	<2,5	<3
Porcentaje de hectómetros	50	80	100

Mezclas abiertas en frío.

Especificaciones de la unidad terminada. Textura y adherencia (ATEB).

Profundidad mínima mancha de arena (NLT-335) (mm) (*)	Sin tratamiento de protección	Con tratamiento de protección
	1,5	1,0
Coefficiente mínimo rozamiento transversal (NLT-336) (%) (*)	60	

(*) Medida antes de la puesta en servicio.

(**) Medida una vez transcurridos dos (2) meses desde la puesta en servicio de la capa.