

PLIEGO DE MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

ELABORADO POR



(Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas)

Coordinado por :

Miguel Ángel Del Val Melus
Catedrático de Universidad (Universidad Politécnica de Madrid)

MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

1 DEFINICIÓN.

Se define como mezcla bituminosa abierta en frío la combinación de áridos gruesos con una emulsión bituminosa y ocasionalmente aditivos, cuyo proceso de fabricación no requiere en general calentar previamente los componentes. La mezcla, que puede ser almacenada, debe poderse extender y compactar a temperatura ambiente.

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie que recibirá la mezcla.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Almacenamiento de la mezcla, si procede.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Extensión y compactación de la mezcla.
- Ejecución de un tratamiento de protección, si procede.

2 MATERIALES.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará en todo caso, además, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

2.1 Emulsiones bituminosas.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa a emplear que, salvo justificación en contrario, será EAM, EAM-m, ECM o ECM-m, y cumplirá lo establecido en los artículos 213 o 216, según corresponda, del PG-3. En el caso de emplear otro tipo de emulsión bituminosa, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las especificaciones que deba cumplir.

2.2 Áridos.

Se adoptan las denominaciones siguientes:

- Árido grueso es la parte del conjunto de fracciones granulométricas retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.
- Árido combinado es el obtenido mezclando las distintas fracciones de los áridos según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo.

Dado que las mezclas bituminosas abiertas en frío están constituidas por áridos gruesos, las condiciones que a continuación se establecen están referidas a dichos áridos gruesos.

2.2.1 Condiciones generales.

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas abiertas en frío podrán ser naturales o artificiales siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a utilizar áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

También podrá emplearse como árido el material procedente del fresado de mezclas bituminosas. En este caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la proporción de material procedente de fresado a emplear.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas dosificadoras.

2.2.2 Inalterabilidad.

Los áridos no serán susceptibles de experimentar ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciables bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar los suelos o corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o procedentes del fresado de mezclas bituminosas, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la UNE-EN 1744-3.

2.2.3 Angulosidad (Partículas trituradas).

La proporción de partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 1.

Tabla 1 PARTÍCULAS TRITURADAS.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	PROPORCIÓN MÍNIMA DE PARTÍCULAS TRITURADAS (% en masa)
T3 o superior	90
T4 y arcenes	75

2.2.4 Forma (Índice de lajas).

Los valores máximos del índice de lajas, según la UNE-EN 933-3, serán iguales o inferiores a los de la tabla 2.

Tabla 2 INDICE DE LAJAS.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	VALOR MÁXIMO DEL ÍNDICE DE LAJAS
T3 o superior	30
T4 y arcenes	35

2.2.5 Resistencia a la fragmentación (Coeficiente Los Angeles).

El coeficiente Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2, deberá cumplir lo establecido en la tabla 3.

Tabla 3 COEFICIENTE DE DESGASTE LOS ÁNGELES.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	MÁXIMO COEFICIENTE LOS ÁNGELES
T2 o superior	20
T3	25
T4 y arcenes	30

2.2.6 Resistencia al pulimento (Coeficiente de pulimento acelerado).

El coeficiente de pulimento acelerado del árido para su empleo en capas de rodadura, según el anexo D de la UNE 146130, deberá cumplir lo fijado en la tabla 4.

Tabla 4 COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	MÍNIMO COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO
T2 o superior	0,45
T3, T4 y arcenes	0,40

En el caso de utilizar áridos certificados según la UNE-EN 13043, se exigirá la categoría PSV₅₀ para las categorías de tráfico pesado T2 y superiores, y la categoría PSV₄₄ para las categorías de tráfico pesado T3 y T4 y para arcenes.

2.2.7 Limpieza (Contenido de impurezas).

Los áridos estarán exentos de arcilla, materia vegetal, margas u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de impurezas, según el anexo C de la UNE 146130, del árido grueso deberá ser inferior al cinco por mil (0,5 %) en masa; en caso contrario, el Director de las Obras podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros métodos por él aprobados y una nueva comprobación.

2.3 Aditivos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará los aditivos que pueden utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA .

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el huso granulométrico dentro del que deberá estar comprendida la curva granulométrica del árido combinado, que será uno de los indicados en la tabla 5. El análisis granulométrico se realizará según la UNE-EN 933-1.

La dosificación mínima de betún residual, en proporción de la masa total de árido combinado, no será inferior al dos y medio por ciento (2,5 %), excepto en la capa de rodadura, donde será superior al tres por ciento (3,0 %).

Tabla 5 HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO.

TIPO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% EN MASA)						
	Tamices UNE-EN 933-2 (mm)						
	40	31,5	20	12,5	8	4	2
AF8	-	-	-	100	50-75	10-28	0-5
AF12	-	-	100	60-85	30-55	6-24	0-5
AF20	-	100	70-95	45-70	22-46	3-20	0-5
AF25	100	81-93	54-78	30-58	16-42	3-20	0-5

El tipo de mezcla bituminosa en frío a emplear en función del espesor de la capa se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, según la tabla 6.

Tabla 6 TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA.

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

4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Se estará en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental de seguridad y salud y de transporte, en lo referente a equipos empleados en la ejecución de las obras.

4.1 Central de fabricación.

La fabricación de las mezclas abiertas en frío se llevará a cabo en centrales de mezclado, las cuales pueden ser fijas o móviles. Las centrales de mezclado podrán ser de tipo continuo o discontinuo. Irán provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar, por separado, la emulsión bituminosa y los áridos, con una precisión compatible con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas de almacenamiento de los áridos deberán tener paredes resistentes y estancas, con bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente. La separación entre las tolvas será la suficiente para evitar contaminaciones entre ellas. Su número mínimo dependerá del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero en todo caso no será inferior a dos (2). Las tolvas de alimentación de los áridos deberán estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados con precisión, y mantenidos en cualquier ajuste.

El sistema de almacenamiento y alimentación de emulsión será el adecuado para permitir una buena circulación de ligante con caudal uniforme, y debe asegurar una correcta dosificación, cuidando especialmente de que en las válvulas no existan fugas, goteos ni obstrucciones.

En el caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá contar con un sistema de dosificación específico.

El Director de las Obras aprobará el equipo de fabricación, una vez realizadas las pruebas de producción y comprobadas la correcta dosificación y homogeneización de la mezcla.

4.2 Elementos de transporte.

Para el transporte de la mezcla a su lugar de empleo se utilizarán camiones volquetes de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia y que se tratará, para evitar que la mezcla se adhiera a ella, con un producto cuya composición y dotación deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

La forma y la altura de la caja de los camiones deberán ser tales que, si el vertido se realiza en la tolva de una extendedora, el camión sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados en todo momento al ritmo de ejecución de la obra y a la capacidad del equipo de extensión, con el fin de reducir las paradas al mínimo. Deberán disponer de una lona que cubra totalmente la caja del camión, para su empleo en la protección de la mezcla.

4.3 Equipos de extensión.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá el tipo y las características del equipo de extensión. Se emplearán preferentemente extendedoras autopropulsadas o, en su caso, plantas móviles. En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se indicará si se admite el empleo de motoniveladora, que en todo caso deberá ir provista de placas laterales.

Los equipos estarán dotados de los dispositivos necesarios para extender la mezcla con la anchura, el espesor y la configuración definidos en los Planos del Proyecto. Su capacidad y su potencia motriz serán las adecuadas a la producción prevista.

Las extendedoras deberán estar dotadas de un dispositivo automático de nivelación. Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste o por otras causas.

Las anchuras máxima y mínima de la extensión se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si a la extendedora se pudieran acoplar piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

4.4 Equipo de compactación.

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios y de neumáticos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá la composición mínima del equipo de compactación.

Todos los tipos de compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de llantas metálicas no presentarán surcos ni irregularidades en ellas. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de su marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las ruedas delanteras con las traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores serán aprobadas por el Director de las Obras, y serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido ni arrollamientos de la mezcla.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretende realizar.

5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

La fabricación y la puesta en obra de la mezcla no se iniciarán hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción del árido en la mezcla.
- La granulometría de los áridos combinados por los tamices 40, 31,5, 20, 12,5, 8, 4, 2 y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- Tipo y características de la emulsión bituminosa.
- La dosificación de la emulsión bituminosa referida a la masa del total de los áridos, y la de los aditivos referida a la masa de la emulsión bituminosa.
- En su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obras, fijará la dosificación mínima del ligante hidrocarbonado teniendo en cuenta los materiales disponibles y la experiencia obtenida en casos análogos.

La dosificación mínima de la emulsión bituminosa se fijará a partir de la siguiente expresión basada en la superficie específica de los áridos:

$$B_R = (K/100) \cdot (1,5A + 2,5B + 4C + 6D + 9E + 12F), \text{ siendo:}$$

B_R = Proporción de betún residual sobre la masa seca de los áridos.

K = Coeficiente de riqueza, cuyo valor es 1 en capas de rodadura y 0,9 en capas inferiores.

A = Proporción de áridos retenida por el tamiz UNE 20 mm.

B = Proporción de áridos que pasa por el tamiz UNE 20 mm y es retenida por el tamiz UNE 8 mm.

C = Proporción de áridos que pasa por el tamiz UNE 8 mm y es retenida por el tamiz UNE 4 mm.

D = Proporción de áridos que pasa por el tamiz UNE 4 mm y es retenida por el tamiz UNE 2 mm.

E = Proporción de áridos que pasa por el tamiz UNE 2 mm y es retenida por el tamiz UNE 0,063 mm.

F = Proporción de áridos que pasa por el tamiz UNE 0,063 mm.

El tiempo de rotura y la envuelta de la emulsión bituminosa frente a los áridos combinados, se valorarán mediante los ensayos recogidos en la NLT-145. El tiempo de rotura no superará los noventa segundos (90 s) y la envuelta deberá ser satisfactoria.

La adhesividad frente al agua se valorará mediante los ensayos recogidos en la NLT-196. La adhesividad deberá ser buena antes de la acción del agua en forma de lluvia y aceptable después de dicha acción. Con el árido de obra la proporción cubierta deberá ser superior al ochenta por ciento (80 %).

Deberá comprobarse que, con la dosificación fijada, no se producen escurrimientos en la mezcla. En caso contrario, deberá ajustarse la velocidad de rotura de la emulsión bituminosa, o bien la granulometría de los áridos combinados, en cuyo caso se repetirá el proceso de dosificación.

Adicionalmente, para categorías de tráfico pesado T3 o superiores, el Director de las Obras podrá exigir la determinación de la pérdida por desgaste tras el ensayo Cántabro en seco, que no habrá de rebasar el

veinticinco por ciento (25 %). El procedimiento operativo para la preparación, curado y ensayo de las probetas deberá constar de los siguientes pasos:

1. Se seguirán los apartados 1.1 al 3.1.5 de la NLT-352 (redacción del año 2000), pero sin aplicar los apartados 1.2, 3.1.2 y 3.1.3.
2. Una vez compactadas las probetas, se harán deslizar hasta dejarlas enrasadas con una de las aberturas del molde.
3. Se apoyarán las probetas sobre una superficie rígida y perforada (por ejemplo, una rejilla metálica con perforaciones de 3-4 mm).
4. Se introducirán las probetas y los soportes en una estufa de convección forzada a una temperatura de 75 ± 2 °C, dejándolas curar durante cuarenta y ocho horas (48 h).
5. Al finalizar este período de tiempo se observará si en la base de las probetas se ha producido escurrimiento de betún. Si no lo hubiese, se incrementará la temperatura de la estufa hasta 90 ± 2 °C, dejando las probetas en ella durante cinco (5) días más. Si apareciese escurrimiento de betún, deberá abandonarse el ensayo y actuar sobre el ligante bituminoso y/o sobre la granulometría de la mezcla bituminosa.
6. Pasados los cinco (5) días, se sacarán las probetas de la estufa, dejándolas enfriar a temperatura ambiente para desmoldarlas posteriormente.
7. A continuación, se procederá según lo indicado en los apartados 3.1.6 y sucesivos de la citada NLT-352.

Si la marcha de las obras lo aconsejase, el Director podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. Se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

5.2 Preparación de la superficie existente.

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se fuera a extender la mezcla. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar zonas dañadas.

Si la superficie existente estuviese constituida por un material no tratado, se aplicará sobre ella un riego de imprimación (artículo 530 del PG-3); en el caso de una superficie tratada con un ligante o conglomerante, se aplicará un riego de adherencia (artículo 531 del PG-3). Los riegos se realizarán con arreglo a las prescripciones de los artículos correspondientes del PG-3 y del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se comprobará que haya transcurrido el plazo de rotura o de curado de estos riegos, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie; asimismo, si hubiera transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se comprobará que su capacidad de unión con la mezcla no hubiera disminuido en forma apreciable; en caso contrario, el Director de las Obras podrá ordenar una nueva aplicación.

5.3 Aprovisionamiento.

5.3.1 Aprovisionamiento de la emulsión.

El volumen mínimo de almacenamiento de cada tipo de emulsión a emplear será el correspondiente a un día de producción.

Se cumplirán las prescripciones de los artículos 213 o 216 del PG-3, según corresponda, y las del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

5.3.2 Aprovechamiento de áridos.

El volumen mínimo de los acopios con los que se debe contar antes de iniciar la producción será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En el caso de obras pequeñas, con un volumen total inferior a quinientos metros cúbicos (500 m³), deberá estar acopiada la totalidad de los áridos antes de empezar la fabricación de la mezcla. En obras de mayor tamaño, el volumen a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares será el treinta por ciento (30 %) como mínimo.

Cada fracción de árido se acopiará separada de las demás para evitar contaminaciones entre ellas. Si los acopios se dispusiesen sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios se construirán por capas sensiblemente horizontales de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.

5.4 Fabricación de la mezcla.

La carga de las tolvas de áridos se realizará de forma que estén siempre llenas entre el cincuenta y el cien por ciento (50 a 100 %) de su capacidad, sin llegar a rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las salidas de las tolvas y los dosificadores de áridos se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo con el caudal necesario para la producción prevista.

Si la central es de tipo continuo, se introducirán en el mezclador los áridos y, de forma sucesiva, la proporción de emulsión establecida.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los áridos, se agregará la cantidad de emulsión precisa para cada amasada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Una vez realizadas las pruebas de producción y comprobada la correcta dosificación y homogeneización de la mezcla, el Director de las Obras aprobará el equipo de fabricación.

En el caso de utilizar instalaciones móviles, el Director de las Obras comprobará que el equipo reúne las condiciones necesarias para realizar una mezcla con la composición y homogeneidad requeridas.

5.5 Transporte de la mezcla.

La mezcla se transportará hasta el lugar de empleo evitando la segregación.

Cualesquiera que sean las condiciones climáticas, se protegerá la mezcla con un cobertor adecuado que cubra totalmente la caja del camión.

5.6 Extensión de la mezcla.

A menos que el Director de las Obras permita otro procedimiento, la extensión comenzará por el borde inferior, y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se consiga la mayor continuidad de la extensión teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo de extensión y la producción de la central.

Si la extensión se lleva a cabo con extendedora, ésta se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, después de la compactación, se obtengan las rasantes y secciones definidas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el presente artículo.

Si la extensión se efectúa con motoniveladora ésta deberá trabajar con la hoja llena, prácticamente perpendicular al eje de la carretera, con el fin de evitar segregaciones, y sin que la hoja toque la capa inferior.

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado, la operación de extensión se detendrá si se observa que se produce segregación o contaminación o falta de uniformidad en la textura superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias para impedirlo.

5.7 Compactación de la mezcla.

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba.

La compactación se efectuará longitudinalmente, de manera continua y sistemática, comenzando por los bordes, progresando hacia el centro y solapándose en cada recorrido una anchura no inferior a un tercio de la anchura del compactador. Si la extensión de la mezcla bituminosa se realizase por franjas contiguas, al compactar la primera de ellas se dejarán sin compactar longitudinalmente los quince centímetros (15 cm) limítrofes con la siguiente franja adyacente, de tal manera que al compactar ésta el compactador pasará a compactar los quince centímetros (15 cm) de la primera, evitando así la junta longitudinal. En todo caso, se evitará que los camiones circulen sobre la zona sin compactar.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora. Los cambios de dirección y sentido se harán sobre la mezcla ya compactada con suavidad. Se cuidará de que los elementos de compactación estén limpios y, si fuera preciso, húmedos.

5.8 Juntas.

Se dispondrán juntas de trabajo transversales entre los tramos ejecutados en jornadas distintas.

Las juntas de trabajo transversales, se dispondrán de forma que su borde quede perfectamente vertical, recortando parte de la capa terminada. Se aplicará en la junta una capa uniforme y delgada de emulsión bituminosa, antes de reanudar la extensión de la mezcla bituminosa.

Si se trabaja por fracciones de la anchura total, se dispondrán juntas longitudinales si transcurre más de una jornada entre la extensión de dos franjas contiguas.

En el caso de construir por tongadas o capas superpuestas las juntas transversales de tongadas superpuestas estarán separadas al menos cinco metros (5 m) y las longitudinales al menos quince centímetros (15 cm).

5.9 Protección de la superficie.

Si tras la puesta en obra de la capa se prevé su apertura inmediata al tráfico, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la necesidad de ejecutar un tratamiento de protección de la superficie. Dicho tratamiento consistirá en la aplicación y compactación de un enarenado sobre la mezcla ya compactada. El árido a utilizar será limpio, procedente de trituración, con un tamaño máximo de cuatro milímetros (4 mm) y con la dotación fijada por el Director de las Obras.

La dosificación del árido será, como mínimo, de tres litros por metro cuadrado (3 l/m²) y como máximo cinco litros por metro cuadrado (5 l/m²), y en su aplicación se emplearán camiones provistos de dispositivos que aseguren una extensión uniforme y ajustada a la dotación prevista. Ocasionalmente, previa aprobación del Director de las Obras, podrá extenderse la arena de forma manual mediante palas y cepillos.

El apisonado del árido deberá realizarse con compactadores de neumáticos, procediendo, a continuación, a eliminar el árido sobrante mediante barrido.

6 TRAMO DE PRUEBA.

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa abierta en frío será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo y la forma de actuación de los equipos de extensión y de compactación.

El tramo de prueba tendrá una longitud que será definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- El funcionamiento del equipo de fabricación de la mezcla.
- La composición y el método de actuación del equipo de extensión y de compactación.
- El comportamiento del material en la compactación.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa y se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir: estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en el equipo de fabricación o en los sistemas de extensión, etc.
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios o sustitutorios.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de las Obras haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.

7.1 *Espesor y anchura.*

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de 10 milímetros (10 mm) en capas de rodadura, ni de quince milímetros (15 mm) en las restantes capas.

El espesor de una capa no deberá ser inferior al previsto para ella en los Planos de secciones tipo del Proyecto.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de los Planos de secciones tipo del Proyecto.

7.2 *Regularidad superficial.*

Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares estableciere unas mayores exigencias, el índice de regularidad superficial (IRI), según la NLT-330, de la capa terminada deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.

TABLA 7 - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)

PROPORCIÓN DE HECTÓMETROS (%)	IRI EN CAPAS DE RODADURA E INMEDIATAMENTE INFERIORES
50	< 2,0
80	< 2,5
100	< 3,0

7.3 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento.

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura, la macrotextura superficial, según la NLT-335, y la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 8.

TABLA 8 MACROTEXTURA SUPERFICIAL (NLT-335) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NLT-336) DE LAS MEZCLAS PARA CAPAS DE RODADURA.

MACROTEXTURA SUPERFICIAL (* Valor mínimo (mm))		RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (**) CRT mínimo (%)
Sin tratamiento de protección	Con tratamiento de protección	60
1,5	1,0	

(*) Medida antes de la puesta en servicio

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

8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas abiertas en frío si la temperatura ambiente a la sombra es inferior a cinco grados Celsius (5 °C). Con viento intenso, después de una helada, o si se producen precipitaciones atmosféricas, el Director de las Obras podrá aumentar dicho límite.

No se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada mientras no esté terminada su compactación y, en su caso, el tratamiento de protección.

9 CONTROL DE CALIDAD.

9.1 Control de procedencia de los materiales.

9.1.1 Control de procedencia de la emulsión bituminosa.

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 213 o en el artículo 216 del PG-3, según el tipo de emulsión a emplear.

9.1.2 Control de procedencia de los áridos

Si con los áridos se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo o estuviese en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad reconocido por la Administración Pública competente, según lo indicado en el apartado 12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado para capas de rodadura, según el anexo D de la UNE 146130.
- La densidad relativa y la absorción, según la UNE-EN 1097-6.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos con nuevas muestras y la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Proporción de partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5.
- Proporción de impurezas, según el anexo C de la UNE 146130.

El Director de las Obras comprobará además:

- La retirada de la eventual montera en la extracción de los áridos.
- La exclusión de vetas no utilizables.
- La adecuación de los sistemas de trituración y de clasificación.

9.2 Control de calidad de los materiales.

9.2.1 Control de calidad de la emulsión bituminosa.

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en los artículos 213 o 216 del PG-3, según el tipo de emulsión a emplear.

9.2.2 Control de calidad de los áridos.

Se examinará la descarga en el acopio o la alimentación de las tolvas, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores, así como los accesos.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos dos (2) veces al día:

- Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.

Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5.
- Proporción de impurezas, según el anexo C de la UNE 146130.

Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- Coeficiente Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- Coeficiente de pulimento acelerado, según el anexo D de la UNE 146130.
- Densidad relativa y absorción, según la UNE-EN 1097-6.

9.3 Control de ejecución.

9.3.1 Fabricación.

Se tomará diariamente, según la UNE-EN 932-1, un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la UNE-EN 933-1.

En centrales de mezcla continua se calibrará al menos una vez a la semana el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos, y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Al menos semanalmente se verificará la exactitud de las básculas de dosificación.

Se tomarán muestras en la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Control del aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte.
- Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), y al menos una (1) vez por lote, contenido de ligante residual, según la UNE-EN 12697-1, y granulometría de los áridos extraídos, según la UNE-EN 12697-2.

Adicionalmente, para categorías de tráfico pesado T3 o superiores, al menos una (1) vez al día y al menos una (1) vez por lote, el Director de las Obras podrá exigir la determinación de la pérdida por desgaste tras el ensayo Cántabro en seco, según el procedimiento detallado en el apartado 5.1.

Si se emplean plantas móviles, las muestras para los anteriores ensayos se tomarán a la salida del elemento de extensión.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo, en proporción sobre la masa del árido seco, serán las de la tabla 9.

TABLA 9 – TOLERANCIAS EN LA FÓRMULA DE TRABAJO SEGÚN LA CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO (% en masa).

CARACTERÍSTICA		Calzadas con T3 o superior	Resto
Tamices	> 2 mm	± 4	± 6
	2 mm	± 2	± 2
	0,063 mm	± 1	± 1
Ligante residual		± 0,3	± 0,4

9.3.2 Puesta en obra.

9.3.2.1 Extensión.

Se medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 8 de este artículo.

Antes de verter la mezcla desde el elemento de transporte, se comprobará su aspecto.

Se verificará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado.

9.3.2.2 Compactación.

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El lastre, masa total y, en su caso, presión de inflado de los compactadores.
- La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

9.4 Control de recepción de la unidad terminada.

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, el menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a una (1) sola capa de mezcla bituminosa:

- Quinientos metros (500 m).
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²).
- La fracción construida diariamente.

En obra nueva se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución, y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 7.2. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar antes de la recepción definitiva las obras.

En capas de rodadura se realizarán además los ensayos siguientes:

- Medida de la macrotextura superficial, según NLT-335, antes de la puesta en servicio de la capa, en cinco (5) puntos del lote aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro (1/hm).
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio de la capa.

10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.

10.1 Espesor.

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 7.1. Asimismo, no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido en una capa fuera inferior al especificado en el apartado 7.1, se procederá de la siguiente manera:

Para capas intermedias y de rodadura:

- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia o de rodadura fuera inferior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 7.1, se rechazará la capa debiendo el Contratista levantar la capa mediante fresado y reponerla por su cuenta.
- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia o de rodadura fuera superior al noventa por ciento (90%) de lo especificado en el apartado 7.1, y no existieran problemas de encharcamiento, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).

10.2 Regularidad superficial.

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden de los límites establecidos en el apartado 7.2, se procederá de la siguiente manera:

- Si los resultados de la regularidad de la capa acabada exceden de los límites establecidos en el apartado 7.2. en más de un diez por ciento (10 %) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se extenderá por cuenta del Contratista una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine el Director de las Obras.
- Si los resultados de la regularidad de la capa acabada exceden de los límites establecidos en el apartado 7.2 en menos del diez por ciento (10 %) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se corregirán los defectos de regularidad superficial por cuenta del Contratista.

10.3 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento.

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la tabla 7. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (25%).

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 7, se procederá de la siguiente manera:



- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 7, se demolerá el lote, se retirará a vertedero y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 7, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 7. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más de cinco centésimas (0,05).

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 7, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 7, se demolerá el lote, se retirará a vertedero y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 7, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

11 MEDICIÓN Y ABONO.

Únicamente si la capa de asiento no fuera construida bajo el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente, por metros cuadrados (m²) realmente ejecutados.

La preparación de la superficie existente no es objeto ni está incluida en esta unidad de obra. El riego de adherencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531 del PG-3.

La fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas en frío se abonará por toneladas (t) realmente puestas en obra, determinadas mediante pesada de los camiones en báscula. Este abono incluye los áridos, incluido el procedente de fresado de mezclas bituminosas, y todas las operaciones de acopio, preparación, fabricación, puesta en obra y terminación. No serán de abono las creces laterales, ni las consecuencias de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes, que excedan las tolerancias establecidas para esas capas.

Salvo en capas de regularización de firmes no construidos bajo el mismo Contrato, no serán de abono los excesos de espesor que superen el diez por ciento (10 %) del previsto en las secciones tipo de los Planos del Proyecto.

La emulsión bituminosa empleada en la fabricación de la mezcla bituminosa en frío se abonará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición abonable de fabricación y puesta en obra la dosificación media deducida de los ensayos de control de cada lote.

Los activantes u otros aditivos, si los hubiere, sólo se abonarán separadamente si lo establece explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y su precio unitario figura en el Cuadro de Precios del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición de emulsión la dosificación aprobada.

Las adiciones, si las hubiere, se abonarán por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición de árido la dosificación aprobada.

La protección de la superficie, en su caso, se abonará por metros cuadrados (m²) realmente ejecutados medidos sobre el terreno.

12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se aceptará como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Administración Pública competente.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras o por los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

NORMAS REFERENCIADAS.

NLT-145	Envuelta de áridos con las emulsiones bituminosas.
NLT-159	Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
NLT-196	Envuelta y resistencia al desplazamiento por el agua de las emulsiones bituminosas.
NLT-330	Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.
NLT-335	Medida de la macrotextura superficial de un pavimento por la técnica volumétrica.
NLT-336	Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.
NLT-352	Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste.
UNE 146130	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas (esta norma no está vigente, salvo en lo que se refiere a los anexos C y D, que son los que se citan en estas prescripciones técnicas).
UNE-EN 932-1	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
UNE-EN 933-1	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.
UNE-EN 933-2	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
UNE-EN 933-3	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
UNE-EN 933-5	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas del árido grueso.
UNE-EN 1097-2	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
UNE-EN 1097-6	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.
UNE-EN 1744-3	Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.
UNE-EN 12697-1	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
UNE-EN 12697-2	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.
UNE-EN 13043	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.



Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas

C/ San Severo, 18
28042 – Madrid (España)
Teléfono : 91/329.17.37
Fax : 91/329.28.66

E-mail : secretaria.j.rincon@ateb.es

www.ateb.es