

MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE

ARTÍCULO 451 – 13

451.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

451.2 MATERIALES

451.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Además, deberán cumplir con los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 451 - 1.

Tabla 451 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Angeles, máximo (%)	E-218	35	35	35
- 500 revoluciones		7	7	7
- 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238		30	25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224			90
- Valor en seco, mínimo (kN)				75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio del agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	60/-	75 / -	75 / -
Adhesividad (O)				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

El conjunto de agregado grueso y agregado fino se deberá ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 451 - 2.

Tabla 451 - 2. Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	75	63	50	37.5	19.0	9.5	4.75	2.26	0.150
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 100
% PASA									
MAC-75	100	95-100	-	30-70	3-20	0-5	-	-	-
MAC-63	-	100	-	35-70	5-20	-	-	0-5	-
MAC-50	-	-	100	75-90	50-70	-	8-20	-	0-5
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	5 %						3 %		

Salvo que los estudios del proyecto indiquen lo contrario, se empleará la gradación tipo MAC-50.

451.2.2 Material bituminoso

Será cemento asfáltico del tipo especificado en los documentos del proyecto; si estos no lo especifican, será cemento asfáltico de penetración 60-70, que cumpla los requisitos indicados en el Artículo 410.

451.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

451.3 EQUIPO

Al respecto, se considerará lo que resulte aplicable de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación:

- La extensión de la mezcla se puede efectuar también con motoniveladora, si así lo aprueba el Interventor.
- El equipo de compactación consistirá tan sólo de rodillos metálicos lisos, preferiblemente entre ocho y diez toneladas (8 t - 10 t) de peso.

451.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

451.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

451.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Considerando que no existen métodos idóneos para el diseño de estas mezclas, se elegirá un porcentaje preliminar de asfalto con respecto a la masa de la mezcla, el cual se ajustará como resultado de las pruebas que se realicen durante la fase de experimentación. Dicho porcentaje suele oscilar entre uno y medio por ciento (1.5 %) y tres por ciento (3.0 %).

451.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de extender la mezcla, se limpiará y acondicionará debidamente la superficie que la va a recibir, con el fin de que no presente polvo u otros elementos extraños, ni queden fragmentos sueltos del pavimento sobre el cual se colocará la mezcla.

También, se deberán efectuar los bacheos y nivelaciones que, a juicio del Interventor, se requieran para mejorar la estructura y el perfil del pavimento existente.

Si la extensión de la mezcla requiere un riego de liga previo, éste se realizará conforme lo establece el Artículo 421 de estas especificaciones,

con una emulsión asfáltica de los tipos CRR-1 o CRR-2 que cumpla los requisitos indicados del Artículo 411.

Antes de extender la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego de liga. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación de éste, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego previo es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En el momento de la extensión de la mezcla, la superficie deberá estar seca.

451.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

451.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Aplicará lo descrito en el numeral 450.4.5 del Artículo 450.

451.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión; si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por

combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema. En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura de elaboración de la mezcla se definirá durante la fase de experimentación y suele variar entre ciento diez y ciento veinte grados Celsius ($110^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C}$). El tiempo de mezcla no deberá exceder de treinta (30) segundos.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15°C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que se consiga la envuelta satisfactoria de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios ($2/3$) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas deberán quedar cubiertas de ligante de manera satisfactoria, a juicio del Interventor. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de

contaminación o de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de tipo discontinuo. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que, a juicio del Interventor, la envuelta no sea satisfactoria.

451.4.7 Transporte de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.7 del Artículo 450.

451.4.8 Transferencia de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.8 del Artículo 450.

451.4.9 Extensión de la mezcla

Rige, en general, lo descrito en el numeral 450.4.9 del Artículo 450; en este caso no se requieren obreros que agreguen y enrasen la mezcla tras la pavimentadora.

Se permitirá la extensión de la mezcla con motoniveladora, en las circunstancias en que el Interventor considere aconsejable el empleo de este procedimiento

451.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, empleando rodillos metálicos lisos estáticos que no produzcan fracturación de las partículas del agregado pétreo. El número de pasadas deberá ser el establecido durante la fase de experimentación y será lo suficientemente bajo para prevenir sobrecompactaciones que reduzcan el volumen de aire en la mezcla.

La compactación deberá comenzar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

A causa de la aspereza de la mezcla, se deberán evitar al máximo las correcciones mediante procedimientos manuales

451.4.11 Juntas de trabajo

Rige lo descrito en el numeral 450.4.11 del Artículo 450.

451.4.12 Bacheos

La mezcla abierta en caliente podrá ser utilizada en el relleno de excavaciones, únicamente para la reparación de pavimentos existentes que contengan capas inferiores asfálticas agrietadas y éstas vayan a constituir el fondo de la excavación.

El espesor que se podrá rellenar con mezcla abierta en caliente será el indicado en los documentos del proyecto o el establecido por el Interventor, de acuerdo con las circunstancias de la obra.

451.4.13 Apertura al tránsito

Debido a su bajo contenido de asfalto y a la posibilidad de desintegración bajo la acción de las cargas del tránsito, no se permitirá que la mezcla compactada sea sometida a la circulación de vehículos.

El Constructor deberá tomar las disposiciones necesarias para que se cumpla esta instrucción y organizará su plan de trabajo de manera que la capa superior, de gradación densa, semidensa o gruesa, según lo establezca el proyecto, se construya a la mayor brevedad.

451.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas abiertas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5º C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de la mezcla abierta en caliente se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

451.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

451.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

451.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

451.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

451.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**451.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410.

451.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos**451.5.2.2.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos indicados en la Tabla 451 - 1.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en 451.2.01.A, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

451.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 451 -3.

Tabla 451 - 3. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en caliente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado

en la Tabla 451 - 3, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 451.2.1 del presente Artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

451.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. Rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

451.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 451.5.2.4.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %),

respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF}\% - 0.3\% \leq \text{ART}\% \leq \text{ARF}\% + 0.3\%$$

[451.1]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART}\% - 0.5\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 0.5\%$$

[451.2]

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 451 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Si la curva granulométrica queda dentro de la franja, pero los valores incumplen los requisitos recién indicados, el Interventor rechazará el lote representado por dicha curva. En subsidio, podrá aceptarlo provisionalmente bajo el compromiso

escrito del Constructor de que, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, realizará todas las reparaciones que se requieran a satisfacción del Instituto Nacional de Vías, si en la capa que se colocará sobre la mezcla abierta en caliente se producen, dentro del término del contrato y de la garantía de estabilidad de las obras, reflejos de fallas de capas inferiores, atribuibles a las deficiencias granulométricas de la mezcla abierta en caliente.

451.5.2.4 Calidad del producto terminado

451.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

451.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se harán las siguientes verificaciones:

451.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada (e_m) no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[451.3]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al setenta y cinco por ciento (75 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.80 e_d$$

[451.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.5.2.4.4 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no deberán estar

afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser reparadas por el Constructor, a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

451.5.2.4.5 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla abierta en caliente, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla abierta en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y de terminación excedan las tolerancias indicadas en esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

451.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en los numerales 400.6.2 y 400.6.3.

451.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

451.8 ÍTEM DE PAGO

451.1 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-75	Metro cúbico(m ³)
451.2 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-63	Metro cúbico(m ³)
451.3 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50	Metro cúbico(m ³)
451.4 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50 para bacheo	Metro cúbico(m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS