SECCIÓN 520-11

MEZCLAS ASFÁLTICAS DISCONTINUAS EN CALIENTE (MICROAGLOMERADO EN CALIENTE)

520.1 DESCRIPCION

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica preparada y colocada en caliente, cuyos agregados presentan una discontinuidad muy acentuada en los tamices superiores del agregado fino, la cual se emplea como rodadura para medios y altos volúmenes de tránsito, de acuerdo con esta Sección y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos.

Esta Sección no hace referencia a las mezclas asfálticas en caliente de tipo denso (MD), semidenso (MS), grueso (MG), drenantes (MDr), o abiertas (MAC), las cuales son objeto de las Secciones 510-10, 512-10, y 514-10 del Capítulo 5 de estas especificaciones.

La designación de los microaglomerados se compone de una combinación de letras mayúsculas y números arábigos. Las letras se refieren al tipo de microaglomerado, en tanto que los números dependen del tamaño máximo nominal del agregado pétreo, definido como el número entero, en milímetros, que más se acerca a la abertura del primer tamiz que retiene de forma acumulada más de diez por ciento (10 %), en masa, del agregado. Así, por ejemplo, un mezcla definida como MM10, es un microaglomerado (M) tipo M (M) elaborado con agregados cuyo tamaño máximo nominal es 10 milímetros.

520.2 MATERIALES

520.2.1 Criterio de Aceptación

Los requisitos que se exigen en esta Sección para garantizar la calidad de los materiales son un conjunto de propiedades que buscan garantizar un adecuado desempeño con el tiempo de las estructuras construidas. La evaluación de los materiales no se centrará en un único parámetro sino en el conjunto de los mismos; por tal motivo, la aprobación de los materiales a ser empleados deberá ser sustentada mediante un informe técnico desarrollado por el especialista de geotecnia y/o pavimentos, donde se consigne cuál será el desempeño de las capas construidas relacionando los resultados obtenidos de la caracterización de los materiales con sus posibles cambios en el proceso de construcción, y la durabilidad y desempeño en el periodo de diseño, proponiendo las estrategias necesarias a nivel constructivo para garantizar el cumplimiento de las exigencias del diseño.

El interventor aprobará o rechazará los materiales en función de los requisitos establecidos en esta Sección y el informe de desempeño del especialista.

520.2.2 Agregados pétreos y llenante mineral

Los agregados pétreos empleados para la ejecución del microaglomerado en caliente deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico a utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción combinada del agua y del tránsito. Cuando se empleen agregados con características hidrófilas, se deberá comprobar la adhesividad con el asfalto cumpliendo el requisito de pérdida por abrasión que se indica en el numeral 520.3.4 de esta Sección.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable 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 o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución del microaglomerado en caliente, deberá realizar todos los ensayos físicos, químicos, mecánicos y petrológicos que sean necesarios, para asegurar la calidad e inalterabilidad de los agregados que pretende utilizar, independiente y complementariamente de todos los que de manera taxativa se exigen en esta Sección.

520.2.2.1 Agregado grueso

Para el objeto de la presente Sección, se denominará agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto o afecten adversamente la durabilidad de la mezcla compactada. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en la Tabla 520.1.

Tabla 520.1
Requisitos del agregado grueso para microaglomerado en caliente

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisitos por Categoría de Tránsito	
			T2-T3	T4-T5
Petrografía				
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Nota (1)	
Dureza				
Desgaste Los Ángeles	En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218-07	30	25
Micro Deval, % máximo		INV E-238-07	25	20
10% de finos	Valor en seco, kN mínimo	INV E-224-07	75	110
	Relación húmedo/seco, % mínimo		75	75
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	Sulfato de Magnesio	INV E-220-07	18	18
Geometría de las Partículas				
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara - 2 caras	INVE-227-07	75 60	90 75
Índice de Aplanamiento, % máximo		INV E-230-07	25	20
Índice de Alargamiento, % máximo		INV E-230-07	25	20
Resistencia al Pulimento				
Coeficiente de Pulimento Acelerado para capas de rodadura, valor mínimo		INV E-232-07	0.45	0.50

(1) En este análisis se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar.

Cuando la fórmula de trabajo exija la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 520.1 deberán ser satisfechos para el conjunto de la mezcla.

520.2.2.2 Agregado fino

Para el objeto de la presente Sección, se denominará agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm (No. 4) y 75 μm (No. 200). El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del quince por ciento (15 %) de la masa total del agregado combinado. En todo caso, la proporción de agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 520.2.

Cuando la fórmula de trabajo exija la mezcla de dos (2) o más agregados finos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 520.2 deberán ser satisfechos para el conjunto de la mezcla.

Tabla 520.2
Requisitos del agregado fino para microaglomerados en caliente

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisitos por Categoría de Tránsito	
			T2-T3	T4-T5
Petrografía				
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Nota (1)	
Contenido de Arena Natural				
Proporción máxima de arena natural , en peso		-	20	10
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220-07	18	18
Geometría de las Partículas				
Angularidad del Agregado Fino, % mínimo		AASHTO T-304	45	45

(1) En este análisis se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar.

520.2.2.3 Llenante mineral

El llenante mineral es la porción de agregado que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), la cual podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o del colector de polvo de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento Portland. La proporción de llenante mineral de aporte deberá ser, como mínimo, de cincuenta por ciento (50 %) respecto de la masa llenante total, excluido el que inevitablemente quede adherido a los agregados. Este último, no podrá exceder de dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla, salvo que el Interventor confirme que cumple las mismas condiciones que el exigido como aporte.

El peso unitario aparente del llenante mineral, determinado por el ensayo de sedimentación en tolueno (norma de ensayo INV E-225-07), deberá encontrarse entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico (0.5 y 0.8 g/cm³).

520.2.2.4 Agregados combinados

520.2.2.4.1 Granulometría

La mezcla de los agregados grueso y fino, y el llenante mineral, deberá ajustarse en cuanto a su granulometría a las exigencias que se presentan en la Tabla 520.3. Las determinaciones se efectuarán de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213-07.

Tabla 520.3
Granulometría de agregados combinados para microaglomerados en caliente

Tipo de Mezcla		Tamiz (mm / U.S. Standard)						
		12.50	9.50	8.00	4.75	2.00	0.425	0.075
		1/2”	3/8”	5/16”	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% Pasa						
Microaglomerado	MM8		100	75-97	15-28	11-22	8-16	5-8
	MM10	100	75-97	-	15-28	11-22	8-16	5-8
	MF8		100	75-97	25-40	18-32	10-20	7-10
	MF10	100	75-97	-	25-40	18-32	10-20	7-10

Independientemente del cumplimiento de la franja granulométrica, la fracción de agregado que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y es retenida por el tamiz de 2.00 mm (No. 10), debe ser inferior a nueve por ciento (9%).

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente Sección, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la

franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

La franja por utilizar será la indicada en los documentos técnicos del proyecto.

520.2.2.4.2 Proporción de finos y Actividad

La Proporción de finos y Actividad se determinará sobre el agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, y deberá cumplir los requisitos que se exigen en la Tabla 520.4.

Tabla 520.4
Requisitos de Proporción de Finos y Actividad para el agregado combinado

Ensayo	Norma de Ensayo	Requisitos por Categoría de Tránsito		
		T0-T1	T2-T3	T4-T5
Índice de Plasticidad, % máximo	INV E-126-07	No plástico	No plástico	No plástico
Equivalente de Arena, % mínimo	INV E-133-07	40	40	40
Valor de Azul de Metileno, mg/g máximo	INV E-235-07	8	8	8

520.2.2.4.3 Relación llenante/ligante

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de llenante mineral y de ligante asfáltico para las mezclas del tipo M deberá encontrarse entre 1.1 y 1.3. En el caso de las mezclas del tipo F, dicha relación deberá encontrarse en el intervalo de 1.3 a 1.7.

En ningún caso, la concentración del llenante podrá superar el valor crítico, según la norma de ensayo INV E-745-07.

520.2.3 Ligante asfáltico

El material bituminoso para elaborar el microaglomerado en caliente será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos II ó III de la Tabla 202.1 de la Sección 202 de las presentes especificaciones. El tipo por utilizar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

520.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor, y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla que se indica en el numeral 520.3.4 de esta Sección. Así mismo, 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 o del Instituto de Desarrollo Urbano.

520.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del ligante asfáltico por emplear, y de los eventuales aditivos, para que sean avalados por medio de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en la mezcla.

Una vez el Interventor efectúe todas las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. En dicha fórmula se consignarán la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben mezclarse, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación establecida para el microaglomerado por construir. Siempre que el Instituto de Desarrollo Urbano exija que se evalúen las propiedades de empaquetamiento de los agregados en la mezcla, se aplicará para ello el método Bailey.

El Constructor elaborará un informe detallado en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados y del asfalto, y la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados, se deberá indicar el porcentaje del ligante asfáltico residual (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

Deberán señalarse también:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de los agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y el ligante.

- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador, las cuales dependerán del tipo de planta en la cual se elabore la mezcla.
- La temperatura mínima de la mezcla en el momento de la descarga desde el equipo de transporte.
- Las temperaturas máxima y mínima aceptables de la mezcla al inicio y terminación de la compactación.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en esta Sección.

La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan, y previo el visto bueno del Interventor.

Las mezclas discontinuas en caliente se diseñarán en función del tipo de granulometría del agregado, siguiendo los criterios que se describen a continuación.

520.3.1 Diseño de mezclas discontinuas tipo M

Los microaglomerados del tipo M se diseñarán a partir del ensayo Cántabro descrito en la norma de ensayo INV E-760-07. Los vacíos con aire de la mezcla compactada se deberán calcular como se indica en la norma de ensayo INV E-736-07. Los criterios de dosificación de estas mezclas se señalan en la Tabla 520.5.

La temperatura de elaboración de la mezcla deberá corresponder, en principio, a una viscosidad del ligante comprendida entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt), debiendo verificarse que no se produzca escurrimiento del ligante a dicha temperatura.

Tabla 520.5
Criterios de dosificación de microaglomerados tipo M con el ensayo Cántabro

Característica	Norma de Ensayo	Valor
Compactación (golpes/cara)	INV E-748-07	50
Pérdida por abrasión en seco	INV E-760-07	Máximo 15 %
Vacíos con aire en la mezcla compactada	INV E-736-07	Mínimo 12 %

520.3.2 Diseño de mezclas discontinuas tipo F

Los microaglomerados del tipo F se prepararán y ensayarán de acuerdo con el método Marshall (INV E-748-07), aplicando 50 golpes por cara para la compactación de las probetas. Los criterios de dosificación son los que muestra la Tabla 520.6.

Tabla 520.6
Criterios de dosificación de microaglomerados tipo F con el ensayo Marshall

Característica	Norma de Ensayo	Valor
Estabilidad (kg)	INV E-748-07	750 mín.
Vacíos con aire (%)	INV E-748-07 INV E-736-07	4 mín.

520.3.3 Composición de la mezcla

La relación en peso llenante/ligante efectivo de la mezcla óptima se deberá encontrar entre doce y catorce décimas (1.2 – 1.4) en las mezclas del tipo M, y entre catorce y diez y ocho décimas en las tipo F (1.4 – 1.8). La composición del microaglomerado en caliente se ajustará a lo establecido en la Tabla 520.7.

Tabla 520.7
Tipo, composición, y dosificación del microaglomerado en caliente

Característica		Tipo de Mezcla			
		MM10	MM8	MF10	MF8
Cantidad media de mezcla (kg/m²)		55-70	35-50	65-80	40-55
Ligante residual en el microaglomerado (% en peso sobre agregados secos).		5.0 mín.		5.5 mín.	
Ligante residual en el riego de liga (kg/m²)	Pavimento nuevo	0.3 mín.		0.25 mín.	
	Pavimento antiguo	0.4 mín.		0.35 mín.	

520.3.4 Comprobación de la adhesividad

Para el microaglomerado tipo F, en todos los casos se deberá comprobar la adhesividad entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico, caracterizándolo con el contenido óptimo de ligante de acuerdo con el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E–725-07, para verificar su sensibilidad al agua. La resistencia promedio a tracción indirecta de las probetas sometidas a curado húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) del valor promedio alcanzado por las probetas curadas

en condición seca. Si no se alcanza este valor, se deberá incrementar la adhesividad empleando un aditivo mejorador de adherencia apropiado y/o un llenante mineral especial.

Para el microaglomerado tipo M, en todos los casos se deberá comprobar la adhesividad entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico, caracterizando la mezcla en presencia de agua. Al efecto, la pérdida por abrasión en el ensayo Cántabro, según la norma de ensayo INV E-760-07, tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60° C), no podrá exceder de veinticinco por ciento (25 %). Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

520.3.5 Resistencia a la Deformación Plástica

La mezcla óptima de microaglomerado tipo F diseñada con el método Marshall deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756-07. Las probetas para ensayo deberán tener un espesor aproximadamente igual al cuádruple del tamaño máximo nominal del agregado pétreo. La velocidad de deformación en el intervalo de ciento cinco (105) a ciento veinte (120) minutos no podrá ser mayor de 15 μm/minuto. Si este requisito no se cumple, se deberán efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

520.3.6 Módulo Dinámico

La mezcla óptima diseñada deberá ser verificada con la medida de su módulo dinámico de acuerdo con las hipótesis de diseño y los criterios de fatiga empleados.

Para esto se elaborarán tres (3) probetas por cada quinientos metros cúbicos (500 m³) de mezcla asfáltica en caliente colocada, para verificar en el laboratorio la medida de su módulo dinámico, según la norma INV E-754-07.

El módulo promedio de las tres (3) probetas (M_m) no podrá exceder en más del quince por ciento (15%) el valor considerado en la hipótesis de diseño (M_d), ni encontrarse por debajo en más del cinco por ciento (5%) de este valor.

$$0.95M_d \leq M_m \leq 1.15M_d$$

Si este valor del módulo no se cumple, será necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento.

520.3.7 Leyes de Fatiga

Se establecen dos instancias para la verificación de la condición de fatiga de la mezcla asfáltica, la primera corresponde a la aprobación de la mezcla en concordancia con las hipótesis de diseño, y la segunda corresponde al control de calidad para la aprobación de la misma, con el fin de garantizar la conformidad del producto durante la ejecución de la obra.

La medida de la ley de fatiga en la mezcla asfáltica se realizará de acuerdo con el método de ensayo y la instancia correspondiente que se establecen en la Tabla 520.8. Para obtener la aprobación del uso de la mezcla, el Constructor deberá presentar, adicional al diseño, el histórico del último año de los registros del ensayo de fatiga, realizados para ese tipo de mezcla en la planta seleccionada para el suministro. El especialista de pavimentos, mediante concepto técnico, analizará el comportamiento y la variabilidad en la producción de la mezcla y su aproximación a las hipótesis de diseño.

Para el caso de plantas nuevas que no cuenten con un registro histórico, se deberán realizar, como mínimo, tres (3) pruebas diferentes sobre el mismo tipo de mezcla producida en diferentes días, con el fin de analizar su variabilidad.

Tabla 520.8
Método de Ensayo para la medida de la ley de fatiga

Instancia	Método de Ensayo	Mezcla asfáltica a ensayar
Diseño	Deformación controlada	Óptima diseñada
Control de Calidad	Deformación controlada o Esfuerzo controlado (1)	Suministrada en la vía por la planta

(1) Una vez adoptado un método de ensayo en el procedimiento de control, éste no se debe variar.

Los ensayos de fatiga se realizarán bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento. Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30.

El Constructor deberá asegurarse de que las leyes de fatiga de las mezclas que elabore sean adecuadas para las necesidades de tránsito del proyecto donde se utilizará, por cuanto será de su entera y única responsabilidad cualquier deterioro prematuro atribuible exclusivamente a la fatiga de las capas asfálticas, durante el período de garantía de estabilidad de la obra.

520.3.8 Ajuste de la Fórmula de Trabajo

La mezcla discontinua en caliente no se podrá fabricar a escala industrial mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación, en particular respecto de la cantidad media de microaglomerado por aplicar para obtener el espesor compacto establecido en los documentos técnicos del proyecto. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera continua las tolerancias granulométricas establecidas en esta Sección, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

520.4 EQUIPO

En adición a lo descrito en la Sección 107.2 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

520.4.1 Equipo para el procesamiento de los agregados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria, y una terciaria, siempre que ésta última se requiera; deberá incluir una clasificadora adecuada y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

520.4.2 Planta central de mezcla

520.4.2.1 Requisitos para todas las plantas

El microaglomerado en caliente se fabricará en plantas centrales de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada, y su capacidad mínima de producción estará señalada en el Pliego de Condiciones y dependerá de las características de la obra por ejecutar.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire, y para su funcionamiento en la obra. Se deberá presentar al Instituto de Desarrollo Urbano la correspondiente autorización expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Las tolvas para agregados en frío deberán tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La

separación entre ellas debe garantizar que no se produzcan inter-contaminaciones. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear.

La central estará dotada de un tambor secador que permita el secado correcto de los agregados, así como su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. Su sistema de combustión, que deberá ser limpio y completo, debe impedir la emisión de residuos que contaminen los agregados y la atmósfera. La planta deberá poseer, además, un dispositivo que permita la toma de muestras de agregados pétreos secos, antes de su mezcla con el ligante asfáltico, para verificar su limpieza. El sistema de extracción de polvo, por vía seca o húmeda, deberá evitar su emisión a la atmósfera y el vertido de lodos a cauces de agua e instalaciones sanitarias, de acuerdo con la legislación ambiental y sanitaria vigente.

El combustible empleado para la producción de la mezcla será propano, butano, gas natural o fuel oil de los grados 1, 2, 4 ó 5. Los dos últimos (grados 4 y 5) deben cumplir los requisitos de la norma ASTM D 396. Se permite el empleo de aceites combustibles reciclados, siempre que cumplan los requisitos de la norma ASTM D 6448. El Constructor deberá certificar que cada carga de aceite combustible satisface los requisitos de la especificación ASTM aplicable. La producción de la mezcla se deberá detener si hay signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre una combustión incompleta o se observa contaminación en los agregados o en la mezcla, y sólo se podrá reiniciar cuando, a juicio del Interventor, el problema quede satisfactoriamente resuelto.

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos.

La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación del llenante de recuperación y adición, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad y ser independientes de los correspondientes al resto de los agregados.

Si la planta posee silo de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte, así como que la mezcla acopiada no haya perdido ninguna de sus características en las cuarenta y ocho (48) horas siguientes a la fabricación, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante. El silo de almacenamiento deberá contar con una tolva de compensación u otro elemento de descarga en su parte superior, cuya ubicación y funcionamiento sean correctos, de manera que eviten la segregación de la mezcla que se va a almacenar.

El sistema de almacenamiento, calefacción, y alimentación del asfalto, deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de manera que no se produzcan sobrecalentamientos localizados ni se sobrepasen las temperaturas máximas admisibles de calentamiento del producto. En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del ligante con elementos metálicos que se encuentren a temperatura muy superior a la de

almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes para asegurar el control de la temperatura del ligante, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dispositivo de dosificación.

520.4.2.2 Requisitos específicos para las plantas de tipo discontinuo

Las plantas de tipo discontinuo, donde la dosificación definitiva de los agregados pétreos se realiza en caliente, estarán dotadas de un sistema de clasificación de los agregados en caliente de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3), y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar inter-contaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero para evitar que un exceso de contenido se vierta en las tolvas contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de dosificación, de un dispositivo de alarma claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje de aquel que proporcione la cantidad calibrada, y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas. La instalación deberá estar provista de indicadores de temperatura para los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

Las instalaciones para la dosificación por peso de los agregados en caliente, del llenante mineral de aporte, y del ligante asfáltico, deberán estar provistas de dosificadores de tipo volumétrico o ponderales independientes para cada material. La precisión de los dispositivos de dosificación de los agregados deberá ser superior al medio por ciento (± 0.5%). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y del ligante tendrán, como mínimo, una precisión de tres por mil (± 0.3 %).

El ligante asfáltico se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo.

La operación de la planta deberá ser totalmente automática.

520.4.2.3 Requisitos específicos para las plantas de tipo continuo

En las plantas de tipo continuo, como es el caso de las de tipo tambor secador-mezclador, donde la dosificación definitiva de los agregados pétreos se realiza en frío, el sistema de dosificación de los agregados deberá ser ponderal y deberá tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En aquellas plantas de tipo continuo que no sean del tipo tambor-secador-mezclador, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición; estos dispositivos deberán ser

calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El sistema dosificador deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el llenante mineral, de manera de asegurar la dosificación correcta de la mezcla. Los agregados serán transportados por bandas desde las tolvas hasta el mezclador, que será de tipo de ejes gemelos, donde se incorporarán con el ligante bituminoso. El tambor deberá calentar, cubrir y mezclar uniformemente los materiales, evitando cualquier sobrecalentamiento que pueda afectar adversamente las características y el comportamiento de la mezcla. El dispositivo medidor del asfalto deberá controlar adecuadamente la rata de ligante que se incorpora a la mezcla y responder instantáneamente a cualquier variación en la rata de alimentación de los agregados. La difusión del asfalto deberá ser homogénea y de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

Se deberá instalar un pirómetro en el extremo de descarga del mezclador para verificar la temperatura de la mezcla. La producción de la planta se deberá limitar a la velocidad requerida para obtener una envuelta correcta de los agregados, cumpliendo con los requisitos de temperatura del ligante según se haya determinado al establecer la fórmula de trabajo.

520.4.3 Equipo de transporte

Tanto los agregados pétreos como los microaglomerados en caliente se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Cuando vaya a transportar mezcla, la superficie interna del platón deberá ser tratada con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella, empleando un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobadas por el Interventor. La forma y altura del platón deberán ser tales, que durante el vertido de la mezcla a la máquina pavimentadora, la volqueta sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello.

Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.

En relación con las volquetas, el Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio del Transporte (MT), la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM), y la Secretaría Distrital de Medio Ambiente (SDMA).

El equipo para transferencia de la mezcla (Shuttle buggy), cuyo empleo es de carácter opcional, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de las volquetas a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que aquellas entren en contacto con ésta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental. Ningún vehículo de los utilizados por el Constructor para el transporte del material podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas por las disposiciones legales vigentes al respecto.

520.4.4 Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión y terminación de los microaglomerados en caliente se hará con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deban desarrollar.

La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar. La pavimentadora tendrá dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor. Así mismo, estará dotada de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

Dada la importancia que tiene el riego de liga en la construcción de este tipo de capa de rodadura, es altamente recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella, de manera que se garantice una aplicación continua y uniforme del mismo.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Constructor deberá proceder de inmediato a su reparación o cambio.

520.4.5 Equipo de compactación

De preferencia, se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos autopropulsados y sin vibración. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Todos los compactadores deberán estar dotados de inversores de marcha suaves, así como de dispositivos para la limpieza de los rodillos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Las presiones de contacto de los diversos compactadores serán las necesarias para conseguir la

compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación.

En zonas inaccesibles a los compactadores, se deberán utilizar elementos de características apropiadas para lograr en dichas zonas una compacidad y un terminado superficial semejantes al resto de la obra.

520.4.6 Equipo accesorio

Estará constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión de la mezcla.

520.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

520.5.1 Fase de experimentación

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.11 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

La fase de experimentación servirá para:

- Verificar la calidad de la mezcla asfáltica.
- Verificar la calidad y rendimiento de los equipos y de las cuadrillas que se utilizarán en el proyecto.
- Verificar que los equipos de extensión puedan colocar la mezcla de forma homogénea, sin producir segregaciones, arrastrar partículas o generar marcas en la superficie.
- Verificar que los equipos de compactación sean capaces de compactar adecuadamente la mezcla asfáltica en los espesores propuestos hasta alcanzar las densidades especificadas, sin degradar el material por fuera de las tolerancias admisibles.
- Verificar que la superficie terminada cumpla los requisitos de regularidad establecidos por las especificaciones del proyecto.
- Verificar que las juntas se realicen correctamente y que en ellas se logre el grado de densidad especificado.

510.1.1.1 Tramo de Prueba

510.1.1.1.1 Verificación de la mezcla asfáltica

Se tomarán muestras de la mezcla para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente todas las correcciones requeridas en los equipos y sistemas de trabajo o, si llega a ser necesario, a modificar la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas dichas correcciones hasta obtener resultados completamente satisfactorios.

510.1.1.1.2 Otras verificaciones

Sobre el tramo de prueba se deben verificar como mínimo los siguientes parámetros, si aplican, de la misma forma en que se verificará la obra construida para su aceptación o rechazo.

- Lisura.
- Textura superficial.
- Resistencia al Deslizamiento.
- Rugosidad.

520.5.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.10 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

520.5.3 Preparación de la superficie existente

El microaglomerado en caliente no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

No se permitirá la colocación del microaglomerado en caliente mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y presenta una regularidad superficial aceptable. Las áreas de la superficie existente donde se

formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión del microaglomerado.

Debido al pequeño espesor en que son puestos en obra los microaglomerados en caliente, ellos resultan propensos a despegues por los esfuerzos tangenciales del tránsito. Por tal razón, la extensión de la mezcla exige la aplicación cuidadosa de un riego previo de liga, el cual se realizará conforme lo establece la Sección 501 de las presentes especificaciones, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros del tipo CRR-2m, de las características establecidas en la Tabla 212.1 de la Sección 212 y con la dosificación indicada en el numeral 520.3 de la presente Sección.

Para garantizar la efectividad del riego de liga, es muy recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella. Si no se dispone de dicho equipo, el riego se podrá aplicar con un carrotanque, cuidando que no se degrade antes de la extensión de la mezcla. En caso de que el riego pierda efectividad, el Constructor deberá efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del primer riego es imputable al Constructor, el costo del nuevo riego deberá ser asumido por el Constructor.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar el microaglomerado corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que requiere un fresado previo, éste se deberá realizar conforme se establece en la Sección 550 de estas especificaciones.

520.5.4 Aprovisionamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán en fracciones granulométricas claramente diferenciadas que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. En el caso de plantas del tipo tambor secador-mezclador, no se permitirá, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de agregados, antes de su vertimiento a las tolvas de agregados en frío.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizará el material contenido en los ciento cincuenta milímetros (150 mm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas 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, los agregados se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50%) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

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, no debiendo ser ni superior ni inferior, lo que permitirá mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

Con el fin de garantizar la homogeneidad de los trabajos en obras donde el volumen total de agregados por consumir para elaborar el microaglomerado sea inferior a dos mil metros cúbicos (2.000 m^3), la totalidad de los agregados deberá haberse acopiado antes de comenzar la fabricación de la mezcla.

520.5.5 Fabricación de la mezcla

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. Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, deberá eliminarse. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, deberá comprobarse 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. Las tolvas en caliente de las plantas continuas deberán mantenerse por encima de su nivel mínimo de calibración, sin rebosar.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. El volumen de material dentro del mezclador deberá limitarse hasta unos dos tercios (2/3) de la altura que alcancen las paletas, de manera que para los tiempos de mezclado establecidos al definir la fórmula de trabajo, se logra una envoltura uniforme y completa.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, se introducirá en el mezclador al mismo tiempo la cantidad de asfalto requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado. La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla a la volqueta.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual deberá encontrarse a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

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 instante de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que su viscosidad se encuentre entre ciento cincuenta y trescientos centiStokes (150 cSt - 300 cSt), cSt), siendo preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt), verificándose que no se produzcan escurrimientos a dicha temperatura. Cuando el ligante deba ser calentado a más de ciento cincuenta grados Celsius (> 150° C), la cantidad de ligante que se caliente y la duración del calentamiento deberán ser las mínimas necesarias. La temperatura de elaboración de la mezcla se fijará dentro del intervalo recomendado por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180° C), excepto si la planta utilizada es del tipo tambor secador-mezclador, en la que no excederá de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165° C). Para las mezclas del tipo M, estos límites deberán ser reducidos en diez grados Celsius (10° C) para prevenir escurrimientos de ligante asfáltico.

A la descarga del mezclador o del silo de almacenamiento, todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador o del silo no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de que se utilicen 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.

El Interventor rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas, sobrecalentadas, con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea, y/o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

520.5.6 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará de la planta central a la obra en volquetas, hasta una hora de día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si el Interventor considera que existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de una manera tan apropiada como en horas de luz solar. 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.

Se deberán tomar las precauciones necesarias durante el transporte de la mezcla para que al descargarla sobre la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación o a la que, en su ausencia, determine el Interventor. Dicha temperatura no podrá ser inferior, en ningún caso, a ciento treinta y cinco grados Celsius (135° C).

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por las disposiciones legales vigentes al respecto.

Si el Constructor dispone de una máquina para transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

520.5.7 Extensión de la mezcla

La mezcla se extenderá con máquinas pavimentadoras, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor ordene otra cosa, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión de la mezcla en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactada; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

No se permitirá la segregación de materiales. Si ella se produce, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada; de lo contrario, se desechará la mezcla fría y se ejecutará una junta transversal.

En aquellos sitios de muy corta longitud en los que, a juicio conjunto del Interventor y del Constructor, no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, el microaglomerado podrá ser extendido con herramientas manuales. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente Sección.

No se permitirá la extensión y compactación del microaglomerado en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

520.5.8 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan desplazamientos indebidos, y se continuará mientras la mezcla esté en condiciones de ser compactada. El número de pasadas del rodillo liso sin vibración nunca será menor de seis (6).

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar 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 aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo, y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

Se deberá verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

520.5.9 Juntas de trabajo

Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable, y al extender franjas contiguas la franja extendida en primer lugar tiene una temperatura inferior a la mínima aceptable para terminar el trabajo de pavimentación (según se haya determinado en la fase de experimentación), el borde de ésta se deberá cortar dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. Las juntas deberán cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia, para lo cual se les aplicará manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejando curar suficientemente la emulsión aplicada. A continuación se extenderá contra ella la nueva mezcla, se compactará, y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso del equipo de compactación.

Las juntas transversales se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación. Las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes deberán distanciarse, cuando menos, en cinco metros (5 m).

520.5.10 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes se podrán pavimentar con un microaglomerado en caliente, de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 520.5.3 de esta Sección.

Durante la ejecución del riego de liga y la colocación de la mezcla asfáltica, el Constructor deberá proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser alcanzadas por el material bituminoso. El Constructor será el único responsable por todo daño o mancha que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, los trabajos de reparación y limpieza correrán por su cuenta.

520.5.11 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de densidad exigido, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

520.5.12 Manejo ambiental

Todas las labores referentes a las actividades objeto de la presente Sección se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

520.5.13 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación del microaglomerado en caliente, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, a sus expensas, 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 microaglomerado construido.

520.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

520.6.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales durante la ejecución de los trabajos:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en el numeral 520.2 de esta Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación del microaglomerado.
- Comprobar frecuentemente el espesor extendido, empleando un punzón graduado.
- Comprobar la composición y forma de operación del equipo de compactación.
- Ejecutar todos los ensayos requeridos para el control de la mezcla suelta y compactada, pruebas de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de elaboración, descargue en la pavimentadora, extendido y compactación del microaglomerado.
- Efectuar los ensayos requeridos para el control de la mezcla.
- Ejecutar las pruebas requeridas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores construidos, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento, y comprobar la uniformidad de la superficie.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control, se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo: INV E-201-07 para agregados pétreos y llenantes minerales, INV E-701-07 para materiales bituminosos, e INV E-731-07 para el microaglomerado.

El Constructor deberá rellenar con microaglomerado de la misma clase, a sus expensas, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno, y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en esta Sección y la superficie reparada conserve uniformidad con la superficie adyacente.

520.6.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

520.6.2.1 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

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 que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en el numeral 520.2.2 de esta Sección.

Los resultados de estas pruebas, al igual que los que se indican para el llenante mineral más adelante, deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 520.2.2 de esta Sección, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

Se examinarán las descargas de los diferentes agregados a los acopios durante la etapa de producción, y se ordenará el retiro de aquellos agregados que, a simple vista, presenten trazas de suelo orgánico, materia orgánica, sustancias deletéreas, y/o tamaños superiores al máximo especificado. También, se deberán acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad.

Se vigilará, además, la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores, y se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 520.9 para los agregados; además de la frecuencia de ensayos indicada en la Tabla 520.9, se requerirán ensayos de verificación cada vez que cambie la procedencia de los agregados.

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 520.9, 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.

Tabla 520.9
Verificaciones sobre los agregados para microaglomerados en caliente

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición			
Granulometría		INVE-213-07	1 por jornada
Dureza			
Desgaste Los Ángeles	En seco, 500 revoluciones	INV E-218-07	1 por mes
Micro Deval,	Agregado Grueso	INV E-238-07	2 por mes
10% de finos	Seco y Húmedo	INV E-224-07	2 por mes
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos de magnesio		INV E-220-07	1 por mes
Proporción de Finos y Actividad			
Índice de Plasticidad		INV E-126-07	1 por jornada
Equivalente de Arena		INV E-133-07	1 por semana
Valor de Azul de Metileno		INV E-235-07	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznables		INV E-211-07	1 por semana
Contenido de Impurezas		INV E-237-07	1 por semana
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227-07	1 por jornada
Índice de Aplanamiento		INV E-230-07	1 por semana
Índice de Aplanamiento		INV E-230-07	1 por semana
Angularidad del Agregado Fino		AASHTO T-304	1 por jornada
Pesos Específicos			
Pesos Específico y Absorción		INV E-222-07, e INV E-223-07	1 por mes
Resistencia al Pulimento			
Coeficiente de Pulimento Acelerado		INV E-232-07	Cuando cambie la litografía

Siempre que exista alimentación independiente del llenante mineral, se deberán efectuar sobre muestras de él, las siguientes verificaciones:

- Peso Unitario aparente (INV E-225-07), al menos una (1) vez a la semana y siempre que cambie la procedencia.
- Granulometría (INV E-123-07), y peso específico (INV E-128-07), una (1) prueba por suministro.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 520.2.2 de la presente Sección. 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 deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

520.6.2.2 Calidad del ligante asfáltico

A la llegada de cada carrotanque con cemento asfáltico modificado con polímeros para mezcla en caliente al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en la Tabla 202.1 de la Sección 202, o lo que indique la respectiva especificación particular, en los casos en que se autorice el empleo de un cemento asfáltico de características diferentes. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Además, mediante muestras representativas de cada entrega, efectuará las verificaciones exigidas en los numerales 202.5.2, 202.5.3 y 202.5.4 de la Sección 202. En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Constructor o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 202.1 de la Sección 202 de las presentes especificaciones.

520.6.2.3 Control de la 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, sobrecalentadas, con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea, y/o las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso, y cuando la planta no sea del tipo tambor secador-mezclador, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Se considerará como lote, el volumen de material que resulte de aplicar los criterios indicados en el numeral 520.6.2.6 de esta Sección.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

520.6.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras del microaglomerado elaborado correspondiente a un lote, se determinará el contenido de asfalto (INV E-732-07) y la granulometría de los agregados (INV E-782-07).

El porcentaje de asfalto promedio del lote ($ART\%$) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%), respecto del valor definido como óptimo en la fórmula de trabajo ($ARF\%$).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$$

A su vez, el contenido de asfalto 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.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$$

Un porcentaje de asfalto promedio fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites citados implica el rechazo del lote.

De todas maneras, el contenido promedio de ligante nunca podrá ser inferior al mínimo indicado en la Tabla 520.7.

520.6.2.3.2 Granulometría de los agregados

Se determinará la composición granulométrica de los agregados sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto.

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 520.10, pero sin permitir que la curva se salga de la franja correspondiente de la Tabla 520.3.

Tabla 520.10
Tolerancias en la composición granulométrica

Porcentaje que pasa los Tamices	Tolerancia en Puntos de % sobre el peso seco de los Agregados
8 mm (5/16") y mayores	± 4.0
4.75 mm (No. 4) 2 mm (No. 10) 0.425 mm (No. 40)	± 3.0
0.075 mm (No. 200)	± 1.0

En el caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la granulometría defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en los numerales 520.3.1 ó 520.3.2 de esta Sección, según corresponda, sin excepción. Si todos los requisitos allí indicados se cumplen, se aceptará el lote. En caso contrario, se rechazará.

520.6.2.4 Control de calidad del microaglomerado tipo M

Se compactarán probetas, dos por muestra y con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, para el ensayo Cántabro (INV E-760-07).

520.6.2.4.1 Vacíos con aire

Sobre las probetas que se utilizarán para la determinación de las pérdidas por abrasión, se determinarán previamente los vacíos con aire de la mezcla compactada. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales (± 2%) del definido al establecer la fórmula de trabajo y, simultáneamente, deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 520.5, sin que ningún valor individual pueda ser inferior a diez por ciento (10 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

520.6.2.4.2 Resistencia

Si el requisito de vacíos con aire se ha incumplido, se medirá la resistencia de las probetas por medio de la pérdida por abrasión de acuerdo con el ensayo Cántabro descrito en la norma de ensayo INV E-760-07. Sobre dos (2) de las probetas (una de cada muestra) se medirá la pérdida por abrasión en seco, y con las otras dos probetas (2) se determinará la

pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios descritos en el numeral 520.3.1 de esta Sección. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

Si uno o ambos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras.

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 520.11, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor.

Tabla 520.11
Ensayos complementarios sugeridos para capas de mezcla asfáltica discontinua en caliente tipo M y tipo F

Propiedad	Número Mínimo de Ensayos	
	T2-T3	T4-T5
Módulo Dinámico	1	2
Curva de Fatiga (4 puntos)	1	2

520.6.2.5 Control de calidad del microaglomerado tipo F

Se compactarán probetas con cincuenta (50) golpes/cara, dos (2) por muestra y con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo Marshall (INV E-748-07). La compactación se realizará a la temperatura apropiada según el asfalto empleado en la mezcla.

520.6.2.5.1 Vacíos con aire

Se determinarán los vacíos con aire de la mezcla compactada, sobre las probetas utilizadas para la determinación de la resistencia. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro probetas deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 520.6, sin que ningún valor individual pueda ser menor de tres y medio por ciento (3.5 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

520.6.2.5.2 Resistencia

Si el requisito de vacíos con aire se ha incumplido, se determinará la estabilidad Marshall promedio de las cuatro (4) probetas (E_m), la cual no podrá ser menor que el valor obtenido al establecer la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq E_t$$

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) deberá ser igual o superior a noventa por ciento (90%) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose solo un valor individual bajo de ese límite, siempre y cuando no se encuentre por debajo del valor mínimo admisible establecido en la Tabla 520.6.

$$E_i \geq 0.9E_m$$

Adicionalmente, con un mínimo de dos (2) muestras por semana de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra), para verificar en el laboratorio la resistencia de la mezcla ante la acción del agua mediante el ensayo de tracción indirecta (INV E-725-07). Tres de las probetas se curarán en seco y tres bajo condición húmeda y se determinará la resistencia promedio de cada grupo. La pérdida de resistencia por efecto de la inmersión, no podrá exceder de veinte por ciento (20 %).

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias, implica el rechazo del lote representado por las muestras.

520.6.2.5.3 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad a la acción del agua de la mezcla compactada, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E–725-07.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda, determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80%) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito serán rechazados. Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que

garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

520.6.2.6 Control de calidad del producto terminado

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 microaglomerado en caliente colocado.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de microaglomerado en caliente colocado.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

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.

La cota de cualquier punto de la mezcla discontinua en caliente no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además de lo anterior, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

520.6.2.6.1 Densidad de los microaglomerados tipo M

Las determinaciones de densidad 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, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

En el caso de los microaglomerados del tipo M, el porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres (± 3) puntos porcentuales del obtenido en la fórmula de trabajo. Simultáneamente, no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar valores que difieran en más de cuatro (4) puntos porcentuales del obtenido en la fórmula.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y expensas del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

520.6.2.6.2 Densidad de los microaglomerados tipo F

Las determinaciones de densidad 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, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

En el caso de los microaglomerados del tipo F, la densidad promedio de la capa compactada (D_m) deberá ser, cuando menos, igual al noventa y siete por ciento (97 %) de la densidad de referencia Marshall (D_e) obtenida en las probetas de control citadas en el numeral 520.6.2.5 de esta Sección:

$$D_m \geq 0.97 D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad promedio de los testigos del tramo (D_m), admitiéndose un (1) solo valor inferior a dicho límite por lote.

$$D_i \geq 0.97 D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y expensas del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

La toma de muestras testigo de las mezclas compactadas tipo F se hará de acuerdo con norma INV E-758-07, y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas INV E-733-07 ó INV E-734-07.

520.6.2.6.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite:

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, y todo costo que esto genere deberá ser asumido por el Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

520.6.2.6.4 Lisura

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua (encharcamientos) ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán coincidir con cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, a sus expensas, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

520.6.2.6.5 Textura y resistencia al deslizamiento

Por cada lote se deberán efectuar, como mínimo, tres (3) medidas de profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791-07), y tres (3) medidas en zonas tangentes y una (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) de la resistencia al deslizamiento empleando el péndulo británico (INV E-792-07). Las mediciones de textura se realizarán antes de poner en servicio la capa, en tanto que las mediciones de resistencia al deslizamiento se efectuarán una vez transcurridos al menos treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa.

El número inicial de mediciones de textura se ampliará a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Los puntos de muestreo se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E–730-07. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Los valores promedio de estos parámetros no podrán ser menores que los mínimos admisibles que se muestran en la Tabla 520.12, sin que ningún valor individual del coeficiente de resistencia al deslizamiento sea inferior al valor indicado en la Tabla 520.12 en más de diez centésimas (0.10), y ninguno de la profundidad de textura sea inferior en más de veinte por ciento (20%) al promedio mínimo exigido. El incumplimiento de al menos uno de estos requisitos implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en un espesor al menos igual, a

satisfacción del Interventor, todo a cargo y expensas del Constructor, quedando el material fresado de propiedad de éste.

Alternativamente, y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional, a sus expensas, del mismo espesor, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta Sección. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo con los requisitos de la Sección 501 de estas especificaciones.

Tabla 520.12
Resistencia al deslizamiento y profundidad de textura mínimas admisibles para los microaglomerados en caliente

Característica	Norma de Ensayo	Tipo de Mezcla	
		M	F
Resistencia al deslizamiento	INV E-792-07	0.55	0.60
Profundidad de textura (mm)	INV E-791-07	1.5	1.1

Se podrán emplear equipos para la verificación de la resistencia al deslizamiento diferentes al descrito en la norma de ensayo INV E-792-07. En tal evento, se considerarán admisibles valores medidos que correspondan a coeficientes de resistencia al deslizamiento mayores que los mínimos indicados en la Tabla 520.12, de acuerdo con ecuaciones de correlación aceptadas internacionalmente.

520.6.2.6.6 Rugosidad

Debido a su escaso espesor, los microaglomerados en caliente no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada existente. Por tal razón, no se permitirá, en general, la colocación de la mezcla en obra hasta tanto no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen en este numeral.

Para microaglomerados en caliente que hagan las veces de capa de rodadura, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación de esta Sección, su determinación se deberá realizar únicamente con un equipo de medida de precisión, o por medio de un sistema de navegación inercial, en tramos de un hectómetro (1 hm).

En general, se podrán utilizar equipos para medir rugosidad de clase I ó II, según las definiciones de la FHWA, así:

- Clase I: Incluye perfilógrafos manuales de precisión, como el Dipstick (procedimiento descrito en el Apéndice C del documento FHWA–RD–03–31); el método de mira y nivel clasifica dentro de esta clase (de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794-07).
- Clase II: Incluye perfilógrafos de medición directa. Este grupo también incluye mecanismos sin contacto con la vía como el láser, viga de luces o técnicas acústicas, las cuales deben ser mantenidas con la respectiva calibración, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Si se opta por el equipo de referencia inercial (Clase II), éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos continuos constituirá un lote. Los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se presentarán en m/km.

En esta evaluación, para obras de rehabilitación, reconstrucción o construcción se excluirán las interferencias y sus longitudes aferentes, entendiendo por interferencias las alteraciones locales del perfil longitudinal que incrementan el valor del IRI y que no son debidas a defectos constructivos; son afectaciones definidas por diseño geométrico (perfiles, secciones, detalles) y se relacionan principalmente con intersecciones, cruces de vías, puentes y similares, los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), no se excluirán en estos casos los pozos, sumideros y cámaras de inspección de las empresas de servicios públicos. La longitud aferente a cada interferencia que debe ser excluida de la evaluación dependerá de las características del equipo de medición y de los detalles del diseño geométrico del sitio. En actividades de mantenimiento periódico o rutinario, las exclusiones incluirán los pozos de alcantarillado, sumideros y cámaras de las Empresas de servicios públicos.

Se darán indicaciones en los documentos técnicos del proyecto respecto al tipo de equipos por utilizar, a las exclusiones por interferencias, y a los valores máximos de rugosidad que se deben cumplir.

Los requisitos por cumplir, salvo que los documentos técnicos del proyecto establezcan otra cosa, son los indicados en la Tabla 520.13.

Tabla 520.13
Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

Porcentaje de hectómetros	Pavimentos de Construcción Nueva o Rehabilitados en espesor >10 cm		Pavimentos Rehabilitados en espesor ≤ 10 cm	
	Categoría de Tránsito			
	T2-T3	T4-T5	T2-T3	T4-T5
50	2.5	2.0	3.0	2.5
80	3.0	2.5	3.5	3.0
100	3.5	3.0	4.0	3.5

Si los resultados de rugosidad de la capa superficial que excedan estos límites no es superior a veinte por ciento (20%) del total del lote, los defectos de regularidad se corregirán mediante fresado y colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica en los tramos que, de acuerdo con los resultados de las mediciones, incidan en el incumplimiento. Los espesores por fresar y reponer en cada tramo serán establecidos por el Interventor, y todos los costos que impliquen estas correcciones deberán ser asumidos por el Constructor. El material fresado producto de estas correcciones será de propiedad del Constructor. Sobre el pavimento reparado se repetirán las pruebas de medición de rugosidad, y las consecuencias de un nuevo rechazo serán las mismas que en el caso de la construcción de la primera capa de rodadura.

Por el contrario, si los resultados de rugosidad de la capa superficial que excedan estos límites es mayor a veinte por ciento (20%) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido, y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida en esta Sección, serán de cargo del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Alternativamente, el Constructor podrá enfrentar el problema colocando, a sus expensas, un espesor adicional de microaglomerado en un espesor de cincuenta milímetros (50 mm), siempre y cuando lo autorice el Interventor y no se presenten problemas de drenaje, empates con otros pavimentos o accesos, gálibo o sobrecarga estructural. Si la nueva superficie incumple nuevamente los requisitos de regularidad de esta Sección, la única opción consecuente será el fresado y reposición del pavimento en el tramo afectado, a expensas completas del Constructor.

520.6.2.6.7 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciadas.

Estas fotografías, que serán incluidas en el informe final de interventoría, servirán al Instituto de Desarrollo Urbano como antecedente técnico si se presentan deterioros de la capa durante el período de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante su construcción.

Todas las áreas de mezcla discontinua en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a sus expensas, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

520.6.3 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico (0.1 m^3) de microaglomerado en caliente, suministrado y compactado en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta Sección.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor construidos con aprobación del Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de estos límites.

520.6.4 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), para toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos relacionados con la adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras, obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras, la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, elaboración de los microaglomerados en caliente, cargues, transportes y descargues de agregados y mezclas, así como la colocación y compactación de las mezclas elaboradas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación, así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los de todos los ensayos de caracterización, diseño y control, los de la fase de experimentación, la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos, así como los correspondientes a administración, imprevistos y utilidades del Constructor.

Con excepción del barrido y soplado de la superficie, se considera que la preparación de la superficie existente se encuentra incluida dentro del ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no forme parte del mismo contrato.

El precio unitario también incluye el suministro, almacenamiento, aplicación, y desperdicios del producto asfáltico utilizado para la elaboración del microaglomerado. En caso de requerirse aditivos mejoradores de adherencia o modificadores diferentes de los polímeros definidos en el numeral 202.2.1, su costo deberá estar incluido también dentro del precio unitario del microaglomerado.

El precio unitario deberá incluir, así mismo, todo costo adicional relacionado con la correcta construcción del microaglomerado, en acuerdo pleno con la presente Sección.

520.6.5 ITEM DE PAGO

520.1 Mezcla discontinua en caliente MM10	Metro cúbico (m^3)
520.2 Mezcla discontinua en caliente MM8	Metro cúbico (m^3)
520.3 Mezcla discontinua en caliente MF10	Metro cúbico (m^3)
520.4 Mezcla discontinua en caliente MF8	Metro cúbico (m^3)

520.E Ensayos especiales para mezclas discontinuas en caliente

520.E.1 Resistencia a la Deformación Plástica	Unidad
520.E.2 Módulo Dinámico (por punto)	Unidad
520.E.3 Ley de Fatiga (4 puntos)	Unidad
520.E.4 Recuperación de Asfalto de probetas, núcleos o panelas (cantidad suficiente para ejecutar ensayos de viscosidad con viscosímetro rotacional a 60° C y	Unidad

punto de ablandamiento)

NOTAS:

(1) Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de mezcla que forme parte del contrato.

(2) Los ensayos especiales que hacen parte esencial de la definición y comprobación de la fórmula de trabajo no se pagarán con los ítems correspondientes de ensayos especiales; su costo debe estar incluido en el precio unitario de la mezcla asfáltica correspondiente.