



GACETA OFICIAL

DIGITAL

Año CXVI

Panamá, R. de Panamá jueves 19 de enero de 2017

Nº 28200-A

CONTENIDO

ASAMBLEA NACIONAL

Ley N° 1
(De martes 17 de enero de 2017)

QUE MODIFICA UN ARTÍCULO DE LA LEY 28 DE 1995, QUE ADOPTA MEDIDAS PARA LA UNIVERSALIZACIÓN DE LOS INCENTIVOS A LA PRODUCCIÓN.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

Decreto N° 8
(De martes 03 de enero de 2017)

QUE MODIFICA EL DECRETO NO. 571 DE 28 DE DICIEMBRE DE 2016.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Resolución N° 004
(De jueves 12 de enero de 2017)

POR MEDIO DE LA CUAL SE MODIFICA EL CAPÍTULO 24 "MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE", DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.

LEY /
De 17 de enero de 2017

**Que modifica un artículo de la Ley 28 de 1995,
que adopta medidas para la universalización de los incentivos a la producción**

LA ASAMBLEA NACIONAL

DECRETA:

Artículo 1. El artículo 23 de la Ley 28 de 1995 queda así:

Artículo 23. Las empresas que, al 31 de diciembre de 2016, mantengan vigente su inscripción en el Registro Oficial de la Industria Nacional conforme a la Ley 3 de 1986 o tengan contrato con la Nación basado en el Decreto de Gabinete 413 de 1970 o Contrato Ley de Fomento a la Industria mantendrán los beneficios fiscales que otorga dicho Registro o Contrato hasta el 31 de diciembre de 2017, sin necesidad de solicitud o formalidad alguna.

Mientras estén vigentes los regímenes de fomento señalados, el Ministerio de Comercio e Industrias ejercerá las facultades legales para la debida ejecución de estos, excepto los productos indicados como sensitivos, que tienen su régimen especial indicado en el artículo 25 de la presente Ley, cuyas facultades legales serán ejercidas por la comisión *ad hoc* a la que hace referencia el artículo 147 de la Ley 23 de 1997.

Artículo 2. La presente Ley modifica el artículo 23 de la Ley 28 de 20 de junio de 1995.

Artículo 3. Esta Ley comenzará a regir el día siguiente al su promulgación.

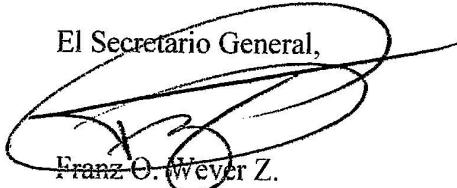
COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE.

Proyecto 413 de 2016 aprobado en tercer debate en el Palacio Justo Arosemena, ciudad de Panamá, a los cuatro días del mes de enero del año dos mil diecisiete.

El Presidente,


Rubén De León Sánchez

El Secretario General,


Franz O. Weyer Z.

ÓRGANO EJECUTIVO NACIONAL. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA
PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ, 17 DE enero DE 2017.



JUAN CARLOS VARELA R.
Presidente de la República



AUGUSTO R. AROSEMENA M.
Ministro de Comercio e Industrias

REPÚBLICA DE PANAMÁ**DECRETO N.º 8**
De 3 de Enero de 2017

Que modifica el Decreto N.º 571 de 28 de diciembre de 2016

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
en uso de sus facultades constitucionales y legales,**DECRETA:****Artículo 1.** Se modifica el artículo 1 del Decreto N.º 571 de 28 de diciembre de 2016, que queda así:

Artículo 1. Desígnese a **MILAGRO MAINIERI**, actual Directora de Investigación y Desarrollo, de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), como Secretaria Nacional de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), encargada, del 3 al 6 de enero de 2017 y del 16 al 20 de enero de 2017, inclusive, mientras dure la ausencia del titular **JORGE A. MOTTA**.

Artículo 2. Esta designación rige a partir de su promulgación.**COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE.**

Dado en la ciudad de Panamá, a los

3

días del mes de

Enero

de dos mil

(2017).

JUAN CARLOS VARELA RODRÍGUEZ
Presidente de la República
ÁLVARO ALEMÁN H.

Ministro de la Presidencia



**REPÚBLICA DE PANAMÁ
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

**RESOLUCIÓN No. 004
(De 12 de Enero de 2017)**



Por medio de la cual se modifica el capítulo 24 "Mezcla de Hormigón Asfáltico Caliente", de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas.

El Ministro de Obras Públicas
en uso de sus facultades legales,

CONSIDERANDO:

Que mediante Resolución No. 080-08 de 15 de octubre de 2008, se creó el Comité Técnico (CT), para la revisión y actualización de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes vigentes (edición 2002), el cual se constituyó de forma permanente;

Que esta institución convocó la Comisión Técnica antes señalada, para que revisará y aprobará las modificaciones al Capítulo 24 Carpeta de Hormigón Asfáltico, mediante el cual se incorporara a nuestras especificaciones técnicas, nuevas metodología de mezclas, entre ellas, la metodología Superpave.

Que el Comité Técnico, luego de evaluar el capítulo desarrollado por el sub – comité técnico, resuelve aprobar las modificaciones mediante Acta No. 07 de 6 de diciembre de 2016.

Que el Literal B del Artículo 2 del Decreto Ejecutivo No. 35 de 4 de marzo de 2008, establece que la Representación legal del Ministerio de Obras Públicas la ejerce el Ministro;

Que en virtud de las consideraciones anteriormente expuestas,

RESUELVE:

PRIMERO: Modificar el Capítulo 24 "Carpeta de Hormigón Asfáltico" de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas (edición 2002).

SEGUNDO: Que el nuevo título del capítulo 24 será "Mezcla de Hormigón Asfáltico Caliente" y quedará descrito de la siguiente manera:

Resolución N° 004

Por medio de la cual se modifica el capítulo 24 "Mezcla de Hormigón Asfáltico Caliente", de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas

Página 2 de 2

TERCERO: Esta resolución empezará a regir a partir de su publicación en la Gaceta Oficial.

FUNDAMENTO DE DERECHO: Ley No. 35 de 30 de junio de 1978, reformada y adicionada por la Ley 11 de 27 de abril de 2006, Decreto Ejecutivo No. 05 de 4 de marzo de 2008 y Resolución No.080-08 de 15 de octubre de 2008.

Dado en la Ciudad de Panamá, a los doce (12) días del mes de enero del año dos mil diecisiete (2017).

PUBLÍQUESE Y CUMPLASE,



Ramón Arosemena C.

Ministro de Obras Públicas


YARHAGH

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
ES COPIA AUTÉNTICA

Panamá, 19 de ENERO, 2017


Paula Guardia

CAPÍTULO 24

MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

1.- DESCRIPCIÓN.

Este trabajo consistirá en el suministro y colocación de una o más capas de mezcla de hormigón asfáltico caliente para uso vial, mezclados en una planta central, extendidas y compactadas sobre una superficie preparada, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con los alineamientos, pendientes, espesores y secciones transversales, mostrados en los planos o fijados por el Ingeniero Residente.

2.- MATERIALES Y OTROS.

Los materiales que componen una mezcla asfáltica son definidos principalmente por agregados y por cemento asfáltico, pudiendo incorporarse otros elementos.

2.1. Agregados:

Los agregados estarán constituidos de piedra o grava triturada, agregado fino, relleno mineral u otros elementos como fibras y demás, de acuerdo con los requisitos que se establecen más adelante. El agregado grueso, el agregado fino y el relleno mineral serán de características y gradación tales que, al combinarse apropiadamente, la mezcla resultante satisfaga los requisitos especificados. Los agregados deberán cumplir con la granulometría de la mezcla por sí solos o podrán formarse con dos o más materiales aprobados y de tal gradación que al combinarlos apropiadamente cumplan con lo exigido por el método de diseño de la mezcla.

No se aceptarán, bajo ningún concepto, diseños y uso de mezclas de hormigón asfáltico con agregados procedentes de fuentes de materiales pulimentables u otros materiales con tendencia a pulimentarse, a menos que se presenten resultados de ensayos en que se demuestre que la mezcla asfáltica satisface las exigencias de propiedades de fricción, determinadas según la AASHTO T 278 (ASTM E 303), y del ensayo de Pulimento Acelerado para Agregados, especificado según la AASHTO T 279 (ASTM D 3319).

2.1.1. Agregado Grueso: Este material debe consistir en grava de buena calidad o piedra triturada y mezclada de manera que el producto obtenido corresponda a uno de los tipos de granulometría estipulados en la Tabla 24-1.

2.1.1.1. Grava Triturada: Las partículas de grava triturada serán duras, y estarán libres de arcilla adherida, polvo u otras materias objetables para el buen desempeño de las mezclas asfálticas.

2.1.1.2. Piedra Triturada: La piedra triturada estará constituida por fragmentos limpios, fuertes, durables, libre de arcilla, polvo, tierra, u otras materias objetables.

CAP.24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-1
Tamaños Estándar de Agregado Procesado

Tamaño Número	Tamaño Nominal de Apertura	Porcentaje pasando los tamices de laboratorio (Apertura) (% Masa / Masa)													
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 ½ pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 ½ pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37.5 mm (1 ½ pulg.)	25.0 mm (1 pulg.)	19 mm (¾ pulg.)	12.5 mm (3/8 pulg.)	9.5 mm (1/8 pulg.)	4.75 mm (1/16 pulg.)	2.36 mm (1/32 pulg.)	1.18 mm (1/64 pulg.)	300 µm (N°16)
1	90 a 37.5 mm (3 ½ a 1 ½ pulg.)	100 90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-	-
2	63 a 37.5 mm (2 ½ a 1 ½ pulg.)	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-	-
24	63 a 19 mm (2 ½ a ¾ pulg.)	-	-	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-	-
3	50 a 25 mm (2 a 1 pulg.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 a 47.5 mm (2 pulg. a N°4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 a 19 mm (1 ½ a ¾ pulg.)	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 a 47.5 mm (1 ½ a N°4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 a 12.5 mm (1 a ¾ in)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 a 9.5 mm (1 a 3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 a 4.75 mm (1 pulg. a N°4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 a 9.5 mm (¾ a 3/8 pulg.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-

CAP.24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Porcentaje pasando los tamices de laboratorio (Apertura) (% Masa / Masa)												
Tamaño Número	Tamaño Nominal de Apertura	100 mm ($\frac{3}{4}$ pulg.)	90 mm ($\frac{3}{4}$ pulg.)	75 mm ($\frac{3}{4}$ pulg.)	63 mm ($\frac{2}{3}$ pulg.)	50 mm ($\frac{2}{3}$ pulg.)	37.5 mm ($\frac{1}{2}$ pulg.)	25.0 mm ($\frac{1}{4}$ pulg.)	19 mm ($\frac{1}{4}$ pulg.)	12.5 mm ($\frac{1}{8}$ pulg.)	9.5 mm ($\frac{3}{16}$ pulg.)	4.75 mm ($\frac{1}{16}$ pulg.)
67	19 a 4.75 mm ($\frac{1}{2}$ pulg. a Nº4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55
68	19 a 2.36 mm ($\frac{1}{2}$ pulg. a Nº8)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 10
7	12.5 a 4.75 mm ($\frac{1}{2}$ pulg. a Nº4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	30 a 65
78	12.5 a 2.36 mm ($\frac{1}{2}$ pulg. a Nº8)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15
8	9.5 a 2.36 mm ($\frac{3}{8}$ a Nº8)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 10	40 a 75	5 a 25
89	9.5 a 1.18 mm ($\frac{3}{16}$ pulg. a Nº16)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30
9	4.75 a 1.18 mm ($\frac{1}{16}$ pulg. a Nº16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40
10	4.75 mm (Nº4 a 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	-
												10 lo 30

Fuente: AASHTO M 43
"Size of Aggregate for Road and Bridge Construction"

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

2.1.2. Agregado Fino: Este material estará formado por arena de piedra quebrada tamizada o arena natural y deberá tener una granulometría que, al combinarse con otras fracciones en la proporción adecuada, la mezcla resultante pueda satisfacer la granulometría requerida.

La granulometría del agregado fino tiene que cumplir con alguna de las gradaciones establecidos en la tabla 24-2. Las arenas naturales estarán constituidas de granos de cuarzo u otros materiales durables, angulosos y libres de terrenos de arcilla, recubrimientos perjudiciales, materia orgánica u otras sustancias extrañas. El agregado fino que se determine por pruebas de laboratorio que están contaminados, posea impurezas orgánicas o suciedad, deberán lavarse por el tamiz de 75 μm (Nº200), para verificar posteriormente su calidad.

Tabla 24-2
Gradación Requerida para Agregado Fino

Tamaño de Tamiz	Porcentaje que Pasa				
	Gradación 1	Gradación 2	Gradación 3	Gradación 4	Gradación 5
9,5 mm (3/8 pulg.)	100	—	—	100	100
4,75 mm (Nº4)	95 a 100	100	100	80 a 100	80 a 100
2,36 mm (Nº8)	70 a 100	75 a 100	95 a 100	65 a 100	65 a 100
1,18 mm (Nº16)	40 a 80	50 a 74	85 a 100	40 a 80	40 a 80
600 μm (Nº30)	20 a 65	28 a 52	65 a 90	20 a 65	20 a 65
300 μm (Nº50)	7 a 40	8 a 30	30 a 60	7 a 40	7 a 46
150 μm (Nº100)	2 a 20	0 a 12	5 a 25	2 a 20	2 a 30
75 μm (Nº200)	0 a 10	0 a 5	0 a 5	0 a 10	—

Fuente: AASHTO M 29
"Size of Aggregate for Road and Bridge Construction"

El porcentaje de árido natural o arena en una mezcla no se recomienda sea mayor al 7 % del peso total.

2.1.3. Relleno Mineral: Consistirá de agregado pétreo finamente triturado y deberá estar de acuerdo con la norma AASHTO M 17 o cualquier otro material que cumpla con las características abajo definidas, tales como:

Material finamente dividido (fracciones muy finas de agregado que pasan a través del tamiz 0,075 mm (Nº200)), proveniente de rocas, cal hidratada, cemento hidráulico, cenizas volantes, u otro material adecuado.

Al momento de utilizarse, el material mineral debe estar lo suficientemente seco para no aglomerarse y estar libre de material orgánico e impurezas.

La granulometría debe cumplir con lo establecido en la Tabla 24-3 y, además, con los requisitos establecidos en la tabla 24-4.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-3
Granulometrías de Relleno Mineral

Tamaño del Tamiz	Porcentaje que Pasa (%)
1,18 mm (Nº16)	100
600 µm (Nº30)	97 – 100
300 µm (Nº50)	95 – 100
75 µm (Nº200)	70 – 100

Fuente: ASTM D242/D242M-09
 “Standard Specification for Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures”

Tabla 24-4
Requisitos de Relleno Mineral

Parámetros	Normas	Especificación
Índice de Plasticidad	ASTM D 4318 AASHTO T90	4 Máximo
Pérdida por Ignición	ASTM C311	12% Máximo

Se recomienda el uso de relleno mineral en mezclas asfálticas con agregados con absorción efectiva (en forma ponderada) igual o mayor al 2.5 %.

2.1.4. Adherencia: Con el fin de garantizar la adhesión del cemento asfáltico y el agregado, se hace obligatoria la utilización de agentes promotores de adherencia, de tipo líquido, los cuales son productos comerciales de alta estabilidad al calentamiento, que cuando son incorporados en el asfalto favorecen las propiedades químicas y físicas apropiadas para minimizar la separación del cemento asfáltico y el agregado en la mezcla y de tipo cal, que ayudan a reducir la susceptibilidad al agua en mezclas asfálticas, entre las cuales se pueden mencionar, la cal hidratada con alto contenido de calcio, que debe cumplir con lo que se establece en las Tablas 24-5 a 24-8, y su composición química debe determinarse con la norma AASHTO T 29 y el óxido de magnesio se determina con la norma ASTM C 25, y la cal de tipo magnesio o cal dolomítica que contiene magnesio, la cual, de forma similar, debe cumplir con lo que establecen las Tablas 24-5 a 24-8 y su composición química debe determinarse con la norma ASTM C 25.

Se deberá verificar posteriormente y plenamente la adherencia entre los agregados pétreos utilizados (grueso y fino) y el asfalto. De verificarse aún deficiencias que ameriten el uso de otros aditivos o relleno mineral para su corrección, éstos serán sometidos y formulados por el Contralista para aprobación del Ingeniero Residente, sin costo directo adicional para el Estado.

La adherencia se verificará mediante la prueba de hervido según ASTM D 3625, o de acuerdo al Test de Lottman modificado para este fin (AASHTO T – 185).

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-5
Especificaciones para el Contenido de Magnesio

Cal	Parámetro	Norma	Especificación
Tipo I	Magnesio, calculado como óxido de magnesio	ASTM C25	4% Máximo
Tipo II	Magnesio, calculado como óxido de magnesio	ASTM C25	Entre 4% - 36%

Fuente: AASHTO M 303
"Standard Specification for Lime for Asphalt Mixtures"

Tabla 24-6
Especificaciones para la Cal Tipo I y Tipo II

Parámetros	Normas	Especificación
Contenido total de cal activa (masa de Ca(OH) ₂ + CaO), % m/m	AASHTO T29	90% Mínimo
Contenido de cal no hidratada (masa de CaO), % m/m	AASHTO T29	7% Máximo
Contenido de agua libre (masa de H ₂ O), % m/m	AASHTO T29	3% Máximo

El porcentaje de óxido de calcio NO debe exceder el 7%.

Fuente: AASHTO M 303
"Standard Specification for Lime for Asphalt Mixtures"

Tabla 24-7
Especificaciones para la cal Tipo II (se ensaya con la norma ASTM C 25)

Parámetros	Norma	Especificación
Contenido óxido de calcio y de magnesio como residuo de ignición% m/m1	ASTM C25	96% Mínimo
Dióxido de carbono, %	ASTM C25	4% Máximo
Óxido de calcio no hidratado de H ₂ O, % m/m	ASTM C25	7% Máximo

La Ignición a masa constante debe realizarse usando un horno eléctrico de mofla, que opere entre 1000°C y 1100°C.

Fuente: AASHTO M 303
"Standard Specification for Lime for Asphalt Mixtures"

Tabla 24-8
Especificaciones para el Tamaño de Particula de la Cal

Parámetros	Normas	Especificación
Residuo retenido en malla 600 µm (N°30)	AASHTO T 29	3,0% Máximo
Residuo retenido en malla 75 µm (N°200)	AASHTO T 29	20% Máximo

Fuente: AASHTO M 303
"Standard Specification for Lime for Asphalt Mixtures"

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

El muestreo de la cal para los ensayos indicados anteriormente se debe realizar de acuerdo con la norma AASHTO T 218.

2.1.5. Muestreo y Prueba de los Agregados:

Todos los muestreos de los agregados serán coordinados a través del Ingeniero Residente, según la norma AASHTO T 2 (ASTM D 75). El contratista suministrará sin costo adicional al Estado, los materiales que presente en su propuesta de diseño, para su debida verificación.

Los agregados a utilizarse en el diseño de mezcla asfáltica deberán ser presentados para las pruebas que verifiquen que cumplen con las propiedades físicas de los mismos, según lo establecido en los sub-artículos correspondientes al método de diseño de la mezcla asfáltica requerida en los Pliegos de Cargos.

Las muestras para la producción de la mezcla asfáltica (material pétreo y cemento asfáltico para uso vial), serán presentadas para los ensayos que verifiquen que cumplen con los requisitos de estas especificaciones, por lo menos treinta (30) días antes de iniciar la producción de la mezcla en planta. El tamaño de las muestras estará definido de acuerdo a la norma ASTM D 75 (MUESTREO DE AGREGADOS) y ASTM D 140 (MUESTREO DE PRODUCTOS BITUMINOSOS).

El Contratista suministrará al Estado las muestras de los agregados a utilizarse antes de iniciar su producción y durante la producción de la mezcla asfáltica. Las muestras de agregados serán obtenidas en la planta procesadora, en los vehículos de carga, en las pilas de acopio y en otros puntos que abarque el proceso de producción, transporte y almacenamiento de los agregados.

El Contratista suministrará muestras de los agregados pétreos en las tolvas calientes antes de iniciar la producción y durante el periodo de producción, para verificar que estén secos y que poseen la temperatura adecuada y su granulometría. Las muestras serán la base de aprobación para lotes específicos de agregados desde el punto de vista de requisitos para gradación especificados en los sub-artículos correspondientes para cada tipo de metodología de diseño.

2.1.6. Fuentes de Agregados:

Se permitirá el uso de agregados procedentes de las fuentes actualmente en explotación, siempre y cuando satisfagan los requisitos establecidos en estas especificaciones. En caso de utilizarse una fuente distinta, el Contratista deberá presentar datos y evidencia para demostrar que el material propuesto ha sido utilizado en la construcción de pavimentos asfálticos con servicio satisfactorio durante cinco (5) años por lo menos.

Si la fuente no ha sido explotada anteriormente para su uso en la construcción o rehabilitación de pavimentos, el contratista presentará al Estado los estudios mineralógicos que demuestren que el material cumpla física y químicamente los requisitos establecidos en este capítulo para garantizar un buen desempeño de la mezcla asfáltica.

2.2. Material Asfáltico:

El cemento asfáltico para la mezcla asfáltica caliente deberá cumplir estrictamente con los requisitos del Reglamento Técnico DGNTI COPANIT 85-2005 "CEMENTO ASFÁLTICO PARA USO VIAL CLASIFICADOS POR VISCOSIDAD" (Gaceta Oficial No. 25291). Esto involucra todas las tareas de calidad física y química del producto bituminoso, muestreo, aceptación o rechazo, seguridad y transporte.

2.2.1. Clasificación por Viscosidad:

Actualmente, la clasificación que se encuentra estipulada en la gaceta oficial antes mencionada, está basada por la viscosidad del cemento asfáltico y debe cumplir con los requisitos físicos y químicos exigidos en la siguiente tabla:

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-9
Reglamento para Cementos Asfálticos para Uso Vial
Clasificados por Viscosidad

Características	Unidad	Tipo de Cemento Asfáltico				Método de Ensayo	
		AC - 20		AC - 30			
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		
Viscosidad Absoluta @ 60°C	P	1 600	2 400	2 400	3 600	ASTM D 2171 o norma equivalente	
Viscosidad Cinemática @ 135°C	cSt	300	-	350	-	ASTM D 2170 o norma equivalente	
Penetración (25° C, 100 gramos, 5 segundos)	0.1 mm	REPORTAR			ASTM D 5 o norma equivalente		
Punto de Ablandamiento	°C	REPORTAR			ASTM D 36 o norma equivalente		
Índice de Penetración ⁽¹⁾	--	-1.0	+1.0	-1.0	+1.0	NLT 181 o norma equivalente	
Ensayo de Oliensis (con 35% de Xileno, máx.)	--	NEGATIVO			AASHTO T 102 o norma equivalente		
Solubilidad en Tricloroetileno	%	99.0	-	99.0	-	ASTM D 2042 o norma equivalente	
Contenido de Ceras ⁽²⁾	%	-	3.0	-	3.0	DIN EN 12606-1 o norma equivalente	
Punto de inflamación Cleveland (copa abierta)	°C	230	-	230	-	ASTM D 92 o norma equivalente	
Índice de inestabilidad Coloidal ⁽³⁾	--	-	0.6	-	0.6		
Pérdida de masa por calentamiento en película delgada	%	-	0.8	-	0.8	ASTM D 2872 o norma equivalente	
Ensayo sobre el Residuo en la Pérdida por Calentamiento - RTFOT							
Índice de durabilidad ⁽⁴⁾	--		4.0	-	4.0		
Viscosidad @ 60° C	P		10 000		15 000	ASTM D 2171 o norma equivalente	
Ductilidad del residuo @ 25° C, 5 cms/min.	cm	50	-	50	-	ASTM D 113 o norma equivalente	

- (1) Se calcula utilizando la formulación detallada en el punto 2.8 de este reglamento técnico.
- (2) Este ensayo se realiza a partir de la prueba de fraccionamiento del cemento asfáltico en sus componentes, mediante norma ASTM D 4124 o su equivalente.
- (3) Este ensayo se realiza a partir de la prueba de fraccionamiento del cemento asfáltico en sus componentes. El cálculo de este parámetro está definido en el punto 2.5 de este reglamento técnico.
- (4) La determinación de este parámetro está detallada en el punto 2.7 del Reglamento Técnico DGNTI COPANIT 85-2005.

El contratista tiene la responsabilidad de utilizar para la mezcla asfáltica, un cemento asfáltico para uso vial que satisfaga los requisitos exigidos en la Tabla 24-9 de este capítulo. Si el proveedor o importador del cemento asfáltico no cumple con los requisitos exigidos por el reglamento técnico DGNTI COPANIT 85-2005 "CEMENTO ASFÁLTICO PARA USO VIAL CLASIFICADOS POR VISCOSIDAD", entonces este cemento asfáltico no podrá utilizarse en la obra. El contratista, sin embargo, podrá incorporar a su costo,

agentes modificadores poliméricos para cementos asfálticos del tipo elastómeros o plastómeros para mejorar las propiedades del cemento asfáltico de acuerdo a los requisitos exigidos en el punto 2.3 Asfaltos Modificados u otro tipo de agentes modificadores, tales como cementos asfálticos naturales, cementos asfálticos de alto módulo o cualquier otro modificador aprobado por el Departamento de Ensayos y Materiales del MOP, siempre y cuando no contravenga con este capítulo.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE**2.2.2. Otras Clasificaciones del Cemento Asfáltico:**

Mediante las nuevas investigaciones para la clasificación de cementos asfálticos, se podrá utilizar otros métodos para la clasificación del cemento asfáltico, como es la del Grado de Desempeño, mediante la norma AASHTO M320 o ASTM D6626 (PG por sus siglas en inglés), la cual debe cumplir con los siguientes requisitos establecidos en la tabla 24-10. Además de lo anterior, se admite la clasificación de la norma AASHTO M332 y T350, Multiple Stresses Creep Recovery Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Recovery, la cual es la metodología de clasificación más reciente de la AASHTO, que está basada en los mismos procedimientos de la del grado de desempeño.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-10
Especificaciones para asfaltos Clasificados por Grado de Desempeño

		Grado de Desempeño						
Característica		PG 46	PG 52	PG 58	PG 64	PG 70	PG 76	PG 82
	-34 -40 -46	-10 -16 -22 -28	-16 -22 -28	-10 -16 -22 -28 -34	-10 -16 -22 -28	-10 -16 -22	-10 -16 -22	-10 -16 -22
	-34 -40 -46	-34 -40	-34 -40	-40	-40	-34 -40	-28 -34	-28 -34
Promedio 7-días Temperatura Máxima de Diseño de Pavimento (°C)	<46	<52	<58	<64	<70	<76	<82	<82
Temperatura Mínima de Diseño de Pavimento (1) (°C)	>34	>10 >16 >22	>16 >22	>10 >16	>10 >16	>10 >16	>10 >16	>10 >16
	>40 >46	>28 >34 >40	>28 >34	>22 >28 >34 >	>22 >28 >34 >	>22 >28	>22 >28	>22 >28
	>46	>40	>40	40	40	40	>34	>34
Asfalto Original								
Temperatura de Punto de Inflamación, mínima (°C)				230				
Viscosidad, 3 Pa s, Temperatura de Prueba, máxima (°C)				135				
Módulo de Rígidez al constante: (2)								
G'isenó, min. 1,00 kPa, de 25-mm, Abertura de 1-mm, Temp. de Ensayo a 10-rad/s (°C)	46	52	58	64	70	76	82	82
Horno Rotatorio de Película Delgada Vertical (Método de Prueba D-2872)				1,0				
Pérdida de Masa, máxima (%)								
Módulo de Rígidez al constante:								
G'isenó, min. 2,20 kPa, Plato de 25-mm, 1-mm de Espacio, Temp. de Prueba a 10 rad/s (°C)	46	52	58	64	70	76	82	82
MSCR, AASHTO TP 70:								
Tránsito Grado "S"								
J ₁₋₂ máx 4,0 kPa ⁻¹	46	52	58	64	70	76	82	82
J ₁₋₂ máx 75%								
Temperatura de ensayo, °C								

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Característica	Grado de Desempeño					
	PG 46	PG 52	PG 58	PG 64	PG 70	PG 76
MSCR, AASHTO TP 70: Tránsito Grado "H" $J_{4,2}$ máx 2.0 kPa ⁻¹ $J_{4,2}$ máx 75%	-34 -40 -46	-10 -16 -22 -28 -34 -40 -46	-16 -22 -28 -34 -40	-10 -16 -22 -28 -40	-10 -16 -22 -34 -40	-10 -16 -22 -28 -34
Temperatura de ensayo, °C	46	52	58	64	70	76
MSCR, AASHTO TP 70: Tránsito Grado "V" $J_{4,2}$ máx 1.0 kPa ⁻¹ $J_{4,2}$ máx 75%	46	52	58	64	70	76
Temperatura de ensayo, °C						
Residuo de Recipiente para Envejecimiento a Presión (AASHTO PP1)						
Temperatura de Envejecimiento PAV (3)	90	90	100	100	100 (110)	100 (110)
Módulo de Rigididad al Contante						
G'senδ, máx. 5000 kPa, Plato de 8 mm, 2 mm de Espacio, Temp. de Prueba a 10 radíis (°C)	10 7 4	25 22 19 16 13 10 7	25 22 19 16 13	31 28 25 22 19 16	34 31 28 25 22 19	37 34 31 28 25
Tránsito Grado "S"						
G'senδ, máx. 6000 kPa, Plato de 8 mm, 2 mm de Espacio, Temp. de Prueba a 10 radíis (°C)	10 7 4	25 22 19 16 13 10 7	25 22 19 16 13	31 28 25 22 19 16	34 31 28 25 22 19	37 34 31 28 25
Tránsito Grado "H" y "V"						
Resistencia a la Fluencia a Bajas Temperaturas: (4) S, máx. 300 MPa, valor m: mín. 0,300, Temp. de Prueba en 60 s (°C)	-24 -30 -36	0 -6 -12 -18 -24 -30 -36	-6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24
Tensión Directa: (4)	-24	0 -6 -12 -18 -24 -30 -36	-6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24	0 -6 -12 -18 -24
Falla de Deformación, mín. 1.0 %, Temp. de Prueba a 1,0 n/minuto (°C)	-30 -36	-18 -24 -30 -36	-12 -18 -24 -30	-12 -18 -24 -30	-12 -18 -24	-12 -18 -24

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

- (1) Las temperaturas del pavimento se estiman por medio de las temperaturas del aire, de acuerdo con el método Superpave.
- (2) Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico sin modificar, la medida de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituir a las medidas de cizalla dinámica de G'isenó en las temperaturas de prueba, en donde el asfalto es un fluido Newtoniano. Se puede utilizar cualquier norma adecuada para medir la viscosidad, incluyendo viscosímetro capilar o rotacional (Métodos de Prueba D-2170 ó D-2171).
- (3) La temperatura de envejecimiento PAV se basa en condiciones climáticas simuladas, y es una de estas tres temperaturas: 90°C, 100°C ó 110°C. La temperatura de envejecimiento PAV es 10°C para PG 64 y grados superiores, excepto para climas desérticos, en donde es de 110°C.
- (4) Si la dureza a la deformación gradual es menor que 300 MPa, no se requiere la prueba de tensión directa. Si la dureza a la deformación está entre 300 y 600 MPa, el requerimiento de falla de deformación de la tensión directa se puede utilizar en lugar del requerimiento del esfuerzo a la fluencia. El requerimiento del valor "m" se debe satisfacer en ambos casos.

Tránsito Grado "S": Tránsito menor a 10 millones de ejes equivalentes, y velocidades mayores a 70 km/h.

Tránsito Grado "H": Tránsito entre 10 millones y 30 millones de ejes equivalentes, y velocidades mayores, entre 20 km/h y 70 km/h.

Tránsito Grado "V": Tránsito mayor de 30 millones de ejes equivalentes, y velocidades menores a 20 km/h.

Fuente: Tabla 1A – Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 75.01-22-04, AASHTO Designación M 320 y MP 19.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

2.2.3. Muestreo y Pruebas del Material Asfáltico: El Contratista deberá suministrar, libre de costo, muestras del cemento asfáltico para uso vial.

El Ingeniero Residente coordinará las pruebas que considere necesarias para establecer la conformidad del cemento asfáltico con lo establecido en estas especificaciones. El Contratista deberá suministrar con cada embarque o recibo de cemento asfáltico para uso vial, certificaciones del proveedor, importador o productor con pruebas de un laboratorio de reconocida experiencia, de que los materiales asfálticos recibidos cumplen con los requisitos exigidos en estas especificaciones. No podrá emplearse ningún embarque cuya certificación no haya sido presentada y aprobada por el Ingeniero Residente y el Laboratorio del MOP.

2.3. Asfaltos Modificados:

En caso de que el Cemento Asfáltico para uso vial no cumpla las especificaciones detalladas en la tabla 24-9, el contratista podrá usar ASFALTOS MODIFICADOS. El asfalto modificado se usará en aplicaciones de mezclado en planta en caliente o a juicio del Contratante o como lo estipulan los Pliegos de Cargos.

DEFINICIÓN: Las propiedades viscoelásticas del cemento asfáltico pueden ser mejoradas mediante la adición de modificadores del asfalto que pueden ser polímeros que incluyen los elastómeros, compuestos metálicos, compuestos azufreados, fibras, silicones, asfaltos naturales y cualquier otro método aprobado por el MOP. Los polímeros pueden ser clasificados en elastómeros utilizados para mejorar las propiedades elásticas del cemento asfáltico y en plastómeros los cuales mejoran la rigidez del asfalto. El efecto de los modificadores del asfalto es el de ampliar el rango de temperaturas usado en la definición de la clasificación por grado de desempeño. Con el uso de los polímeros u otros aditivos mejoradores, se pueden modificar varias propiedades del cemento asfáltico, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Adhesión a los agregados
- Susceptibilidad a la temperatura
- Resistencia a la deformación permanente
- Resistencia al agrietamiento por fatiga
- Ductilidad
- Elasticidad
- Grado de desempeño

La temperatura de mezclado para la preparación de mezcla asfáltica no debe exceder 165°C (a menos que el fabricante especifique otra cosa en sus especificaciones) y la temperatura de compactación se debe mantener de tal manera que se asegure la trabajabilidad y que el cemento asfáltico no pierda sus componentes fundamentales.

EL MOP definirá las características de aceptación correspondientes al asfalto modificado, de conformidad con las especificaciones establecidas en la Tabla 24-9 a 24-11.

Tabla 24-11
Especificaciones para el Asfalto Modificado

Parámetros	Normas	Especificación
Recuperación elástica	ASTM D 127	60% Mínimo
Punto de blandamiento	ASTM D 36	Aumentar más de 5°C

Dentro de los modificadores de cemento asfáltico, se pueden mencionar a manera de referencia los siguientes aditivos, siendo estos los más usados en nuestro medio, pero no los únicos que se pueden utilizar:

2.3.1. Elastómeros: Los tipos básicos de elastómeros utilizados para modificar asfaltos son:

- (2.3.1.1) Hules sintéticos compuestos de Estireno - Butadieno (Styrene - Butadiene, SB) y Hule de Estireno - Butadieno (Styrene -Butadiene Rubber, SBR), los cuales se fabrican en forma de emulsión comúnmente conocida como látex.
- (2.3.1.2) Hule termoplástico de Estireno - Butadieno - Estireno (Styrene - Butadiene - Styrene, SBS).

2.3.2. Plastómeros: Los tipos básicos de plastómeros utilizados son:

- 2.3.2.1. Polietileno de Baja Densidad (Low Density Polyethylene, LDPE).
- 2.3.2.2. Etileno-Vinilo-Acetato (Ethylene-Vinyl-Acetate, EVA).

2.3.3. Asfaltos Naturales o de Alto Módulo:

Añadiendo asfaltos naturales (tales como el del lago de Trinidad u otros) o asfaltos de alto módulo en combinación con los asfaltos definidos en la tabla 24-9, se pueden modificar los asfaltos para que cumplan las clasificaciones, ya sea por viscosidad, por grado de desempeño (PG) o MSCR.

En la Tabla 24-12, se indica un listado de los polímeros típicos que se utilizan para modificar asfaltos.

Los polímeros tienen una estructura de cadena relativamente larga de hidrocarburo en comparación con el asfalto y, por lo tanto, la adición de polímeros usualmente incrementa la rigidez o la viscosidad del cemento asfáltico a altas temperaturas. La adición de pequeñas cantidades de polímeros, en el rango de 1 a 2 por ciento, provee refuerzo general y rigidez al cemento asfáltico. Cantidad

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

mayores de polímero, en el rango de 3 a 4 por ciento, pueden formar una estructura de red. La elección adecuada de asfalto, grado de asfalto, tipo de concentración de polímero y método de mezcla determinará si se forma una estructura de red.

La adición de polímeros al cemento asfáltico mejora principalmente las propiedades del asfalto a altas temperaturas y únicamente tiene un efecto limitado sobre las propiedades a bajas temperaturas. Las propiedades a bajas temperaturas del asfalto modificado son determinadas principalmente por el grado del asfalto base.

Al modificar asfaltos de baja viscosidad (es decir cementos asfálticos de bajo grado) con el polímero adecuado, se pueden fabricar asfaltos que provean un módulo de elasticidad significativamente más bajo a temperaturas más bajas, al mismo tiempo que proveen módulos altos a temperaturas elevadas. Es decir que las características mecánicas pueden ser mejoradas a lo largo de todo el rango de temperaturas de operación por medio de la mezcla con el polímero adecuado y el grado y tipo adecuado de asfalto.

Tabla 24-12
Polímeros Típicos Utilizados para Modificar Asfaltos

Tipo	Presentación	Composición Química
1. Elastómeros:		
• Copolímero de bloque	Látex	Estireno-Butadieno (SB)
• Copolímeros aleatorios	Látex	Estireno-Butadieno-Hule (SBR)
• Copolímero de bloque	Granulado o en polvo	Estireno-Butadieno-Estireno (SBS)
• Copolímero de bloque	Grumos	Estireno-Butadieno (SB)
• Copolímero de bloque	Granulado o en polvo	Estireno-Butadieno-Estireno (SBS)
• Homopolímero	Látex	Policloropreno
• Copolímeros aleatorios	Látex	Estireno-Butadieno-Hule (SBR)
• Copolímero de bloque	Pre-mezclado	Estireno-Butadieno (SB)
• Copolímero aleatorio	Látex	Estireno-Butadieno-Hule (SBR)
• Copolímero de bloque	Granulado o en polvo	Estireno-Butadieno-Estireno (SBS)
2. Plastiómeros:		
• Copolímero	Granulado o en polvo	Etileno Vinilo Acetato (EVA)
• Homopolímero	Premezclado con el CA	Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
• Copolímero	Granulado o en polvo	Etileno Vinilo Acetato (EVA)
• Copolímero	Granulado o en polvo	Etileno Metilacrilato (EMA)
• Copolímero	Pelotitas (Pellets)	Etileno Vinilo Acetato (EVA)

Estos compuestos no son los únicos que se pueden utilizar para la modificación de los cementos asfálticos para lograr los grados de desempeños requeridos (PG), por lo tanto se permite usar asfaltos naturales y asfaltos de alto módulo, cual fuera el caso para lograr el objetivo.

2.4. Tipos de Cementos Asfálticos Modificados:

De conformidad con las especificaciones guía para asfaltos modificados con polímeros desarrolladas por el Grupo de

Trabajo N°31 de la AASHTO -AGC (American General Contractor)-ARTBA (American Road and Transportation Builders Association) las múltiples variedades de asfaltos modificados con polímeros han sido agrupadas en los siguientes tipos:

2.4.1. Tipo I: Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo I, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

de modificarlo con copolímeros de bloque de Estireno. La mayoría de estos cementos asfálticos modificados que cumplen con esta especificación tienen semibloques de Butadieno y pueden ser configuraciones de bloques del tipo SB o tribloques del tipo SBS. De este tipo se distinguen las siguientes clases:

Clases de Asfaltos Modificados Tipo I:

- I-A
- I-B
- I-C
- I-D

En la siguiente tabla se enumeran las especificaciones para éstas clases de asfaltos modificados.

Tabla 24-13
Especificaciones de los Asfaltos Modificados Tipo I

Propiedades	Normas	Clases de Asfalto Modificado Tipo I			
		I-A	I-B	I-C	I-D
Penetración, a 25°C, 100g y 5s	AASHTO T 49	Mín.	100	75	50
		Máx.	150	100	75
Penetración, a 4°C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Mín.	40	30	25
Viscosidad, 60°C, Poises	AASHTO T 202	Mín.	1000	2500	5000
Viscosidad, 135°C, centi Stokes	AASHTO T 201	Máx.	2000	2000	2000
Punto de ablandamiento, R & B, °C	AASHTO T 53	Mín.	43.3	48.9	54.4
Punto de Flama, °C	AASHTO T 48	Mín.	218.3	218.3	232.2
Solubilidad en Tricloro etíleno (TCE), % (1)	ASTM D 2042	Min.	99	99	99
Separación (2), diferencia R & B, °C	AASHTO T 44	Máx.	2.2	2.2	2.2
Ensayo del Residuo del Horno de Película Delgada (RTFOT)					
Recuperación elástica (3), a 25°C, %	AASHTO T 179	Min.	45	45	45
Penetración a 4°C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Min.	20	15	13
					13

(1) Solubilidad del asfalto original.

(2) Diferencias de puntos de ablandamiento de la parte superior e inferior de una muestra de asfalto modificado con polímeros, a 162.8°C, durante 48 horas, según se describe en el Apéndice A de las especificaciones guía para asfaltos modificados con polímeros, elaboradas por la AASHTO-AGC-ARTBA.

(3) Deformación recuperable después del ensayo de ductilidad, AASHTO T 51, descrito en el Apéndice B de las especificaciones guías para asfaltos modificados con polímeros, elaboradas por la AASHTO-AGC-ARTBA.

2.4.2. Tipo II: Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo II, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después de modificarlo con látex de hule de Estireno Butadieno (SBR) o Neopreno. Este tipo se subdivide en las clases II-A, II-B y II-C, los cuales tienen las especificaciones de la siguiente tabla.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-14
Especificaciones de los Asfaltos Modificados Tipo II

Propiedades	Normas		Clases de Asfalto Modificado Tipo II		
			II-A	II-B	II-C
Penetración, a 25°C, 100g y 5s	AASHTO T 49	Min.	100	70	80
Viscosidad, 60°C, Poises	AASHTO T 202	Min.	800	1600	1600
Viscosidad, 135°C, centi Stokes	AASHTO T 201	Máx.	2000	2000	2000
Ductilidad, 4°C, 5 cpm, mm	AASHTO T 51	Min.	500	500	250
Punto de Flama, °C	AASHTO T 48	Min.	232.2	232.2	232.2
Solubilidad, %	AASHTO T 44	Min.	99	99	99
Endurecimiento, 25°C, 20 ipm, N-m	ASTM D 5801	Min.	0.429	0.629	0.629
Tenacidad, 25°C, 20ipm, N-m	ASTM D 5801	Min.	0.286	0.429	0.429
Ensayo del Residuo del Horno de Película Delgada (RTFOT) AASHTO T 179					
Viscosidad, 60°C, Poises	AASHTO T 202	Máx.	4000	8000	8000
Ductilidad, 39.2, 5 cpm, mm	AASHTO T 51	Min.	250	250	80
Endurecimiento, 25°C, 20ipm, N-m	ASTM D 5801	Min.	-	-	0.629
Tenacidad, 25°C, 20 ipm, N-m	ASTM D 5801	Min.	-	-	0.429

Usos del Tipo II.

Tipo II-A. Utilizado en mezclas de concreto asfáltico para ser utilizado en climas fríos, en tratamientos superficiales aplicados en caliente, y para el sellado de grietas.

Tipos II-B y II-C. De uso general, aplicable a concretos asfálticos de graduación abierta o densa, y para aplicaciones de sellado en caliente para ser utilizadas en climas cálidos.

2.4.3. Tipo III: Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo III, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después de modificarlo con acetato vinilo etíleno ó con polietileno. De este tipo se distinguen las clases III-A, III-B, III-C, III-D y III-E, con las especificaciones de la siguiente tabla.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-15
Especificaciones de los Asfaltos Modificados Tipo III

Propiedades	Norma		Clases de Asfalto Modificado Tipo III				
			III-A	III-B	III-C	III-D	III-E
Penetración, a 25°C, 100g y 5s	AASHTO T 49	Min.	30	30	30	30	30
		Máx.	130	130	130	130	130
Penetración, a 4°C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Min.	48	35	26	18	12
		Máx.	150	150	150	150	150
Viscosidad, 135°C, centi Stokes	AASHTO T 201	Min.	1500	1500	1500	1500	1500
		Máx.	1500	1500	1500	1500	1500
Punto de ablandamiento, R & B, °C	AASHTO T 53	Min.	125	130	135	140	145
Punto de Flama, °C Separación	AASHTO T 48	Min.	218.3	218.3	218.3	218.3	218.3
		Min.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Ensayos del Residuo del Hormo de Película Delgada (RTFOT)	AASHTO T 179						
Perdida por calentamiento, %	AASHTO T 179	Máx.	1	1	1	1	1
Penetración a 4°C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Min.	24	18	13	9	6

(1) Debe haber compatibilidad entre el asfalto y el polímero, manteniéndose una mezcla homogénea sin formación de películas en la superficie o asentamiento de lodos en el fondo, al efectuar la prueba que se describe en el Apéndice C de las especificaciones guía para asfaltos modificados con polímeros, elaboradas por la AASHTO-AGC-ARTBA.

(2) Los Asfaltos Modificados Tipo III, se pueden seleccionar requiriendo un punto de ablandamiento (AASHTO T 53), por lo menos 22°C mayor que la temperatura ambiente diaria máxima, durante el mes más caluroso de operación en el proyecto.

Es fundamental que el Contratista presente lo siguiente, para el caso de los cementos asfálticos modificados:

- Nombre de material (marca, nombre genérico, y la identificación química)
- Fabricante o Proveedor (compañía, dirección, número de teléfono, país)
- Propiedades físicas del material
- Hoja de seguridad del material
- Indicar las propiedades que mejora el aditivo en el asfalto
- Indicar los ensayos que demuestran la mejoría de las propiedades del asfalto, con la incorporación del aditivo
- Instrucciones de uso específicas: dosis, método de adición (temperatura y tiempo de mezclado), y restricciones de uso

2.5. Usos de los Cementos Asfálticos Modificados:

Los Cementos Asfálticos Modificados deberán evaluarse y clasificarse efectuando los ensayos requeridos en la Especificación AASHTO MP-1 correspondiente a las graduaciones de Cementos Asfálticos por Desempeño

(PG). Para el uso de cementos asfálticos modificados, el Ingeniero Residente requerirá la presentación de los certificados de calidad y los resultados de los ensayos efectuados por laboratorios certificados que comprueben el cumplimiento de la especificación AASHTO MP 1, de acuerdo con el grado nominal bajo el cual se propone el uso del cemento asfáltico modificado. Adicionalmente, se deberán presentar las especificaciones correspondientes a las temperaturas de aplicación o de mezcla, según corresponda.

DISEÑO DE MEZCLA MEDIANTE METODOLOGIA MARSHALL.

3.- COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.

La mezcla constará de la combinación de agregados gruesos, finos, relleno mineral y cemento asfáltico para uso vial en proporciones tal que satisfagan los requisitos físicos y de desempeño (entiéndase por acción de las cargas del tránsito vehicular e intemperismo).

3.1. Gradación de los Agregados:

Las proporciones granulométricas de los agregados gruesos, finos, y relleno mineral, deberán ser tales, que se

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

ajusten a los requisitos de una mezcla asfáltica caliente de gradación densa. Para ello, se constará de las siguientes gradaciones aplicables, según lo estipulado en el Instituto del Asfalto, Mezclas Densas Tipo IV.

Tabla 24-16
Gradación del Instituto del Asfalto para
Mezclas Densas

Tamices (mm)	Porcentaje que Pasa por Peso Clasificación			
	IV - A	*IV - B	IV - C	IV - D
38.100				100
25.400			100	80 - 100
19.050		100	80 - 100	70 - 90
12.700	100	80 - 100	---	---
9.520	85 - 100	70 - 90	60 - 80	55 - 75
4.750	55 - 75	50 - 70	48 - 65	45 - 62
2.360	35 - 50	35 - 50	35 - 50	35 - 50
0.600	18 - 29	18 - 29	19 - 30	19 - 30
0.300	13 - 23	13 - 23	13 - 23	13 - 23
0.150	7 - 15	7 - 15	7 - 15	7 - 15
0.075	3 - 8	3 - 8	1 - 8	1 - 8

* De no especificarse una granulometría por el MOP, se deberá utilizar la mezcla densa Tipo IVB, según la clasificación del Instituto del Asfalto.

La curva granulométrica combinada de los agregados que diseñe el contratista, sin considerar el tipo de granulometría a utilizar, deberá ser continua (sin puntos de inflexión), y tener una misma concavidad. Adicional, de utilizarse una granulometría tipo IVB, la curva diseñada debe estar del lado grueso del rango especificado. De no cumplir los agregados estos requisitos, se rechazarán el diseño de inmediato.

Además de la granulometría, los agregados deben cumplir condiciones físicas, tal y como se describe en la tabla 24-17:

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-17
Especificaciones de los Agregados para Mezclas Asfálticas

Agregado	Parámetros	Normas	Especificación
Grueso	Abrasión de los Ángeles	AASHTO T 96	25% Máx.
	Desgaste por sulfato de sodio (5 ciclos)	AASHTO T 104	12% Máx.
	Caras fracturadas (mínimo 2)	ASTM D 5821	60% Min.
	No deben usarse agregados con caras pulidas o agregados que contengan carbonato soluble	ASTM D 3042	El residuo insoluble debe ser mayor o igual al 25%
	Partículas planas y achaladas	NLT-354	25% Máx.

Agregado	Parámetros	Normas	Especificación
Fino	Desgaste por sulfato de sodio (5 ciclos)	AASHTO T 96	15% Máx.
	Equivalente de arena	AASHTO T 176	50% Min.
	Requisitos de calidad	AASHTO M29 ASTM D1073	

3.2. Porcentaje de Cemento Asfáltico en la Mezcla:

El contenido de cemento asfáltico en la mezcla expresado en porcentaje del peso total de mezcla, tendrá un rango entre 4.0% y 7.0%. Se considera los agregados no absorbentes si la absorción efectiva de los agregados (en forma ponderada) es inferior al 2.50%. Para el caso contrario, se considera como agregado absorbente. Los métodos de ensayo para la determinación de esta propiedad son AASHTO T 84 y T 85 (o equivalentes ASTM C 128 y C 127 respectivamente).

Si se comprueba el uso de agregados con índices de absorción mayores de 4.0%, se tomará en consideración de utilizar porcentajes superiores al 7.0%. Para ello se deberá verificar que la mezcla diseñada sea suficientemente estable para valores superiores al 7.0% de cemento asfáltico óptimo por peso.

Se reitera el uso obligatorio de un mejorador de adherencia (antistripping) en toda mezcla asfáltica caliente no importa si son absorbentes o no. Este agente se adicionará sobre el porcentaje de cemento asfáltico óptimo de la mezcla caliente y en presencia de la Inspección y en un entorno de 0.3 % a 1.5 % en peso del cemento asfáltico. Para hallar la dosis exacta se utilizará el Test de Lottman modificado (AASHTO T - 185)

El contenido óptimo de cemento asfáltico en la mezcla, se determinará por el Método Marshall para mezclas densas, de acuerdo a la norma ASTM D 1559 o su equivalente, AASHTO T 245.

Se utilizará el criterio de 75 golpes por cara, que corresponde a un diseño para una categoría de tráfico pesado.

3.3. Fórmula de Trabajo:

Treinta días antes de iniciar la producción de mezcla asfáltica caliente, el contratista deberá presentar en su propuesta de diseño, la fórmula de trabajo de producción, el cual deberá ajustarse a las combinaciones de materiales pétreos utilizadas en la propuesta de diseño. Además, la fórmula de trabajo presentada deberá ser verificada por el contratista en el punto hallado como el óptimo de asfalto mediante la metodología Marshall. No se aceptarán propuestas de diseño de mezclas asfálticas calientes que no presenten su verificación práctica para el punto óptimo de asfalto.

La fórmula de trabajo de producción, que presenta el contratista, contendrá lo siguiente:

- Rango en porcentaje de cada lamaña de agregado;
- Rango en porcentaje del contenido de cemento asfáltico;
- Verificación práctica del punto óptimo de asfalto;
- Peso Específico Teórico del Diseño (P_0); y
- Gráficos necesarios para determinar el porcentaje de cemento asfáltico y el criterio utilizado;
- La temperatura de mezclado y de compactación de laboratorio.

Estas últimas deberán corroborarse con un gráfico de Viscosidad rotacional vs Temperatura, mediante la norma

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

ASTM D4402, para controlar los procesos de mezclado entre los agregados y el cemento asfáltico. La temperatura óptima de mezclado será tal que corresponda a una viscosidad entre 0.150 y 0.190 Pa·s. La temperatura de compactación será la que corresponda a una viscosidad absoluta entre 0.250 y 0.310 Pa·s.

Los límites a utilizarse, por el contratista, para definir la fórmula de trabajo y parámetros de diseño, son los siguientes:

Requisitos	
Agregados con tamaños hasta 4.75 mm	± 5%
Agregados con tamaños entre 2.36 y 0.150 mm	± 4%
Agregados con tamaños inferiores a 0.075 mm	± 2%
Contenido de Cemento Asfáltico	± 0.3%
Temperatura de Mezclado y Compactación en el laboratorio.	Sujeto al gráfico Viscosidad - Temperatura

El porcentaje de cada fracción en la fórmula de trabajo será restringido a los valores arriba señalados, de manera que dichas tolerancias no causen violación a los límites establecidos en la granulometría especificada en el subartículo 3.1 (GRADACIÓN DE LOS AGREGADOS).

Estos criterios estarán sujetos a verificación previa al inicio de la producción; y el una vez verificado, dará su aprobación o rechazo por escrito a la fórmula de trabajo.

Si hay cambios en la fuente de materiales, ya sea por materiales no aprobados o variación en las propiedades físicas de los agregados, el contratista deberá presentar por escrito un rediseño de mezcla, el cual deberá contener la nueva fórmula de trabajo. La misma será verificada en laboratorio y deberá ser aprobada por escrito por parte del Ingeniero Residente previa a su producción industrial.

3.4. Requisitos Físicos de la Mezcla Asfáltica:

Los requisitos a cumplir de la mezcla con cemento asfáltico para uso vial clasificado por viscosidad a verificarse serán de acuerdo al Método Marshall para una condición de tránsito intenso o pesado. Los criterios estarán sujetos a las condiciones de gravedad específica y absorción efectiva de los agregados. Las mismas son las siguientes:

Parámetros de Diseño	
Establecimiento Marshall Minima	8.00 kN mínimo
Flujo, 0.25 mm	De 8 @ 14 unidades
Vacíos Totales en la Mezcla (V _T)	De 3.0% @ 5.0%
Vacíos Llenos de Cemento Asfáltico (V _{FA})	De 65.0% @ 75.0%
Índice de Estabilidad Relativa (Inmersión - Compresión)	80% mínimo
Estabilidad Remanente Marshall a las 24 Horas y 60°C Sumergida	80% mínimo de la estabilidad convencional
Relación Estabilidad / Flujo (E/F)	De 2.3 kN/mm @ 5.1 kN/mm
Relación en Peso Polvo / Asfalto*	0.8 - 1.3

- * Para el caso de la relación polvo/asfalto, se entiende que el término "asfalto" es el asfalto efectivo.

3.5. Ensayos de Control en Campo y de Laboratorio de la Mezcla Asfáltica:

Antes de la colocación de la mezcla, el contratista está obligado a definir y someter a Inspección para su aprobación, un patrón de compactación y de verificar el desempeño de los equipos y de la mezcla diseñada, para obtener la mayor compactación especificada con menor número de pases. De esta verificación se deberá obtener los siguientes datos técnicos para control de campo:

3.5.1. Datos de Compactación:

3.5.1.1. Temperatura de mezclado en planta.

3.5.1.2. Temperatura de colocación de la mezcla en sitio. La misma será la máxima permisible por los equipos de compactación.

3.5.1.3. Tiempo aproximado de compactación.

3.5.1.4. Gráfico de correlación para la velocidad y vibrado del rodillo de acero.

3.5.1.5. Amplitud del rodillo vibratorio (alta, mediana o baja).

3.5.1.6. Número de pases (para los rodillos neumáticos y vibratorios).

3.5.2. Durante las etapas de producción y colocación, la mezcla asfáltica no compactada podrá muestrearse tanto en campo como en la planta de mezclado, mediante norma ASTM D 979. Se tomará al menos una muestra por cada

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

100 toneladas métricas sueltas de mezcla caliente producida. Si la producción del día es menor a la cantidad arriba señalada, se tomará al menos una muestra de la producción correspondiente a dicho día.

3.5.3. Para controlar la calidad de la mezcla durante su producción y desempeño, se realizarán las pruebas de Estabilidad y Flujo según norma ASTM D 1559. Se tolerará como máximo en la medida de la Estabilidad (E_c) los valores obtenidos de las muestras tomadas en campo, indicadas en el punto 3.5.2, el 10% por debajo de la Estabilidad señalada en el diseño de mezcla aprobado (E_0).

$$E_c \geq 0.90 \cdot E_0$$

Para los controles de flujo, se utilizará los rangos señalados en el punto 3.4 (REQUISITOS FÍSICOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA).

3.5.4. El peso específico de la muestra de mezcla no compactada moldeada en el laboratorio (P_l), se determinará en el laboratorio mediante prueba ASTM D 2726 (o equivalente AASHTO T 166) para mezclas con agregados no absorbentes. En el caso contrario, se utilizará el método ASTM D 1188 (o equivalente AASHTO T 275). La misma deberá ser tomada en la planta de producción para el control inmediato de la mezcla. El peso específico de la muestra de mezcla asfáltica no compactada moldeada en el laboratorio (P_c) no deberá tener una variación máxima del 2.0% por debajo del peso específico teórico del diseño (P_0).

$$P_c \geq 0.98 \cdot P_0$$

Si se detecta alguna de las siguientes condiciones, el contratista deberá someter un nuevo diseño de mezcla caliente:

3.5.4.1. Cuando el promedio de peso específico de las muestras de mezcla no compactada (P_c) tomadas en planta es inferior al peso específico teórico del diseño (P_0) en más de 2.0%.

3.5.4.2. Cuando hay variaciones en las propiedades de los agregados comprobados mediante ensayos de control de calidad.

3.5.5. Durante el proceso de colocación de la mezcla asfáltica, el Ingeniero Residente verificará los espesores de la mezcla sin compactar en tramos entre 5 a 10 m de longitud de mezcla caliente colocado. La misma se realizará mediante una regla graduada ajustable que permitirá controlar los espesores requeridos durante la ejecución del proyecto. Esta regla se calibrará a la medida de la mezcla sin compactar detallada en el Acápite 4 (MUESTRAS PARA PRUEBAS DE LA CARPETA TERMINADA).

Se llevará un registro diario de esta actividad. En la misma, se deberá plasmar todas las condiciones que afecten el debido control de espesores (equipo, mano de obra, temperatura, etc.).

3.5.6. Durante la colocación y producción de la mezcla asfáltica, el Ingeniero Residente medirá la temperatura a fin de que los requisitos de colocación cumplan los criterios establecidos en el diseño y el patrón de compactación definido en obra.

3.5.7. Se podrá aceptar el uso de la tecnología para la determinación de los espesores de las capas de mezcla asfáltica (georadar) siempre y cuando estos hayan sido corroborados anteriormente y se obtengan resultados satisfactorios.

El proceso de fabricación, manejo y compactación de la mezcla estará descrito en los apartados correspondientes.

4.- MUESTRAS PARA PRUEBAS DE LA CARPETA TERMINADA.

4.1. Se tomará una serie de mediciones de peso específico en sitio (P_s), las cuales deberán ser comparadas con el peso específico promedio de las mezclas colocadas. Estas mediciones podrán realizarse por medio de las siguientes metodologías:

4.1.1. La toma de núcleos o testigos de la carpeta asfáltica debidamente compactada en su espesor total, tomados al azar. Cada sección de prueba corresponderá a una medida mínima de 200 m² de mezcla colocada.

4.1.2. El uso de equipos nucleares para la verificación del peso específico en sitio (P_s). Para ello, se deberá correlacionar las lecturas emitidas por el equipo y los núcleos o testigos. Se tomará como mínimo el promedio de cuatro mediciones individuales, el cual equivaldrá a la medición realizada por un núcleo o testigo. Los resultados se detallarán en términos de núcleos o testigos.

4.2. Estos ensayos de extracción de testigos con equipo mecánico, de ninguna manera se utilizarán para la verificación de espesores de la carpeta terminada, por ser ensayos destructivos a menos que los testigos se obtengan integros o completos. El Contratista cooperará en la obtención de las muestras de mezcla asfáltica y proporcionará, libre de costo, el nuevo material asfáltico necesario para llenar los huecos producidos por los ensayos destructivos, colocándolo y compactándolo adecuadamente.

4.3. Los espesores serán determinados por el Ingeniero Residente, utilizando reglas calibradas en pulgadas o centímetros, llevando un registro diario durante los trabajos de pavimentación. La verificación del espesor se ejecutará introduciendo la regla calibrada cada cinco (5) metros lineales de pavimentación y llevando registro de espesores en la bitácora de campo.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Se establece que la mezcla debe colocarse inicialmente con un espesor equivalente a 1.25 veces el espesor especificado para la capa terminada.

La tabla siguiente indica los espesores guías que deben ser colocados con la pavimentadora, para alcanzar los diferentes espesores de la mezcla compactada:

Para lograr un espesor final de:	Se requiere un espesor inicial de:
1 plg. (2.54 cms.)	1.25 plg. (3.20 cms.)
2 plgs. (5.08 cms.)	2.53 plgs. (6.43 cms.)
3 plgs. (7.62 cms.)	3.79 plgs. (9.63 cms.)
4 plgs. (10.16 cms.)	5.05 plgs. (12.83 cms.)

4.4. El criterio para la aceptación de la compactación de la mezcla en campo, es de 96% máximo, con relación al peso específico promedio de laboratorio de mezclas colocadas. No son recomendables compactaciones mayores al 98% de la densidad de laboratorio de mezcla colocada.

DISEÑO DE MEZCLA MEDIANTE METODOLOGÍA SUPERPAVE

5.- COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.

El diseño de mezcla Superpave es un sistema que consiste en la escogencia de los agregados y el asfalto de acuerdo con el volumen de tránsito y clima y una vez realizado esto, se procede a escoger una granulometría óptima de diseño a partir de un mínimo de tres gradaciones de prueba y finalmente se escogerá el contenido de asfalto óptimo con el cual se hace la comprobación para la susceptibilidad del daño por humedad en resistencia retenida a la tensión diametral.

Los materiales a utilizar en la producción de mezclas asfálticas son: agregados gruesos y finos, relleno mineral, asfalto y aditivos. Cada uno debe cumplir con los requisitos antes mencionados.

Además de lo anterior, el diseño de la mezcla asfáltica, de acuerdo con la AASHTO R 35-12, Manual del Instituto de Asfalto, SP-2, Manual de Diseño de Mezcla utilizando el Nivel de Tráfico proyectado al periodo de Diseño, como se indica en la Tabla SP 24-18.

Tabla SP 24-18
Niveles de Tránsito Superpave

Nivel de Tránsito	Nivel de Tránsito (1×10^6 ESAL's)	Ndiseño – Número de Giros
A	< 0.3	50
B	0.3 a < 3	65
C	3 a < 10	75
D	10 a < 30	100
E	≥ 30	100

5.1. Espesores de Capas – Mezclas Finas:

Los espesores permitidos por capa, para mezclas asfálticas finas Tipo SP, son los siguientes:

- Tipo SP-9.5..... 1 a 1-½ pulgada (25.4 a 38.1 mm)
- Tipo SP-12.5..... 1 ½ a 2-1/2 pulgadas (38.1 a 63.5 mm)
- Tipo SP-19.0..... 2 a 3 pulgadas (50.8 a 76.2 mm)

5.2. Espesores de Capas – Mezclas Gruesas:

Los espesores permitidos por capa, para mezclas asfálticas gruesas Tipo SP, son los siguientes:

- Tipo SP-9.5..... 1-½-2 pulgadas (38.1 a 50.8 mm)
- Tipo SP-12.5..... 2-3 pulgadas (50.8 a 76.2 mm)
- Tipo SP-19.0..... 3-3-½ pulgadas (76.2 a 88.9 mm)

5.3. Agregados:

La siguiente tabla presenta los requisitos de los agregados que deben cumplirse, cuando se utiliza la metodología antes mencionada:

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

**Tabla 24-19
Requisitos Superpave para el Agregado Grueso**

Propiedad	Normas de Ensayo	Especificación
Abrasión en la máquina de Los Ángeles	AASHTO T 96	25% Máximo
Desgaste por sulfato de sodio, 5 ciclos	AASHTO T 104	12% Máximo
Partículas planas y elongadas, relación 3:1	ASTM D 4791 SECCIÓN 8.4	10% Máximo
Caras fracturadas	ASTM D 5821	Tabla 24-20

**Tabla 24-20
Caras Fracturadas en el Agregado Grueso**

ESAL's Diseño (Millones)	Porcentajes Mínimos de Caras Fracturadas (1 Cara / 2 ó Más Caras)	
	Espesor de la Capa	
	≤ 100 mm	>100 mm
< 0.3	55/-	-/-
0.3 a 3	75/-	50/-
3 a 10	85/80	60/-
10 a 30	95/90	80/75
>30	100/100	100/100

En cuanto a los agregados finos, se presentan los siguientes requisitos:

**Tabla 24-21
Requisitos Superpave para el Agregado Fino**

Propiedad	Normas de Ensayo	Especificación
Desgaste por sulfato de sodio, 5 ciclos	AASHTO T 104	15% Máximo
Angularidad del agregado fino	AASHTO T 304	Tabla 24-22
Equivalente de arena	AASHTO T 176	Tabla 24-22

En cuanto a los contenidos de vacíos en agregados finos (angularidad del agregado fino), y equivalente de arena, se presentan los siguientes requisitos:

**Tabla 24-22
Requisitos para el Agregado Fino**

ESAL's Diseño (Millones)	Porcentaje Mínimo del Contenido de Vacíos en el Agregado Fino no Compactado		Porcentaje Mínimo de Equivalente de Arena	
	Espesor de la capa			
	≤ 100 mm	>100 mm		
< 0.3	-	-	40	
0.3 a 3	40	40	40	
3 a 10	45	40	45	
10 a 30	45	40	45	
>30	45	45	50	

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE**5.4. Granulometría:**

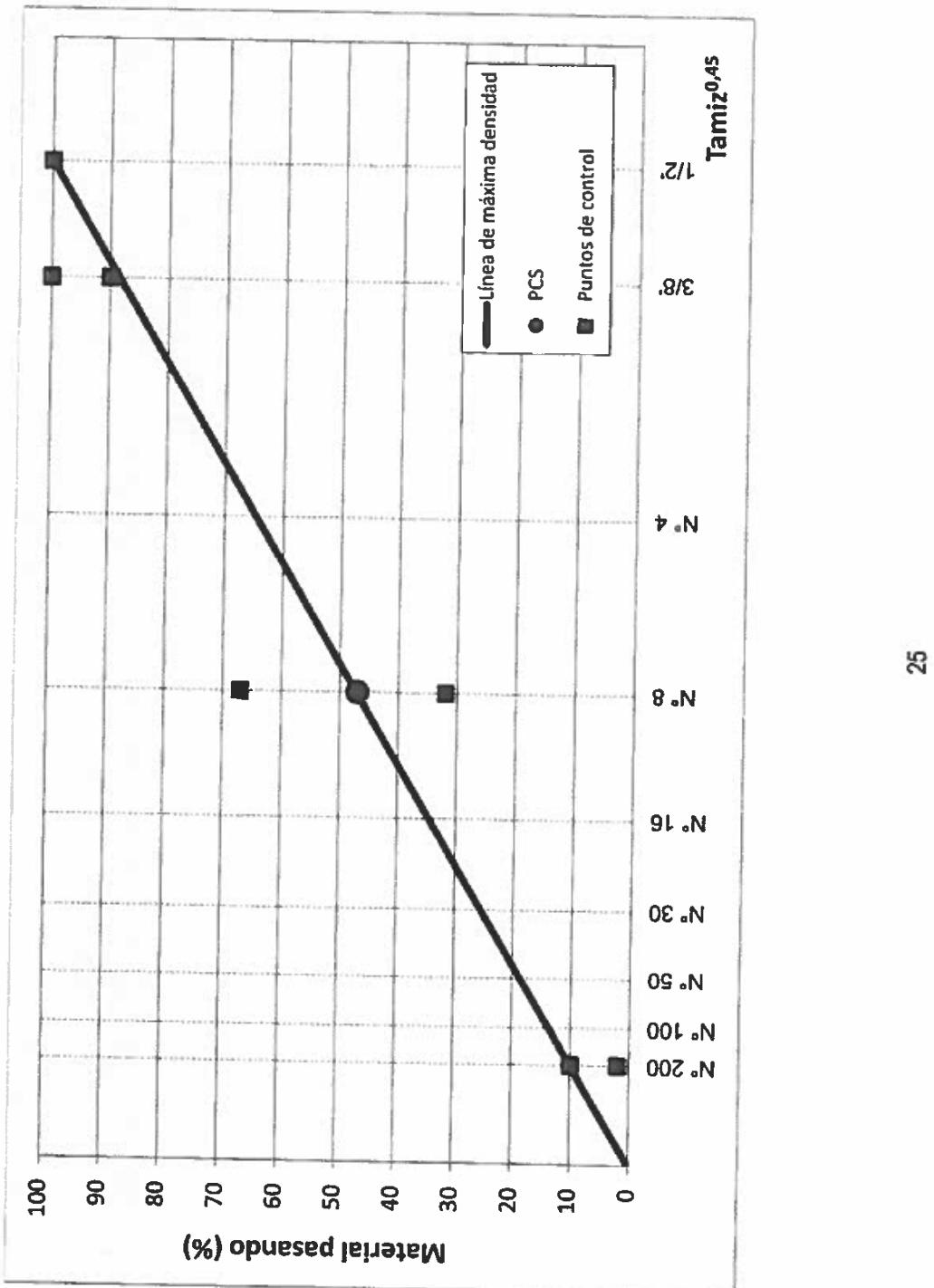
Se presentan los puntos de control de granulometrías para la metodología Superpave:

Tabla 24-23
Puntos de Control y PCS para las Granulometrías Superpave
(Tablas 3 y 4, AASHTO M 323, 2012)

TMN	37.5 mm			25.0 mm			19.0 mm			12.5 mm			9.5 mm			4.75 mm			
	Malla (mm)	PCS	Min.	Máx.	PCS	Min.	Máx.	PCS	Min.	Máx.	PCS	Min.	Máx.	PCS	Min.	Máx.	PCS	Min.	Máx.
50.0		100																	
37.5		90	100		100														
25.0			90		90	100		100											
19.0					90			90	100		100								
12.5								90		90	100		100				100		
9.5	47										90		90	100			95	100	
4.75				40			47									90		90	100
2.36		15	41		19	45		23	49	39	28	58	47	32	67				
1.18																	30	60	
0.075		0	6		1	7		2	8		2	10		2	10		6	12	

CAP. 24 - MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Representación Gráfica de las Granulometría Superpave®
de TMN de 9,5 mm (A Manera de Ejemplo).



CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

5.5. Material Asfáltico:

En cuanto al cemento asfáltico, este puede ser no modificado o modificado, siendo su metodología de clasificación por viscosidad o por grado de desempeño (PG). Para el ligante sin modificar, debe cumplir con la Tabla 24-9 y además, determinar el PG en base a la AASHTO M 320 (vigente) y para el ligante modificado: remitirse a la Tabla 24-10, determinando el PG en base a la AASHTO M 320 (vigente).

En caso de la clasificación por grado de desempeño, se utilizará un PG base de 76-22 (de no definirse en el Pliego de Cargos del proyecto a desarrollar), pero se permitirá

utilizar un grado PG diferente, siempre y cuando sea el producto de la investigación del Contratista y aprobada por el MOP, de así estipularse en el Pliego de Cargos.

Para la determinación de las temperaturas, en el caso de realizar la investigación, se propone lo siguiente:

**Tabla 24-24
Cálculo de la Temperatura Alta del Pavimento**

Datos de Entrada	Temperatura Alta del Pavimento Modelo LTPP
Promedio de los 7 días más calurosos en un año, y su desviación estándar	$\text{Temp}_{\text{pav}} = 54,32 + 0,78\text{Temp}_{\text{aire}} - 0,0025\text{Lat}^2 - 15,14 \log_{10}(H + 25)$
Latitud del proyecto en grados	$\text{Temp}_{\text{pav}} = \text{Alta temperatura del pavimento dentro de la capa, } ^\circ\text{C}$
Espesor dentro de la capa igual a 20 mm	$\text{Temp}_{\text{aire}} = \text{Temperatura del aire promedio de los 7 días más calurosos en un año, } ^\circ\text{C}$ $\text{Lat} = \text{Latitud del proyecto, grados}$ $H = 20 \text{ mm}$

**Tabla 24-25
Cálculo de la Temperatura Alta para el Grado PG**

Por Ecuación Modelo LTPP		
$\text{Temp}_{\text{PGalta}} = \text{Temp}_{\text{pav}} + z \sqrt{(9 + 0,61\sigma_{\text{aire}}^2)}$		
$\text{Temp}_{\text{PGalta}}$	= Alta temperatura de grado de desempeño, $^\circ\text{C}$	
Temp_{pav}	= Alta temperatura del pavimento dentro de la capa, $^\circ\text{C}$	
σ_{aire}	= desviación estándar de los 7 días más calurosos, $^\circ\text{C}$	
z	= valor estadístico de la distribución normal se escoge a partir del nivel de confianza	
Nivel de confianza, de acuerdo con la importancia del proyecto.		
ESAL's Diseño (Millones)	Nivel de Confianza (%)	z (Distribución Normal)
< 0.3	85	1,439
0.3 a 3	90	1,645
3 a 30	95	1,960
> 30	98	2,055

Además de lo anterior, el grado PG se debe ajustar dependiendo de la velocidad de los vehículos:

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-26
Ajuste por Velocidad del Grado PG Calculada por Tabla 24-25

Por Tabla (Tabla 1 AASHTO M323, 2012)			
ESAL's Diseño (Millones)	Velocidad (km/h)		
	Detenido (< 20)	Baja (entre 20 y 70)	Alta (> 70)
< 0.3	-	-	-
0.3 a 3	+2	+1	-
3 a 30	+2	+1	-
>30	+2	+1	+1

El aumento indicado en esta tabla, es equivalente a + 6°C.

Método de Prueba del Ligante Asfáltico: El Asfalto deberá ser muestreado y etiquetado por el contratista, en función de cada lote. Las muestras serán enviadas al Laboratorio de Materiales del MOP, para verificar el cumplimiento con la norma AASHTO M320 (vigente), además de lo dispuesto en este capítulo, así como en las normas ASTM correspondientes, dado sea el caso.

5.6. Presentación del Diseño de la Mezcla Superpave:

Antes de la producción de cualquier mezcla de asfalto, el contratista deberá presentar al MOP el diseño de la mezcla propuesto con todos los datos de soporte de las pruebas realizadas que indican el cumplimiento de todos los criterios de diseño de mezcla, por lo menos con un (1) mes de anticipación. Además, el diseño debe estar acompañado de muestras representativas de todos los materiales que lo componen, incluyendo el ligante asfáltico. La verificación final del diseño de mezcla ocurrirá cuando se hayan cumplido los requisitos de la producción del LOTE inicial.

5.6.1. Información Adicional: En adición a los requerimientos listados anteriormente, el contratista deberá suministrar la siguiente información con cada diseño de mezcla propuesto para su verificación y/o aprobación:

- El nivel de Tránsito de Diseño y el número de giros iniciales (N_{ini}), giros de diseño (N_{des}) y número de giros máximos (N_{max}).
- Ubicación de la fuente y descripción de los materiales a utilizar, incluyendo las propiedades de la fuente y de consenso.
- Identificación de la fuente de agregados que componen la mezcla, los cuales serán aprobados de acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas que corresponden al diseño de mezcla que rige esta especificación.
- La granulometría de los agregados y las proporciones de los mismos, así como de las materias primas de acuerdo al diseño de la mezcla para pavimentación. La granulometría de los materiales componentes debe ser representativa del material en el momento de su uso. Se debe compensar cualquier cambio en la granulometría del agregado causados por el manejo y procesamiento, según sea necesario.
- El porcentaje único del agregado combinado pasando cada tamiz específico, la gradación de los agregados debido al procesamiento, que debe contabilizarse e identificarse (en particular el Material que pasa el Tamiz N°200).
- El valor de la gravedad específica bruta (G_{br}) y la aparente (G_{ap}) para cada agregado individual.
- El porcentaje del Ligante Asfáltico por peso de mezcla total destinados a ser incorporados en la mezcla final, redondeado a la décima 0.1.
- La temperatura a la que la mezcla se va a descargar de la planta. Dicha temperatura no debe exceder los 165°C para cuando se utilizan asfaltos modificados y los 157°C, para cuando se utilizan asfaltos no modificados.
- Las propiedades físicas alcanzadas de las mezclas asfálticas para cuatro (4) contenidos de ligante asfálticos diferentes. Uno de los cuales debe estar con el contenido óptimo de asfalto, y que debe cumplir con todos los requerimientos físicos especificados.
- El nombre del diseñador de la Mezcla.
- El factor de corrección del horno de ignición de acuerdo a AASHTO T 308.
- Gravedad específica del ligante asfáltico (G_b).
- La densidad teórica máxima (G_{mm}) de la mezcla asfáltica en el punto óptimo, la cual, su desviación estándar no debe diferir en 0.016, respecto a la teórica.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

5.6.2. Criterios de Diseño: Cumplir con los requisitos para el tamaño máximo nominal del agregado, como se define en la norma AASHTO M 323 (vigente), así como para la densidad relativa, VAM (Vacíos del Agregado Mineral), VFA (Vacíos llenos de Asfalto), y la relación polvo/asfalto, como especifica AASHTO M 323 (vigente).

5.6.3. Susceptibilidad a la Humedad: El ensayo de Susceptibilidad a la Humedad se debe realizar con especímenes de 4 pulgadas, de acuerdo con la AASHTO T 283 (vigente). Se debe proporcionar una mezcla que tenga un TSR (porcentaje de resistencia a la tracción retenida) de al menos 80% y una resistencia a la tracción mínima a condiciones normales de 100 psi.

5.6.4. Revisión de los Diseños de Mezcla:

- (a) Si el Contratista o la Inspección del MOP verifica que hay variaciones en las propiedades de los agregados comprobados mediante ensayos de control de calidad, deberá el Contratista presentar una solicitud para la revisión de un nuevo Diseño de mezcla.
- (b) Durante la producción, el Contratista puede solicitar una revisión del valor óptimo para un diseño de mezcla, siempre y cuando cumpla con los siguientes requerimientos:

- (1) El cambio del valor óptimo está dentro de los límites definidos en la Tabla 24-27.
- (2) Existen resultados adecuados que demuestren que la mezcla cumple con los criterios de la especificación de producción de vacíos.

Tabla 24-27
Tolerancia en los Parámetros del Diseño de Mezcla

Características	Tolerancias Respecto a la Propuesta de Diseño
Tamiz N°8 y más grueso	± 5.0 por ciento
Tamiz N°16	± 4.0 por ciento
Tamiz N°30	± 4.0 por ciento
Tamiz N°50	± 3.0 por ciento
Tamiz N°100	± 3.0 por ciento
Tamiz N°200	± 1.0 por ciento
Contenido de Ligante Asfáltico	± 0.3 por ciento
Reducciones al contenido del ligante asfáltico no serán permitidos, si el VAM durante la producción, es menor que 1.0% por debajo del criterio de diseño.	

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

El Contratista deberá someter todas las solicitudes de revisión de diseños de mezcla, junto con la documentación de apoyo, a la inspección del MOP. El diseño de la mezcla aprobada anteriormente permanecerá en efecto hasta que la inspección del MOP autorice un cambio por escrito. En ningún caso, la fecha de vigencia de la revisión se establecerá antes de la fecha de la primera comunicación por escrito, entre el Contratista y la Inspección del MOP, con relación a dicha revisión.

6.- MEZCLA DE ASFALTO.

6.1. Temperatura de la Mezcla: Se procederá con la preparación de la mezcla de tal manera que cuando dicho material sea liberado del silo o la tolva, tenga una temperatura que esté dentro del rango definido según diseño. Para medir la temperatura, dicho proceso se puede realizar tal y como se describe a continuación:

El Contratista determinará la temperatura de la mezcla final, bajo la supervisión y monitoreo de la Inspección, utilizando un termómetro de lectura rápida, a través de un orificio lateral del camión, inmediatamente después de haber sido cargado. En caso de no tenerlo, se debe realizar un orificio de 1/4 de pulgada en ambos lados de la caja del camión en el tercio medio de la longitud del vagón, y a una distancia de 6 a 10 pulgadas por encima de la superficie de apoyo de la mezcla. Si el vagón del camión ya tiene un orificio situado cerca de la ubicación especificada, utilice este agujero. A discreción de la Inspección del MOP, el Contratista tomará la temperatura de la carga sobre la parte superior del camión en lugar de utilizar el agujero en el lado del camión.

Tabla 24-28
Tolerancia de Variación en la Temperatura del Diseño de la Mezcla

Cualquier medición única	± 14.0 °C
Promedio de cinco (5) mediciones consecutivas	± 9.0 °C

6.2. Muestreo en la Calzada y Pruebas Requeridas: El Contratista deberá obtener tres (3) núcleos de la calzada, de 6 pulgadas de diámetro, dentro de las primeras 24 horas de la colocación en lugares al azar, los cuales serán indicados por la Inspección del MOP dentro de cada sublote, para su comparación con la (G_{mm}). La Inspección del MOP ensayarán estas muestras para determinar densidad (G_{mb}) de acuerdo con AASHTO T 166 (vigente). La G_{mb} a utilizarse para la evaluación de la densidad estará basada en el resultado de la prueba de control de calidad para el sublote correspondiente. No se podrá extraer núcleos a menos de 12 pulgadas del borde del área pavimentada. El Contratista mantendrá el tránsito vehicular fluido durante la operación de extracción de muestra de los núcleos en la calzada, sellará con mezcla

asfáltica similar los agujeros centrales (dentro de los tres (3) días de la extracción de muestras como máximo); y recortará los núcleos con el espesor adecuado antes de la prueba de densidad.

La densidad de los sublotes se basará en el valor promedio de los núcleos cortados del sublote. La densidad propuesta en el diseño deberá ser la gravedad específica máxima (G_{mn}) del sublote. Una vez que la densidad promedio de un sublote se ha determinado, no se volverá a probar las muestras a menos que sea aprobado por la inspección del MOP. El Contratista deberá garantizar la correcta manipulación y almacenamiento de todos los núcleos hasta que el lote en cuestión haya sido aceptado.

Se verificará la densidad de la carpeta asfáltica colocada en la vía utilizando un medidor de densidad nuclear u otro dispositivo de medición de densidad, con una frecuencia mínima de una (1) vez por cada 450 metros de pavimento colocado.

7.- TASA DE PROPAGACIÓN (RENDIMIENTO DE PAVIMENTACIÓN).

7.1. Muestreo en la Calzada y Pruebas Requeridas: Durante el proceso de colocación de la mezcla asfáltica, la inspección del MOP verificará la medida del espesor de la mezcla suelta a través del Contratista, todavía estando caliente la misma, quien tendrá un personal capacitado para ello. El Contratista deberá llevar un reporte diario de esta actividad. Este reporte deberá contener todas las condiciones que afectan el control adecuado del espesor de la mezcla, temperaturas, toneladas colocadas y toneladas desperdiciadas. Asimismo, el Contratista deberá presentar información verificable y demostrable que corrobore el espesor de la mezcla pavimentada una vez compactada, demostrando que se obtendrá el resultado del espesor esperado en los planos o especificaciones dados para el respectivo proyecto.

8.- CONTROL DE CALIDAD DEL CONTRATISTA.

8.1. Requisitos Mínimos de Control de Calidad:

Pilas de Agregados: Se deberá asegurar que los materiales sean colocados en la pila correcta; así como buenas técnicas de acopio; inspección de las pilas en cuanto a separación, contaminación y segregación.

Agregados a Utilizar en la Mezcla: Se deberán obtener gradaciones y valores de gravedad específica bruta (G_{sb}) del proveedor para referencia; determinar la gradación de todos los materiales de los componentes; comparar rutinariamente gradaciones y valores G_{sb} al diseño de la mezcla. Además de lo anterior, el Contratista deberá completar y enviar a la inspección del MOP, el reporte de producción de asfalto, con la información del asfalto producido y colocado diariamente.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Gráficos de Control: El Contratista deberá Imprimir y mantener los cuadros actualizados diariamente para todos los Controles de Calidad de las muestras y los ensayos, y fijarlos de una manera visible en el laboratorio. Se deberán proporcionar los siguientes cuadros:

- > Todos los componentes de la lista (P-4, P-8 y P-200, contenido de ligante asfáltico, vacíos totales), por fecha.
- > La gradación del agregado a procesar.
- P-4 % que pasa el tamiz Nº4, así mismo para el Nº8, y el Nº200

Mezcla Asfáltica Caliente: se determinará el contenido de ligante asfáltico; gradación de la mezcla y propiedades volumétricas con una frecuencia mínima de una vez (1) al día como mínimo. La inspección del MOP, a su discreción, podrá ordenar al Contratista que se realicen más, sin menoscabo de lo anterior.

Las pruebas de control de calidad para la aceptación de la mezcla son las que deben utilizarse para cumplir con este requisito. Adicional a lo anterior, se deberá verificar la adición del modificador, muestreo y etiquetado, pruebas y la entrega a la inspección del MOP.

La temperatura de la mezcla deberá medirse para las primeras cinco (5) cargas y a partir de allí una (1) de cada cinco (5) cargas.

El contenido de humedad de las pilas de agregados o el agregado combinado de las tolvas deberá medirse una (1) vez por día como mínimo.

Otras pruebas (determinadas necesarias por el contratista) para el control de procesos.

Las actividades mínimas mencionadas anteriormente se han de considerar como actividades normales necesarias para el control de la producción de la mezcla asfáltica caliente a un nivel de calidad aceptable.

8.2. Requerimientos Mínimos del Personal de Control de Calidad:

El contratista deberá suministrar técnicos de Control de calidad de acuerdo a los requerimientos de la inspección del MOP.

8.3. Requerimientos del Laboratorio de Mezcla Caliente de Asfalto:

Se adecuará un laboratorio de asfalto totalmente equipado (permanente o móvil) en el sitio de producción. El laboratorio deberá ser calificado bajo el programa de calificación del MOP. En adición, el laboratorio deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

1. **Área** – El área efectiva de trabajo del laboratorio deberá ser como mínimo de 55 metros cuadrados,

con una distribución que facilite la realización de diferentes pruebas al mismo tiempo las cuales serán efectuadas por dos (2) técnicos como mínimo. Esta área no incluye espacios para escritorios, sillas y archivadores. Cualquier variación deberá ser aprobada por el Ingeniero Residente del MOP.

2. **Iluminación** – La iluminación del laboratorio deberá ser adecuada para iluminar todas las áreas de trabajo.
3. **Control de Temperatura** – Equistar el laboratorio con unidades de aire acondicionados de manera de proporcionar un ambiente de trabajo satisfactorio.
4. **Ventilación** – Equistar el laboratorio con las campanas de extracción y/o extractores de aire que puedan remover todos los humos peligrosos dentro del laboratorio.
5. **Equipos y Materiales** – Adecuar el laboratorio con el equipo necesario para el muestreo y ensayos de manera de que el Contratista pueda realizar el control de calidad y que la inspección del MOP pueda verificar el muestreo y el ensayo. Una lista con el detalle del equipo y materiales requeridos para cada prueba se deberá proporcionar al MOP, indicando la norma del ensayo, ya sea por la AASHTO o ASTM como metodología de prueba.
6. **Calibración del Compactador Giratorio de Superpave** – se calibrará el compactador giratorio de superpave de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
7. **Computadoras personales** – se deberá tener una computadora personal capaz de correr el programa de la hoja de cálculos de Microsoft Excel™, junto a una impresora.
8. **Comunicación** – se proporcionará un teléfono y máquina de fax (con una línea privada) para el uso del área de control de calidad y para el personal del MOP.

- 8.4. **Requerimientos para el Muestreo y Ensayos:** El contratista deberá obtener las muestras de acuerdo con AASHTO T 168. Estas se tomarán en la planta de producción de la mezcla a una cantidad suficiente para ser dividida en tres (3) muestras más pequeñas; una (1) para control de calidad, una (1) para Verificación y una (1) para las pruebas de resolución de conflictos; cada muestra de aproximadamente 35 libras. Las muestras divididas para las pruebas de verificación y pruebas de resolución de conflictos, se reducirán de tamaño y se almacenarán en tres (3) cajas cada una. El tamaño aproximado de cada caja debe ser de 12" x 8" x 4". Se etiquetarán y almacenarán de manera segura tal cual se acuerde con la inspección del MOP para pruebas futuras. El Contratista puede conservar muestras divididas adicionales a su opción.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

El contenido de asfalto de la mezcla se determinará de acuerdo con AASHTO T 308 (vigente). El contratista establecerá un factor de corrección para el ligante y agregado de acuerdo con AASHTO T 308 (vigente). En caso de que el horno utilizado, según la AASHTO T 308 (vigente), quedase fuera de servicio durante la producción, el contratista deberá utilizar un horno de sustitución en otro lugar, por no más de 72 horas mientras se repara el dañado. La granulometría del agregado recuperado se determinará de acuerdo con la AASHTO T 30 (vigente). La prueba volumétrica se hará de acuerdo con la AASHTO T 312 (vigente) y T 209 (vigente). Antes de analizar las muestras volumétricas, deberá acondicionarse la muestra al "tamaño del ensayo" por una (1) hora en la temperatura óptima de compactación en la calzada, en un recipiente cubierto, poco profundo y plano.

El ensayo para la determinación de la densidad de la vía será de acuerdo con AASHTO T 166 (vigente).

8.5. Tamaño de Lotes: Los tamaños de lotes serán de 1,000 toneladas sin importar que dicho lote no se complete en una jornada laboral. El lote de producción inicial de todos los diseños de mezcla utilizados en el proyecto consistirá en 500 toneladas, subdividido en cuatro (4) sub-lotes iguales de 125 toneladas cada uno. Tras el lote de producción inicial, cada lote restante será de 1,000 toneladas, con cada lote dividido en cuatro sub-lotes iguales de 250 toneladas cada uno. Antes del inicio en la producción de un lote, la inspección del MOP deberá desarrollar un plan de muestreo aleatorio para cada sub-lote e indicará al Contratista donde serán los puntos de muestreo, basado en el tonelaje, para cada sub-lote durante la construcción, para lo cual podrá utilizar la norma ASTM D3665 o la que disponga el MOP.

8.6. Criterios para los Lotes de 1,000 Toneladas: Al completar el lote de producción inicial, la calidad del material producido deberá ser evaluado por el Ingeniero Residente. Sólo se podrá iniciar con los lotes de 1,000 toneladas, cuando sea autorizado por la inspección del MOP, sobre la base de los resultados de las pruebas de control de calidad, las cuales deberán cumplir con lo siguiente:

- Los resultados de pruebas deberán estar dentro del rango de referencia para cada característica de la calidad del asfalto, como se definen en la Tabla 24-29.
- Una comparación favorable con los resultados de las pruebas de verificación. Las comparaciones entre los resultados de las pruebas de control de calidad y verificación, se basan en valores de precisión entre laboratorios que se muestran en la Tabla 24-30.

En caso de que el lote de producción inicial no cumpla con estos criterios, se deberá limitar el tamaño de los lotes de

producción a 500 toneladas, con sub-lotes de 125 toneladas, hasta que se cumplan estos criterios.

8.7. Requisitos del Muestreo y Pruebas de la Planta: Se obtendrá una muestra de la mezcla al azar, por el sub-lote, de conformidad con la SECCIÓN 8.4 ó como recomienda la inspección del MOP. Se presentará a prueba la muestra seleccionada, para el Control de Calidad para granulometría, contenido de ligante asfáltico y volumetría. Se deberán completar todas las pruebas de control de calidad dentro del día hábil, desde el momento en que se tomaron las muestras.

8.8. Verificación del Lote de Producción Inicial: Con el fin de verificar, el Ingeniero Residente del MOP pondrá a prueba un mínimo de una (1) muestra dividida como se describe en la SECCIÓN 8.4, del lote de producción inicial a la terminación del lote.

Los resultados de las pruebas de verificación serán comparados con los resultados correspondientes a las pruebas de control de calidad, basado en los valores de precisión entre laboratorios que se muestran en la Tabla 24-30. Si todas las características de mezcla especificadas se comparan favorablemente, entonces el lote será aceptado en base a los resultados de la verificación. Si alguno de los resultados no se ajustan favorablemente, las muestras de resolución de conflicto del lote se enviarán al laboratorio designado por el MOP para realizar estas pruebas, tal como se describe en la SECCIÓN 10.

8.9. Control de Calidad para el Muestreo y Pruebas: Se obtendrán todas las muestras al azar como lo indique la inspección del MOP utilizando el generador de números aleatorios del MOP. Si la inspección del MOP determina que no se están cumpliendo los requisitos de control de calidad o que se están obteniendo resultados que no cumplen, o si se comprueba que hay pruebas de falsificación de los datos, se detendrá la producción.

8.10. Muestras de Verificación/Resolución Perdidas o Faltantes: En caso de que alguna de las muestras de Verificación y/o Resolución que están bajo la custodia del Contratista estén perdidas, dañadas, destruidas, o no disponibles para que se realicen las pruebas necesarias, el contratista pagará el laboratorio independiente aprobado por el MOP para ayudar al MOP a determinar la calidad del asfalto colocado en un lugar determinado, a menos que la inspección del MOP indique otra cosa.

Si alguna de las muestras de Verificación y/o Resolución que están bajo la custodia del MOP estén perdidas, dañadas, destruidas o no disponibles para que se realicen las pruebas necesarias, el correspondiente resultado de la prueba de control de calidad se considerará verificado, y el pago se basará en los datos aprobados.

8.11. Tolerancias para las Pruebas Individuales de Control de Calidad: En caso de que un resultado de la

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

prueba de control de calidad individual de vacíos de un sub-lote no cumpla con los requisitos de la Tabla 24-29, el lote deberá ser rechazado, y se deberá detener la producción de la mezcla hasta que se resuelva el problema de manera adecuada, a menos que pueda demostrarse, a satisfacción de la inspección del MOP, que el problema puede ser (o ya ha sido) resuelto de manera inmediata.

En caso de que un resultado de la prueba de control de calidad individual de un sub-lote para gradación (% que pasa el tamiz N°4, % que pasa el tamiz N°8 o % que pasa el tamiz N°200), contenido de ligante asfáltico, o la densidad media no cumpla con los requisitos de la Tabla 24-29, se deberán tomar las medidas necesarias para corregir la situación e informar las acciones correctivas a la inspección del MOP.

En caso de que dos (2) resultados consecutivos individuales de control de calidad de las pruebas (para la misma característica de materiales), para la gradación (% que pasa el tamiz N°4, % que pasa el tamiz N°8 o % que pasa el tamiz N°200), contenido de asfalto ligante, o el promedio de las densidades del sub-lote no cumplan con los requisitos de la Tabla 24-29, se deberá rechazar el lote y detener la producción de la mezcla hasta que se resuelva el problema de manera adecuada, a menos que pueda demostrarse, a satisfacción de la inspección del MOP, que el problema puede ser (o ya ha sido) resuelto de inmediato.

CAP. 24 - MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-29
Rangos Maestros de Producción

Característica	Tolerancia ⁽¹⁾
Contenido de cemento asfáltico (%)	Objetivo \pm 0.55
% que pasa tamiz No 4	Objetivo \pm 5.50
% que pasa tamiz No 8	Objetivo \pm 5.50
% que pasa tamiz No 200	Objetivo \pm 1.50
Vacios Totales %	2.50 - 6.00
Densidad de la mezcla basada en G _{mm} y con al menos tres (3) núcleos extraídos de la calzada	>92.00 % de G _{mm}
(1) Basado en una sola prueba	

9.- SISTEMA DE VERIFICACIÓN.

9.1. Pruebas de Verificación: Con el fin de determinar la validez de los resultados de las pruebas de control de calidad del Contratista, la inspección del MOP hará pruebas de verificación. Si es necesario la inspección del MOP probará el resto de muestras del lote para verificar los resultados.

9.2. Pruebas de la Planta: A la finalización de cada lote, la inspección del MOP ensayarán un mínimo de una muestra de Verificación seleccionada al azar del Lote. Las muestras de verificación deberán ser recalentadas a la temperatura de compactación establecida por 1 1/2 horas, reduciéndolas a los tamaños adecuados de la prueba, acondicionados y ensayados usando el mismo equipo utilizado para las muestras de control de calidad. Los resultados de las pruebas de verificación serán ser comparados con los resultados de las pruebas de control

de calidad basado en los valores de precisión entre laboratorios que se muestran en la Tabla 24-30.

Tabla 24-30
Comparación entre Muestras de Precisión de Laboratorio

Propiedad	Parámetros Máximo
G _{mm} desviación estándar	0.016
G _{mb} desviación estándar	0.022
Porcentaje de cemento asfáltico	0.44
% que pasa tamiz Nº4	AASHTO T-30
% que pasa tamiz Nº8	AASHTO T-30
% que pasa tamiz Nº200	AASHTO T-30

Si todas las características de mezcla especificadas presentan valores dentro de la máxima diferencia de la Tabla 24-30, a continuación, se aceptará el lote, basado en los datos de prueba de verificación del MOP para el Lote.

Si alguno de los resultados no presentan valores dentro de la máxima diferencia de la Tabla 24-30, a continuación, las muestras de resolución de conflictos

del Lote se enviarán al laboratorio de la Resolución para las pruebas, tal como se describe en la SECCIÓN 10.

9.3. Pruebas de Carretera: A la finalización de cada sub-lote, la inspección del MOP determinará la densidad (G_{mb}) de cada núcleo.

9.4. Niveles Mínimos de Aceptación de Calidad: Si todas las características de mezcla especificadas se comparan favorablemente, y además cumplen con los

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

requisitos de la Tabla 24-30, a continuación, se aceptará el lote, basado en los datos de prueba de verificación del MOP para cada Lote. Si alguno de los resultados no se comparan favorablemente, a continuación, las muestras de resolución del Lote se enviarán al laboratorio de la Resolución para las pruebas, tal como se describe en la SECCIÓN 10.

9.5. Material Defectuoso: El Contratista, asumirá la responsabilidad de retirar y reemplazar todo el material defectuoso que no cumpla los requisitos de la Tabla 24-29, colocados en el proyecto, sin costo alguno para el MOP.

10.- SISTEMA DE RESOLUCIÓN.

10.1. Muestras de la Planta: En caso de una comparación desfavorable entre los resultados de las pruebas de control de calidad del Contratista y los resultados de las pruebas de verificación del MOP sobre cualquiera de las propiedades identificadas en la Tabla 24-30, el laboratorio de Resolución pondrá a prueba todas las muestras divididas de los Lotes para sólo aquella propiedad (o propiedades) en cuestionamiento. Las muestras de resolución se deberán recalentar a la temperatura de compactación especificada, por 1 1/2 horas, reduciéndolas a los tamaños adecuados para prueba, acondicionados y ensayados como se describe en la SECCIÓN 6.2.

10.2. Determinación de la Resolución:

1. Si los resultados del Laboratorio de Resolución se comparan favorablemente (para la propiedad o propiedades en cuestión), con todos los resultados de Control de Calidad; a continuación, la aceptación del Lote será basada en los resultados del Laboratorio de Resolución.
2. Si los resultados de Laboratorio de Resolución no se comparan favorablemente (para la propiedad o propiedades en cuestión), con todos los resultados de Control de Calidad; a continuación, la aceptación del Lote se basarán en los datos de prueba del Laboratorio de Resolución del Lote.
3. En caso de una comparación desfavorable entre los resultados de las pruebas del Laboratorio de Resolución y resultados de las pruebas de Control de Calidad, se deberán hacer los ajustes necesarios para asegurar que las comparaciones futuras sean favorables.

11.- SISTEMA DE VERIFICACIÓN INDEPENDIENTE.

11.1. Planta: Se tomarán muestras tal y como lo indique la inspección del MOP para las pruebas de verificación independiente por el MOP. El Contratista podrá conservar muestras divididas de estas muestras a su opción. Las muestras de verificación independiente se calentarán a la temperatura de compactación especificada por 1½ horas, reduciéndolas a tamaño de prueba adecuado, se acondicionarán y ensayarán como se describe en la SECCIÓN 9. Si alguno de los

resultados no cumplen con los requisitos de la Tabla 24-29, se deberá cesar la producción de la mezcla de asfalto, hasta que el problema se haya resuelto adecuadamente, a menos que pueda demostrarse, a satisfacción del MOP, que el problema puede ser (o ya ha sido) resuelto de manera inmediata.

11.2. Calzada: Se obtendrán tres (3) núcleos de la vía asfaltada recientemente tal y como lo indique la inspección del MOP para las pruebas de verificación independiente. Estos núcleos independientes serán obtenidos de los mismos lotes y sub-lotes que las muestras de plantas de Verificación Independiente, o el que indique el Ingeniero Residente del MOP. La densidad de estos núcleos se obtendrá tal y como se describe en la SECCIÓN 6.2. Si el promedio de los resultados para el sub-lote no cumple con los requisitos de la Tabla 24-29 para la densidad, se deberá suspender la producción de la mezcla de asfalto hasta que el problema se haya resuelto adecuadamente, a menos que pueda demostrarse, a la satisfacción del MOP, que el problema puede ser (o ya ha sido) resuelto de manera inmediata.

11.3. Tolerancia de la Superficie: La mezcla de asfalto será aceptada en la calzada con respecto a la tolerancia de la superficie medida a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), de conformidad con los requisitos aplicables en este capítulo.

11.4. Pruebas de Comparación: Al inicio del proyecto (salvo excepción determinada por el Ingeniero Residente) o en otras ocasiones que determine necesario el Ingeniero Residente, el Contratista deberá proporcionar muestras divididas para las pruebas de comparación con el Laboratorio de Materiales del MOP. El objetivo de estas pruebas, es verificar que el equipo de ensayo esté funcionando correctamente, y que los procedimientos se estén realizando de manera adecuada. En caso de que la inspección del MOP determine que hay un problema con el equipo de pruebas del Contratista y/o procedimientos, el mismo deberá corregir inmediatamente el problema, a satisfacción de la inspección del MOP. En caso de que el problema no se corrija inmediatamente, se detendrá la producción de la mezcla de asfalto, hasta que se resuelva el problema de manera adecuada y a la satisfacción del MOP. Si es así acordado, tanto por el Contratista y por la inspección del MOP, las muestras divididas utilizadas para las pruebas de comparación también podrán ser utilizadas para la muestra de control de calidad. La muestra dividida utilizada para las pruebas de comparación también deberán reunir los requisitos para las pruebas de verificación independiente descrita en las Tablas 24-29 y 24-30.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

**MEZCLAS ASFÁLTICAS TIPO
GRANULOMETRÍA ABIERTA PARA CAPAS
DE FRICCIÓN (OGFC)**

12.- DESCRIPCIÓN.

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de rodadura de mezcla asfáltica de granulometría abierta para capas de fricción (OGFC), procesada en planta, de producción en caliente, la cual sirve principalmente, para evitar el hidroplaneo que pudiera originarse en la carretera producto de la acumulación de agua, debido a su capacidad drenante.

12.1. Materiales:

Los materiales a utilizar en la fabricación de este tipo de mezclas son casi los mismos, ya sea, agregados gruesos y finos, relleno mineral, asfalto modificado con polímero (de ser necesario) y aditivos estabilizadores (como fibras de celulosa, ej.). Cada uno debe cumplir con los requisitos de este punto, así como con los requisitos mostrados en la tabla 24-31.

12.1.1. Agregados:

Se describen las características que deben cumplir los agregados gruesos y finos:

**Tabla 24-31
Propiedades de los Agregados para Mezclas Especiales**

Ensayos	Requerimientos OGFC
Agregados Gruesos	
Abrasion de L.A., AASHTO T 96	30 Máx.
Particulas planas y elongadas, en una de proporción 5:1 ASTM D 4791	5% Máx.
Particulas planas y elongadas, en una de proporción 2:1 ASTM D 4791	20% Máx.
Una caras fracturadas, ASTM D 5821	100% Min.
Dos o más caras fracturadas, ASTM D 5821	90% Min.
Durabilidad en sulfato de sodio AASHTO T 104	12% Máx.
Agregados Finos	
Arcilla y particulas friables, AASHTO T 112	1.0% Máx.
Angularidad AASHTO T 304	45% Min.
Equivalente de arena, AASHTO T 176	45% Min.
Límite Liquido, AASHTO T89	25% Máx.
Índice de Plasticidad, AASHTO T90	No Plástico
Durabilidad en sulfato de sodio AASHTO T 104	15% Máx.

12.1.2. Granulometrias de Mezcla OGFC:

La granulometria de agregados mezclados, consiste en la combinación de diferentes tamaños de agregados, que debe llenar los requisitos siguientes:

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-32
Granulometrías para mezclas especiales

Malla mm	Porcentaje por peso que pasa la malla estándar (Tolerancia)	
	OGFC A ⁽¹⁾	OGFC B
19.00	100	
12.50	85 - 100	100
9.50	35 - 60	90 - 100
4.75	10 - 25	33 - 55
2.36	5 - 10	5 - 18
600 μm		---
300 μm		---
75 μm	2 - 4	0 - 4

⁽¹⁾Fuente: NAPA Series 115.

De no especificarse una granulometría en el Pliego de Cargos, se deberá utilizar este tipo de granulometría.

12.2. Cemento Asfáltico y Otros:

12.2.1. Cemento Asfáltico:

Dependiendo de su uso, es recomendable la determinación de cementos asfálticos clasificados por grado de desempeño del asfalto (PG) basado en los estudios descritos en el punto del diseño Superpave, sin embargo, si no existe el estudio, se procederá con la utilización del mismo PG mencionado en tal punto (76-22) por defecto. En caso de realizar el estudio, y éste arroja un valor relativamente bajo de PG, es obligatorio subirle dos (2) grados PG al valor que se obtuvo en dicho estudio, por lo menos a la temperatura alta.

12.1.2. Agente Estabilizador:

En cuanto a este tipo de material, es recomendable la inclusión del mismo en este tipo de mezclas para evitar el "sangrado" o exudación de la mezcla, incorporándole fibras de celulosa en un rango entre 0,2% y 0,5% por peso total de mezcla o relleno mineral.

12.3. Diseño de Mezcla:

Se deberá diseñar la mezcla asfáltica de granulometría abierta (OGFC) a base de agregado, asfalto y aditivos de acuerdo con el procedimiento de diseño Superpave para 50 giros de compactación en el compactador giratorio ($N_{gi} = 50$) para alcanzar vacíos totales mayores al 12%. Se deben reportar los rangos de temperatura de mezclado y compactación. La mezcla, debe tener una estructura de agregados que provea contacto piedra-piedra, a fin de evitar o minimizar el efecto del ahuecamiento. Para cada punto de cemento asfáltico, se deberán compactar al menos dos especímenes de mezcla en el compactador giratorio para la determinación de las propiedades volumétricas. Con estos valores, se determinará el VCA_{mezcla} de cada

espécimen compactado y posteriormente, se realizará una comparación entre el VCA_{mezcla} y el VCA_{diseño}. Para seleccionar la gradación de diseño, se escogerá la que cumpla con que $VCA_{mezcla} < VCA_{diseño}$, pero con mayor vacíos totales.

Una vez seleccionada la gradación recomendada anteriormente, se deberá diseñar la mezcla con incrementos de 0,5% de cemento asfáltico.

Se deberá realizar un ensayo de drenaje conforme a la norma ASTM D6390 en mezcla suelta a una temperatura de 15°C o superior, antes de la producción de la mezcla.

12.4. Presentación de la Fórmula de Trabajo:

Se deberá presentar de acuerdo a lo establecido en el punto diseño de mezcla mediante la metodología Superpave.

Otro punto importante en la presentación de la fórmula de trabajo, es que se deben presentar tres gradaciones para producir tres tipos de mezclas de ensayo para determinar la mejor, una cerca de la parte gruesa de la banda de gradación, una cerca de la parte fina de la gradación y otra cerca del centro de la banda de gradación (la banda de gradación son los límites establecidos en la tabla 24-22). Para cada gradación, se deberá utilizar los porcentajes de asfalto que sean necesarios, a tal fin de poder construir las gráficas para definir el % de cemento asfáltico óptimo para cada mezcla de ensayo.

Además de lo anterior, la mezcla debe cumplir con lo siguiente:

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Tabla 24-33
Vacios en el Agregado Grueso dentro de la Mezcla Tipo OGFC

Parámetros Volumétricos	Ecuación	Variables
Vacios en el agregado grueso (VCA_{Mezcla}): Cantidad de cavidades que se encuentran entre las partículas de agregado grueso. Incluye: Relleno mineral, agregado fino, vacíos de aire, ligante asfáltico, y fibra (si se utiliza).	$VCA_{Mezcla} = 100 - \frac{G_{mb} + P_{ca}}{G_{ca}}$	G_{mb} = gravedad específica bruta. G_{ca} es la gravedad específica combinada de la fracción gruesa de agregado. P_{ca} es el porcentaje de agregado grueso por peso total de la mezcla.
VCA_{drc} : Corresponde a los vacíos en el agregado grueso, en la condición seca varillada, que depende del peso unitario del agregado en esa condición (AASHTO T119).	$VCA_{drc} = \frac{G_{ca} - \gamma_s}{G_{ca}\gamma_w} * 100$	G_{ca} es la gravedad específica combinada de la fracción gruesa de agregado. γ_s es el peso unitario del agregado en la condición seca y varillada (AASHTO T19). γ_w es el peso unitario del agua.

En la cual se debe cumplir que los VCA_{mezcla} sean cercanos a los VCA_{drc} para que se cumpla la condición de que exista contacto piedra a piedra.

Se debe tener especial cuidado al momento de determinar el valor de G_{mb} , debido a que este tipo de mezclas, tiene un valor de vacíos totales altos, por lo que el peso SSS no es el correcto cuando se saca del tanque de inmersión. Uno de los procedimientos es medir cuidadosamente la pastilla para la determinación del volumen. Otro de los métodos que se reconoce es la utilización de un equipo al vacío que pueda hacer esta medición.

12.5. Verificación del Diseño de Mezcla:

Se debe realizar de acuerdo en el punto diseño de mezcla mediante la metodología Superpave. Además de lo anterior, la mezcla, una vez determinado el contenido de asfalto óptimo, se deberán realizar unas pastillas para verificar que se cumpla con la resistencia de la mezcla mediante el ensayo cántabro, el cual consiste en colocar las pastillas en la máquina de Los Ángeles a 300 revoluciones a una velocidad de entre 30 y 33 rpm. Las pastillas deberán ser envejecidas, para lo cual, se colocaran en un horno de convección forzada a una temperatura de 60 °C por un periodo de 168 horas y después se dejaran enfriar por lo menos 4 horas y

deberá cumplir con la resistencia a la abrasión mediante el método antes descrito, la cual será menor a 30% de pérdida para un promedio de 5 pastillas y además, en ninguna de las pastillas, esta pérdida será menor al 50%.

En cuanto a la susceptibilidad por la humedad, se realizará mediante el método descrito en la norma AASHTO T270 con cinco ciclos y no deberá ser menor de 80%.

Al final el diseño propuesto deberá cumplir con lo siguiente para ser aprobado:

- Vacíos totales > 12%
- Vacíos en el agregado grueso en la mezcla (VCA_{mezcla}) ≤ VCA_{drc}
- Pérdida por abrasión ensayo cántabro especímenes sin envejecer < 20%
- Pérdida por abrasión ensayo cántabro especímenes envejecidos < 30%
- Drenaje ASTM D6390 < 0.3%

Además de lo anterior, la mezcla deberá cumplir con lo establecido en la tabla siguiente:

Tabla 24-34
Rangos Maestros de Producción

Características	Tolerancias
Contenido de cemento asfáltico (%)	Objetivo ± 0.60
% que pasa el tamiz N°3/8	Objetivo ± 7.50
% que pasa el tamiz N°4	Objetivo ± 6.00
% que pasa el tamiz N°8	Objetivo ± 3.50
Vacíos totales %	2.50 - 6.00

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

13.- APROBACIÓN DE PLANTAS, EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS.

La planta mezcladora de asfalto cumplirá con AASHTO M 156. Los equipos, maquinarias y herramientas que se usen en la construcción de la carpeta asfáltica serán aprobados inicialmente por el Ingeniero Residente.

La aprobación final de los mismos será hecha solamente después de haberse comprobado la eficiencia de la planta, maquinaria, equipo y herramientas en completa operación y deberán mantenerse en condiciones satisfactorias de trabajo en todo momento.

14.- PLANTAS.

Las plantas serán del tipo de producción continua o por descargas. Las plantas dosificadoras asegurarán un periodo de mezclado seco mínimo de 5 segundos, y un periodo de mezclado húmedo mínimo de 25 segundos. Las plantas dosificadoras, mezcladoras continuas, o de tambor mezclador contarán con controles automáticos para coordinar la dosificación de humedad, el tiempo y la descarga. Deberán ser diseñadas, coordinadas y operadas para producir las mezclas terminadas de acuerdo con la Fórmula de Trabajo aprobada al Contratista por el Ingeniero Residente.

14.1. Requisitos para Todas las Plantas:

Cualquiera que sea el tipo de planta usada deberá cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

El patio de instalaciones deberá tener espacio suficiente para el almacenamiento ordenado de los materiales y permitir todas las operaciones de producción y tránsito, incluyendo facilidades para el muestreo.

En los casos que el Contratista decida instalar una planta de asfalto, la misma deberá ubicarse en lugares planos, desprovistos de cobertura vegetal, de fácil acceso y no muy próximo a poblaciones humanas. No se instalarán las plantas de mezcla de asfalto en terrenos particulares sin previa autorización por escrito del dueño o su representante legal. Las vías de entrada y salida de material deberán estar localizadas de forma que los sobrantes, durante la carga y descarga, no perjudiquen el área fuera de los límites de las instalaciones.

En el transporte del asfalto serán obedecidas las normas existentes referentes al transporte de cargas peligrosas.

14.1.1. Básculas: Las bás culas para cualquier tipo de cajón o tolva de pesaje serán de brazo o de esferas, sin resortes, precisas en más o menos 0.5% de la máxima carga que pueda necesitarse y serán sensibles hasta una mitad de la graduación mínima. La graduación mínima no deberá ser mayor de 10 libras (4.54 kg). Las bás culas de brazo tendrán brazos separados para balancear el cajón de pesaje.

El Contratista proveerá pesos patrones para verificar la exactitud de las bás culas.

14.1.2. Equipo para la Preparación de los Materiales Asfálticos: Los tanques de almacenaje para material asfáltico serán capaces de calentar el material, bajo efectivo y positivo control en todo momento, a las temperaturas especificadas.

El calentamiento se hará por medio de serpentinas con vapor caliente, aceites calientes, electricidad u otros medios que no produzcan llamas directas en contacto con el material asfáltico o sus gases. El sistema de circulación del material asfáltico será de tamaño apropiado para asegurar un flujo continuo entre los tanques de almacenaje y el mezclador durante toda la operación. Las líneas de tuberías y accesorios deberán ser aisladas para evitar la pérdida de calor. El tanque de almacenaje deberá tener suficiente capacidad para satisfacer la demanda del día de trabajo.

14.1.3. Alimentadores del Secador: La planta debe tener uno o más alimentadores mecánicos del tipo de platos reciprocan tes, del tipo vibratorio, del tipo túnel o cualquier otro tipo aprobado que alimente cada uno de los agregados separadamente. Los alimentadores tendrán ajustes separados y precisos para proporcionar cada material que ha de ser incorporado en la mezcla. Las compuertas y otros artefactos de proporcionar tendrán medios de mantener sus aberturas en la posición deseada. Cada agregado estará en tolvas o compartimientos separados.

14.1.4. Secadores: Serán capaces de calentar y secar los agregados a la temperatura y contenido de humedad especificados. Cuando un secador no seque los agregados al límite de humedad exigido, el Contratista proveerá secadores adicionales, a sus expensas.

14.1.5. Unidad Cernedora: Será capaz de cernir todos los agregados a los tamaños y proporciones especificados y tener también una capacidad normal que sobre pase la capacidad total del mezclador.

Los cernidores serán de denominaciones que permitan la clasificación de los agregados, de manera que la combinación final de aquellos sea controlada dentro de las tolerancias permitidas para la Fórmula de Trabajo.

14.1.6. Tolvas Calientes: La planta deberá tener tolvas con suficiente capacidad para almacenar los agregados calientes y alimentar el mezclador o amasador cuando éste opere a su máxima capacidad. Las tolvas deberán estar divididas en no menos de tres compartimientos, arreglados en tal forma, que aseguren una completa separación de las fracciones del agregado. Cada compartimiento tendrá una salida para drenajes por excesos, de dimensión y localización tal que eviten la contaminación de los otros agregados. Se tendrá medios para pesar o proporcionar con exactitud el relleno. Cada tolva deberá estar equipada con un sistema, mecánico o eléctrico, para indicar cuando el nivel del agregado en la tolva está por debajo del nivel que asegure una dosificación exacta del agregado. Cada tolva deberá estar construida o equipada de tal manera

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

que se pueda obtener rápidamente una muestra representativa del agregado que contiene.

14.1.7. Unidad para el Suministro y Control del Material Asfáltico: La planta deberá contar con un medio efectivo, con resultados exactos, para incorporar el material asfáltico al mezclador o amasador, por peso, volumétricamente, o por otra forma de medición aprobada. Deberá estar en capacidad de cuantificar el porcentaje requerido dentro de las tolerancias permitidas. Cuando la cantidad de material asfáltico sea controlada por medio de un medidor, deberá proveerse una forma para que la cantidad pueda ser medida por peso cuando así deseé. Los medidores, las tuberías conductoras, tolvas de pesaje, barras de riego, etc., estarán provistas de una forma de aislamiento para mantener en todo tiempo la temperatura deseada en el material asfáltico. El sistema de pesaje, o medición por medidor, deberá estar en capacidad de mantener una circulación continua del material asfáltico.

14.1.8. Controles de Temperatura: Un termómetro blindado con alcance de 93°C a 205°C (200°F a 400°F) deberá estar localizado en la línea alimentadora del material asfáltico, en un punto apropiado, cerca de la válvula de descarga a la unidad mezcladora. La planta estará equipada con termómetro actuado por mercurio de anotación gráfica, un pirómetro u otro aparato medidor de temperatura, que irá localizado a la salida del secador para llevar un registro automático, o una verificación instantánea de la temperatura del agregado.

14.1.9. Captador de Polvo: La planta deberá estar equipada con un captador de polvo, construido para desechar o hacer regresar al elevador de material caliente todo o cualquier parte del material captado, sin que ocurra escape inconveniente de polvo hacia la atmósfera.

14.1.10. Requisitos de Seguridad: En la planta se deberá contar con escaleras adecuadas y seguras hasta la plataforma del mezclador o amasador y a los puntos de muestreo; también deberán colocarse escaleras con barandales o pasamanos en todas las partes de acceso a otras unidades de la planta donde así se requiera para el control de las operaciones de la misma.

Se deberá proporcionar accesibilidad hasta la parte superior de las cajas de los camiones, por medio de una plataforma u otro dispositivo que permita al Ingeniero Residente obtener muestras y datos sobre la temperatura de la mezcla.

Toda correa, engranajes, piñones, cadenas, llaves y elementos móviles deberán estar debidamente protegidos para evitar contactos peligrosos.

Los barandales que rodean la plataforma del mezclador, las escaleras y otros medios de acceso a todas las partes de la planta deberán ser seguros y adecuados.

El equipo y conductos que lleven materiales a altas temperaturas, que estén localizados en sitios que puedan crear peligro al personal o incendios, serán

protegidos o cubiertos apropiadamente con materiales aislantes.

14.1.11. Acopios:

Cada fracción participante en la mezcla debe acopiarse por separado. La forma y altura de los acopios debe ser tal de forma que se minimicen las segregaciones en los tamaños.

Las partes de los acopios que hayan sido contaminadas no podrán utilizarse en la elaboración de la mezcla.

Se recomienda que el mínimo de fracciones diferenciadas sea al menos de tres, incluido el relleno mineral o Filler de aporte, si es necesario. Esto facilita definir una curva granulométrica de acuerdo a lo especificado en 3.1 – Gradación de los agregados.

Deben poseer adecuado escurrimientos los lugares de deposición de los agregados. En caso de áridos de absorción mayor al 2 % deberá preverse la protección en forma obligatoria de los mismos con estructuras techadas.

14.2. Requisitos para las Plantas por Descargas:

14.2.1. Cajones o Tolvas de Pesaje: El equipo debe incluir medios para pesar con exactitud el agregado de cada tolva en un cajón de pesaje suspendido sobre balanzas. Los cajones de pesaje serán lo suficientemente amplios en tamaño para dar cabida a una dosis completa sin la necesidad de emparejamiento o derrames. El conjunto de cajón de pesaje, brazos y cuchillas de apoyo será de construcción tal, que ninguna parte del conjunto puede fácilmente ser sacada de ajuste o alineamiento. Las compuertas de las tolvas y del cajón de pesaje estarán construidas de tal manera que no permitan escapes de los agregados cuando se encuentren cerradas. Cuando la planta sea operada manualmente deberá existir un sistema de cierre que evite que pueda abrirse más de una compuerta a la vez.

14.2.2. Control del Material Asfáltico: El equipo que se use para medir el material asfáltico deberá ser preciso en más o menos 0.5% de cualquier carga que se pueda necesitar y deberá ser sensible hasta la mitad de la graduación mínima. La graduación mínima no deberá ser mayor de cinco libras (2.2 kgs).

Cuando se utilice una tolva para pesar el material asfáltico, éste deberá tener suficiente capacidad para recibir no menos de un 10% en exceso del peso requerido para una descarga. La tolva de pesaje del material asfáltico podrá ser calentada por vapor, aceite, electricidad o por otro medio aprobado y deberá estar suspendido sobre básculas de esfera o vigas, equipado con mecanismo para balancear el peso del balde en cada pesada y el peso neto del material asfáltico pueda ser medido dentro de la tolerancia indicada para la Fórmula de Trabajo.

Se podrán permitir mediciones volumétricas del material asfáltico siempre y cuando se haga dentro de la tolerancia correspondiente a la indicada anteriormente.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

El flujo del material asfáltico será controlado automáticamente de manera que comience cuando haya terminado el periodo de mezclado en seco de los agregados. Todo el material asfáltico necesario para una descarga será vaciado en un tiempo que no exceda 15 segundos después de comenzar a fluir. La aplicación del material asfáltico caliente se hará en capas uniformes y delgadas o en múltiples chorros a todo lo largo o ancho del mezclador. Los cuadrantes indicadores de peso y de temperatura estarán convenientemente instalados a la vista del operador.

14.2.3. Mezclador para Plantas por Descargas: El mezclador o amasador de la mezcla será de un tipo aprobado de ejes gemelos, calentado adecuadamente. Estará diseñado de manera que se pueda ajustar el espacio libre entre las paletas y las paredes del mezclador para asegurar que la mezcla sea batida apropiadamente.

El mezclador será capaz de producir una mezcla uniforme dentro de las tolerancias permitidas para la Fórmula de Trabajo aprobada y estará dotado de una tapa adecuada para evitar pérdida del polvo o material de relleno, el cual será proporcionado por medios mecánicos adecuados.

14.2.4. Control de Tiempo para la Mezcla: El mezclador estará equipado con un mecanismo de cierre preciso de tiempo para controlar las operaciones de un ciclo total de mezcla.

El periodo de mezclado seco se define como el intervalo de tiempo entre la apertura de la compuerta del cajón de pesaje y el comienzo de la aplicación del material asfáltico.

El periodo de mezclado húmedo es el intervalo de tiempo entre el comienzo de la aplicación del material asfáltico y la apertura de la compuerta de descarga del mezclador.

El control de tiempo será flexible y capaz de ser ajustado a intervalos de cinco segundos o menos durante un ciclo total de hasta tres minutos.

El ajuste de los intervalos de tiempo se efectuará en presencia del Ingeniero Residente, así como cualquier cambio que sea necesario hacer en dicho ajuste.

Como parte del dispositivo medidor de tiempo se instalará un contador mecánico de descargas diseñado para que registre solamente las dosis o descargas completamente mezcladas.

Para las plantas de producción por dosis o descargas el tiempo del mezclado total será considerado como el tiempo de mezclado seco de los agregados más el tiempo de mezclado de los agregados con el material asfáltico.

14.3. Requisitos para Plantas de Producción Continua:

14.3.1. Dosificación y Control de los Agregados: La planta estará dotada de medios para proporcionar con exactitud la dosificación de los agregados de cada tolva, ya sea controlándola por peso o por volumen.

Cuando el control de la dosificación para los diferentes tamaños sea por volumen la unidad deberá incluir un alimentador debajo de las tolvas o cajones. Cada tolva tendrá una compuerta individual controlada con precisión que forme un orificio para medir volumétricamente el material extraído de cada una de ellas. Una de las dimensiones del orificio será ajustable por medio de un sistema mecánico provisto de cierre. Cada compuerta tendrá un indicador para mostrar el tamaño de la abertura en cualquier momento.

14.3.2. Calibración por Peso de la Alimentación de Agregados: La planta contará con un método de calibración para las aberturas u orificios de las compuertas por medio de la verificación del peso de muestras de prueba.

Los materiales sacados de los orificios de cada tolva serán desviados hacia cajas individuales para muestras de prueba.

Las plantas estarán convenientemente equipadas para manejar tales muestras de prueba que pesarán aproximadamente 180 kgs. (400 lbs.) para la combinación de todos los agregados y no menos de 45 kgs. (100 lbs.) para cualquiera de las tolvas. El tamaño de la muestra total podrá ser incrementado, hasta 360 kgs. (800 lbs.).

El Contratista suministrará una balanza de capacidad suficiente para pesar estas muestras.

14.3.3. Sincronización Entre la Alimentación de los Agregados y la Aplicación de Asfalto: Se deberá disponer de un método satisfactorio para proporcionar un control de cierres efectivos entre la alimentación de los agregados desde las tolvas y el flujo del material asfáltico desde el medidor o desde cualquier otro dispositivo que lo dosifique. Este control deberá ejercerse por medio de un mecanismo con cierres reciprocos o por cualquier otro método aprobado por el Ingeniero Residente.

14.3.4. Mezclador para Plantas Continuas: La planta deberá incluir un mezclador continuo aprobado, del tipo de ejes gemelos, calentado adecuadamente y que sea capaz de producir una mezcla uniforme dentro de las tolerancias especificadas para la Fórmula de Trabajo. Las paletas serán del tipo que permitan ajustes angulares y serán de acción reversible para retardar el flujo de la mezcla. El mezclador tendrá una placa de fábrica indicando el volumen neto contenido a las distintas alturas y a la tasa de alimentación por minuto de los agregados a las velocidades de operación de la planta.

A menos que se requiera de otra manera, el periodo de mezclado (T) expresado en segundos, será determinado

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

por el método de peso, por medio de la siguiente fórmula:

$$T_{(seg)} = \frac{\text{Capacidad Muerta del Mezclador en KG (LB)}}{\text{Rendimiento del Mezclador en KG (LB)/segundo}}$$

Para las plantas continuas el tiempo de mezclado se considerará como el intervalo transcurrido entre la aplicación del material asfáltico y el momento en que la mezcla sale del mezclador.

14.3.5. TOLVA DE DESCARGA: El mezclador estará equipado con una tolva de descarga con suficiente capacidad para desalojar la producción del mezclador. La tolva de descarga tendrá compuertas para que el desalojo de la mezcla sea rápido y completo, sin producirle segregación a éste.

15.- EQUIPO DE ACARREO.

Los camiones o los vehículos que se utilicen para el acarreo de las mezclas asfálticas tendrán fondo de metal, serán herméticos, limpios y lisos, y estarán recubiertos ligeramente con una película de un material aprobado para evitar que la mezcla se adhiera al fondo y a las paredes.

Cada camión estará provisto de su correspondiente cubierta de lona impermeable o de otro material adecuado para proteger la mezcla contra la intemperie y la pérdida excesiva de temperatura.

Cada camión debe tener una abertura en uno de los lados del vagón a una altura de 0.50 metros medidos desde el fondo del vagón, el cual debe tener un diámetro equivalente a 2.54 centímetros (1 pulgada) de forma que pueda introducirse un termómetro.

16.- PAVIMENTADORA ASFÁLTICA.

Las pavimentadoras asfálticas serán del tipo auto propulsadas y provistas de todos los controles y accesorios para espacer y enrasar la mezcla uniformemente, de manera que el espesor y ancho finales del pavimento terminado correspondan a los mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero Residente. Igualmente serán capaces de mantener la exactitud de la pendiente longitudinal establecida y conformar los bordes del pavimento sin tener que emplear formaletas.

Las pavimentadoras asfálticas estarán diseñadas para operar a su velocidad normal en retroceso y hacia adelante, a velocidades variables que se ajusten a la tasa o régimen de suministro de la mezcla.

No se permitirá el uso de pavimentadoras que produzcan superficies endentadas, desgaradas, irregulares o con cualquier otro defecto. Cuando una pavimentadora sea incapaz de producir una carpeta de la calidad esperada, será retirada y reemplazada por una aceptable para el Ingeniero Residente.

17.- APLANADORAS.

Las aplanadoras serán autopropulsadas, del tipo de ruedas de acero vibratorias, para la compactación inicial

e intermedia y de llantas neumáticas para la compactación final y sellado de la capa de rodadura final. Estarán en buenas condiciones de trabajo, serán capaces de retroceder sin sacudidas y de ser manejadas a las velocidades que sean lo suficientemente lentas para que no se produzcan desplazamientos de la mezcla asfáltica. La cantidad y el peso de las aplanadoras serán suficientes para compactar la mezcla a la densidad requerida.

Estarán dotadas de limpiadores, tanque de agua y aparato de riego para mantener las ruedas siempre húmedas.

No se permitirá equipo de compactación que produzca compresión excesiva, depresiones o protuberancias, o que deje marcas sobre el pavimento.

18.- BARREDORAS Y SOPLADORES.

Serán de tipo mecánico capaces de limpiar completamente la superficie donde ha de colocarse la carpeta de mezcla asfáltica.

19.- HERRAMIENTAS.

El Contratista tendrá en el área de trabajo cantidad suficiente de herramientas como raseras, rastrillos, palas, picos, pisones, emparejadores metálicos, suecos de madera y otras herramientas pequeñas que se necesitan para la pavimentación. El emparejador metálico consistirá en una placa de metal de aproximadamente un metro de largo por 10 cms. de ancho con un mando debidamente arrostrado y con suficiente rigidez para conformar los bordes libres de la carpeta asfáltica.

El Contratista deberá proveer y tener disponibles, en todo momento, suficientes lonas o cubiertas impermeables para usarlas en casos de emergencia como lluvia o demoras inevitables, con el fin de tapar o proteger cualquier material que hubiese sido descargado y no extendido.

20.- LIMPIEZA DEL PAVIMENTO EXISTENTE.

La superficie del pavimento existente sobre el cual ha de colocarse la carpeta de hormigón asfáltico será limpia de toda grasa, basura, aceite, partículas sueltas y otras materias objetables que puedan evitar una adherencia adecuada entre la nueva carpeta y el pavimento. La limpieza se hará usando barredoras mecánicas, sopladores y escobillones con resultados satisfactorios para el Ingeniero Residente. Si la superficie a colocar la carpeta de hormigón es una base nueva, estará previamente imprimada y curada según el Capítulo 23 (RIEGO DE IMPRIMACION).

21.- MEZCLA ASFÁLTICA.

La mezcla para la carpeta asfáltica será preparada en caliente en una planta, de conformidad con las siguientes condiciones:

CAP. 24 - MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

21.1. Preparación del Agregado Pétreo:

Cada agregado que ha de usarse en la preparación de la mezcla asfáltica será almacenado en pilas separadas, de tal manera que no se contaminen entre sí, ni que se produzca segregación en ninguno de ellos. Los agregados serán alimentados al secador separadamente en proporciones que produzcan una combinación dentro de los requisitos de la Fórmula de Trabajo. Los agregados serán calentados y secados completamente antes de ser llevados a las tolvas calientes. La temperatura del agregado cuando entre al mezclador, será tal que la mezcla resulte con una temperatura dentro de las tolerancias especificadas. El agregado caliente y seco será ceriado en la unidad ceredora y llevado a tolvas separadas. El agregado será separado en los tamaños aprobados y el relleno se almacenará adecuada y separadamente.

21.2. Humedad de los Agregados:

Después que los agregados hayan sido secados, el contenido de humedad permitido, en la combinación de ellos, será de 0.15% para materiales con 2.5% o menos de absorción, se permitirá 0.25% para agregados con más de 2.5% de absorción.

El contenido de humedad en la combinación de agregados será el promedio pesado que resulte del contenido de humedad de cada uno de los componentes de la combinación.

El contenido de humedad de la combinación de agregados se determinará con base a la porción de cada tolva en la combinación.

21.3. Preparación del Material Asfáltico:

El material asfáltico será calentado a la temperatura especificada, determinada por una curva viscosidad rotacional vs temperatura a fin de evitar el recalentamiento local y que se pueda proporcionar un abastecimiento continuo al mezclador a temperatura uniforme en todo momento. La temperatura de mezclado deberá ser tal que corresponda a una viscosidad absoluta entre 0.15 y 0.19 Pa·s. En caso de que se utilice un modificador de asfalto para alcanzar el grado de desempeño (PG) especificado y el fabricante del modificador recomiende una temperatura superior a la determinada mediante el ensayo de viscosimetría rotacional, se permitirá, siempre y cuando se compruebe mediante ensayos, que dicho cemento asfáltico no ha perdido las propiedades que son fundamentales para su óptimo desempeño.

21.4. Preparación de la Mezcla Asfáltica:

Los agregados preparados y secados como se ha especificado aquí y el rellenante seco, serán pesados o medidos con precisión y llevado al mezclador en la proporción requerida de cada tamaño para conformarse con la mezcla aprobada. La cantidad requerida de material asfáltico para cada dosis o la cantidad calibrada para cada mezclado continuo, será introducida en el

mezclador. En la mezcla por dosis, después que los agregados sean introducidos en el mezclador y mezclados por no menos de 15 segundos, se añadirá el material asfáltico y el mezclado continuará por no menos de 20 segundos adicionales o durante el tiempo necesario para obtener una mezcla homogénea a juicio del Ingeniero Residente. Cuando se use un mezclador continuo, el tiempo de mezclado no será menor de 35 segundos o durante el tiempo necesario adicional requerido por el Ingeniero Residente para obtener una mezcla homogénea.

En ningún caso se introducirán los agregados al mezclador con una temperatura mayor en 14°C (25°F) que la de material asfáltico. La temperatura de éste al momento de mezclado no excederá de 160°C (320°F). La temperatura de los agregados y relleno mineral no excederá los 171°C (340°F) al momento de adicionar el material bituminoso. Cuando la mezcla es preparada en un mezclador doble de paletas, el volumen de los agregados, relleno mineral y material asfáltico no rebasará el extremo de las paletas del mezclador cuando éstas se encuentran en posición vertical. Toda mezcla sobrealentada o quemada, que hierva o indique presencia de agua, será rechazada por la Inspección. Cuando en la mezcla se encuentre humedad mayor de lo permitido, todos los agregados almacenados en las tolvas calientes serán extraídos y devueltos al secador.

22.- TRANSPORTE DE LA MEZCLA.

La mezcla asfáltica será transportada desde la planta a su sitio de colocación final en la forma establecida en el punto 15 (EQUIPO DE ACARREO).

Los envíos de mezcla serán hechos en tal forma que todas las operaciones envueltas en la terminación de la carpeta asfáltica puedan hacerse con luz natural, a menos que se acondicione luz artificial aprobada por el Ingeniero Residente.

La mezcla será enviada al sitio de su colocación final, de tal manera que su temperatura, medida en el camión inmediatamente antes de ser descargada en la tolva de la pavimentadora sea la establecida en el diseño.

23.- RIEGO DE ADHERENCIA O DE LIGA.

Después que la superficie haya sido preparada según se establece en el Artículo 20 (LIMPIEZA DEL PAVIMENTO EXISTENTE), se le aplicará un riego de adherencia o de liga antes de colocar la carpeta asfáltica.

El riego de adherencia consistirá en una aplicación ligera de asfalto rebajado RC-250, el cual deberá cumplir con lo establecido en AASHTO M 81 o de una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida que cumpla con los requisitos de la norma ASTM D 2397.

El riego de asfalto rebajado RC-250 se aplicará a una tasa entre 0.25 y 0.70 litros por metro cuadrado (0.05 y 0.15 galones por yarda cuadrada) y su temperatura de aplicación podrá variar entre 66° C y 107° C (150° F y

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

225° F). Para un riego con emulsión asfáltica catiónica, se aplicará a una tasa entre 1.5 y 2 litros por metro cuadrado (0.5 y 0.60 galones por yarda cuadrada) para una temperatura de aplicación en temperatura ambiente.

La cantidad exacta de material asfáltico para el riego de adherencia será determinada conjuntamente entre el Contratista y el Ingeniero Residente, dentro de los límites mencionados.

El riego de adherencia se hará con una distribuidora que tiene los requisitos establecidos en el Artículo 3 (EQUIPO) del Capítulo 23 (RIEGO DE IMPRIMACION) de estas especificaciones.

Toda la superficie deberá quedar total y uniformemente cubierta y en caso necesario para completar la operación, podrá usarse cualquier método aprobado por el Ingeniero Residente.

El riego de adherencia o de liga deberá aplicarse sobre la superficie seca y nunca con lluvia ni cuando haya peligro de ésta. Se aplicará con la anticipación necesaria a la colocación de la carpeta para que haya curado y tenga la apropiada condición de adherencia.

El Contratista deberá proteger la superficie tratada con el riego de adherencia y corregirá a sus expensas cualquier daño o deficiencia que ésta presente, hasta que sea colocada la carpeta asfáltica.

24.- COLOCACIÓN DE LA MEZCLA.

La mezcla para la carpeta asfáltica se colocará sobre la superficie seca y limpia, terminada de acuerdo con estas especificaciones y aprobadas por el Ingeniero Residente.

24.1. Colocación con Pavimentadora:

La mezcla asfáltica se colocará con pavimentadoras autopropulsadas que cumplan con los requisitos establecidos en el punto 16 (PAVIMENTADORA ASFÁLTICA), movidas a velocidades que reduzcan a un mínimo las juntas transversales.

La temperatura de la mezcla asfáltica, medida en el camión, inmediatamente antes de ser descargada en la tolva de la pavimentadora, no deberá ser menor de 121°C (250°F).

En la tolva deberá mantenerse suficiente material para que los alimentadores proporcionen siempre un nivel constante de mezcla en la cámara de los tomillos espaciadores, y que si éstos son movidos hacia afuera, para instalar extensiones, tengan un abastecimiento adecuado de mezcla en todo momento.

La pavimentadora será ajustada y controlada en su velocidad para que la carpeta que se coloque resulte lisa, continua, sin segregación ni desgarramientos y de un espesor tal que cuando sea compactada produzca el espesor y la sección transversal mostrados en los planos o indicados por el Ingeniero Residente.

Al efectuar la pavimentación de vías que requieran el uso de extensiones o de reducciones en el ancho de la pavimentadora, para producir un mayor o menor ancho en la carpeta, se harán los ajustes necesarios para que la última aplicación sea del ancho completo de la pavimentadora y que las juntas resulten densas, lisas y uniformes.

La carpeta asfáltica será construida, en todo caso, en capas compactadas no menores a dos veces y medio el tamaño máximo del agregado grueso aprobado y en tantas capas separadas como lo muestren los planos o lo apruebe el Ingeniero Residente hasta obtener el espesor total especificado.

El espesor del material asfáltico no compactado, inmediatamente detrás de la pavimentadora, deberá ser medido a intervalos frecuentes para efectuar los ajustes necesarios que aseguren la conformidad del acabado compactado con los espesores indicados.

24.2. Colocación a Mano:

En lugares inaccesibles para el uso de la pavimentadora y del equipo de compactación se permitirá colocar y esparcir la mezcla a mano o por otros medios aprobados para obtener los resultados exigidos. Será compactada adecuadamente por medio de apisonadoras neumáticas o por otros métodos que produzcan un grado de compactación aprobado por el Ingeniero Residente.

El Contratista deberá mantener en el sitio de trabajo suficiente cantidad de herramientas manuales, según el Artículo 19 (HERRAMIENTAS) y proveerá el personal suficiente y con la debida experiencia para colocar la mezcla a mano y terminar la carpeta en forma que satisfaga los requisitos de estas especificaciones.

La mezcla será colocada fuera del área de pavimentación y será distribuida uniformemente con palas y rastrillos calientes en una capa suelta de un espesor tal que al ser compactada satisfaga los requisitos de espesores pendientes.

Para evitar la segregación no se permitirá que la mezcla sea tirada o abanicada.

Las irregularidades en los bordes de la carpeta dejadas por la pavimentadora serán corregidas mediante recortes y compactación lateral con el emparejador metálico.

25.- COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA - GENERALIDADES.

Después de haber sido esparcida y enserrada la mezcla asfáltica y alisadas las irregularidades de la superficie, será compactada adecuada y uniformemente por medio de aplanadoras, que cumplan con los requisitos establecidos en el Artículo 17 (APLANADORAS). La compactación comenzará inmediatamente después de la colocación de la mezcla, cuando ésta acepte el peso de la aplanadora sin que produzcan deformaciones ni desplazamientos excesivos y basados en la temperatura de compactación definida previamente en el diseño. El

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

Ingeniero Residente verificará lo anterior mediante el patrón de compactación definido en obra, aplicando la temperatura de inicio establecida de la compactación de la carpeta. No se permitirán demoras en la compactación de la mezcla por su efecto negativo en las temperaturas de mezcla a compactar.

La cantidad, peso y tipo de aplanadoras que se utilicen deberán ser suficientes para obtener una compactación, como se indica en el sub-artículo 3.5.4 (DETERMINACION DE LA DENSIDAD) de este capítulo. Esta compactación debe ser igual o mayor al noventa y seis por ciento (96%) de la obtenida en laboratorio de mezcla colocada. La carpeta asfáltica terminada deberá conformarse con la sección transversal típica mostrada en los planos o indicada por el Ingeniero Residente.

La compactación deberá comenzarse por el borde exterior del pavimento y progresar longitudinalmente, en sentido paralelo al eje del camino, traslapando en cada pasada la mitad del ancho del rodillo aplanador avanzando gradualmente hasta el centro del camino, con pasadas de longitud variada. Al compactar el borde del pavimento, el rodillo deberá sobresalir aproximadamente 10 cm por fuera de dicho borde. Cuando se está pavimentando en forma escalonada, con un carril colocado previamente, la junta longitudinal deberá ser compactada primero y después se continuará con el proceso arriba indicado.

En las curvas con peralte la compactación deberá comenzar por el borde interior y progresar hacia el borde más alto, con pasadas paralelas al eje de la curva y traslapando la mitad del ancho de la rueda aplanadora en cada pasada.

Las aplanadoras deberán avanzar a velocidad lenta, pero uniforme, en el sentido de la pavimentación, con el rodillo impulsor o ruedas motrices hacia el lado de la pavimentadora. La compactación deberá continuarse hasta que todas las huellas de las aplanadoras queden eliminadas y se haya alcanzado la densidad especificada.

Cualquier cambio en la dirección de operación de la aplanadora deberá hacerse sobre áreas de carpeta ya compactada. Los desplazamientos de la mezcla asfáltica que resulten de un cambio en la dirección de operación de la aplanadora o por otro motivo, serán corregidas inmediatamente con rastillos y añadiendo o removiendo mezcla donde sea necesario.

Para evitar que la mezcla se adhiera a los rodillos durante la compactación, éstos deberán mantenerse constantemente húmedos con la cantidad necesaria de agua.

Cualquier mezcla que se disgregue, se quiebre, se contamine con polvo o tierra, o que en alguna otra forma esté defectuosa, deberá ser removida y sustituida con mezcla caliente aceptable y compactada para formar una superficie uniforme con el área adyacente.

Cuando la carpeta se construya en capas, cada capa terminada deberá conservarse limpia y no se permitirá el tránsito hasta seis (6) horas después de la compactación final de dicha capa. Estas capas iniciales deben estar limpias de impurezas, agua, materia orgánica o material objetable, para colocarle la capa subsiguiente. No se permitirá ningún tránsito sobre la capa final hasta que transcurran por lo menos seis (6) horas después de haberse terminado, previa aprobación del Ingeniero Residente.

25.1. Fases de Compactación:

La compactación de la mezcla para la carpeta asfáltica se efectuará en tres fases, como se indica a continuación:

25.1.1. Compactación Inicial:

La compactación inicial de la mezcla para la carpeta asfáltica deberá comenzar inmediatamente después de su colocación o tan pronto como sea posible, en la forma indicada arriba en el punto 25 (COMPACTACION DE LA MEZCLA-GENERALIDADES).

Se usarán aplanadoras con rodillos vibratorios, las cuales deberán trabajar lo más cerca posible de la pavimentadora.

Cuando se empleen simultáneamente aplanadoras del tipo triciclo y de Tándem, las del tipo triciclo deberán compactar detrás de la pavimentadora, seguidas por las del tipo Tándem.

Después de la compactación inicial se harán verificaciones de la sección transversal y textura del pavimento y se corregirán las deficiencias.

25.1.2. Compactación Intermedia:

Después de efectuarse las correcciones en la carpeta y mientras la mezcla esté aún caliente, se procederá con la fase de compactación intermedia. Esta deberá seguir la compactación inicial tan de cerca como sea posible, usándose rodillos neumáticos autopropulsados en forma continua.

No se permitirá que los neumáticos giren o maniobren en forma que causen el desplazamiento de las mezcla.

25.1.3. Compactación Final:

La compactación final deberá coordinarse con la intermedia de manera que el equipo trabaje continuamente sin que haya interrupción entre estas dos fases. La compactación final se recomienda realizar a una temperatura no menor a 80°C (175°F).

La compactación final se hará con aplanadoras Tándem de dos o de tres ejes, conjuntamente con rodillos neumáticos para sellar la superficie, mientras la mezcla esté aún maleable o plástica y se continuará hasta que la carpeta terminada resulte con un acabado uniforme, impermeable y tenga el peso específico especificado, según el tramo de prueba.

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE**25.2. Compactación a Mano:**

En lugares inaccesibles para el equipo de compactación indicado en las tres fases anteriores, se permitirá compactar la mezcla por medio de apisonadores neumáticos o por otros medios que produzcan un grado de compactación aprobado por el Ingeniero Residente.

26.- PARCHADO DE SUPERFICIES DEFICIENTES.

Las áreas de la carpeta asfáltica cuya mezcla esté contaminada con materiales extraños y las que presenten deficiencias de mezclas o constructivas serán removidas, reemplazadas y debidamente compactadas a expensas del Contratista.

No se permitirá parchar la carpeta superficialmente.

La carpeta será cortada o perfilada en todo su espesor y las caras deberán ser perpendiculares y paralelas respectivamente a la dirección del tránsito, los bordes serán verticales, nitidos y sin material suelto.

Para efectos de adherencia, a los bordes se les hará una aplicación del material asfáltico indicado en el punto 23 (RIEGO DE ADHERENCIA O DE LIGA) con la suficiente anticipación para que cure. Se colocará luego suficiente cantidad de mezcla nueva en la cavidad del parche y se compactará hasta satisfacer las condiciones de densidad, tersura y alineamientos especificados.

El Contratista deberá tener suficiente personal experimentado para la realización de los trabajos incidentales a la corrección de defectos y deficiencias de la carpeta asfáltica.

27.- JUNTAS - GENERALIDADES.

Las juntas entre pavimentaciones sucesivas, o las que se produzcan por demoras en la colocación de la carpeta, serán hechas de tal manera que se asegure una adherencia continua entre el material ya colocado y el que se ha de colocar. Las juntas deberán tener la misma textura, densidad y lisura uniformemente con las otras secciones del pavimento colocado.

Las superficies de contacto que se hayan cubierto de polvo u otras materias objetables serán limpiadas con cepillos y sus bordes se cortarán nitida y verticalmente, removiendo todo el material suelto.

Para efectos de adherencia, las superficies contra las cuales ha de colocarse mezcla nueva, se les hará una aplicación del material asfáltico indicado en el Artículo 23 (RIEGO DE ADHERENCIA O LIGA) con la suficiente anticipación para que cure.

27.1. Juntas Transversales:

Las juntas transversales que se presenten en la pavimentación serán perpendiculares al eje longitudinal con bordes verticales, nitidos y rectos. Se permitirá el paso de la aplanadora para achaflanar el borde transversal de la carpeta recién colocada cuando la jornada de pavimentación ha finalizado o cuando el suministro de mezcla ha sido demorado tanto que haya

el peligro de que el material no compactado pudiera enfriarse al punto que la compactación no sea efectiva.

El nuevo borde para la junta transversal se cortará, en la sección compactada, a la distancia necesaria para exponer una cara vertical que tenga el espesor total exigido. Todo el material suelto será removido y al borde se le hará una aplicación del material asfáltico para adherencia como se indica en el punto 27 (JUNTAS - GENERALIDADES) de este capítulo.

La mezcla nueva y caliente, con el traslape apropiado, será colocada contra la junta así preparada y se aplanará. La junta se verificará con regla o cordel y se harán inmediatamente las correcciones necesarias, mientras la mezcla se encuentre en estado fluido, para que al terminar la compactación de la junta quede con la misma textura, densidad y lisura uniformemente con las otras secciones del pavimento colocado.

27.2. Juntas Longitudinales:

La franja existente, ya compactada, deberá tener sus bordes rectos, limpios, libres de material suelto y cortados verticalmente con el espesor exigido. La mezcla asfáltica caliente, para la nueva carpeta, con el traslape apropiado, será colocada contra la existente y será compactada inmediatamente. Se hará avanzar la aplanadora sobre la franja previamente compactada de manera que solamente 10 o 15 cm de una rueda se apoye sobre la nueva franja. Se le darán las pasadas necesarias para compactar la junta hasta lograr que tenga una superficie con la misma textura, densidad y lisura uniforme con las otras secciones del pavimento colocado.

El traslape de mezcla en las juntas debe mantenerse uniforme y deberá proporcionar el material necesario para que la junta resulte densa e impermeable.

Cuando la carpeta deba ser construida en más de una capa, las juntas en dos capas sucesivas no deberán superponerse en un mismo plano vertical, sino desplazarse por lo menos 15 cm. Las variaciones en el ancho de las franjas o paños se harán en las capas inferiores.

La junta central de la capa final o de rodadura de la carpeta deberá coincidir con el eje del camino y allí la maestra de la pavimentadora deberá ser ajustada para obtener la sección transversal típica que muestren los planos.

28.- VERIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE.**28.1. Irregularidades:**

La carpeta será verificada por medio de una regla de 3.0 metros de longitud, el cual se aplicará tanto transversalmente como longitudinalmente al eje del pavimento nuevo colocado.

La variación entre la superficie de la carpeta y el borde de la regla no deberá ser mayor a 5 mm entre cualesquiera de los puntos de contacto. Estas

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

verificaciones se realizarán al final de la compactación inicial. Luego de realizar las correcciones pertinentes a la superficie, se verificará nuevamente al final del proceso de la compactación final. Si se presenta aún defectos, las mismas deberán ser corregidas, incluyendo, si es necesario, la remoción y reposición de la sección que no cumple criterios especificados, a costo del Contratista.

28.2. Espesores:

El espesor de la carpeta terminada y debidamente compactada deberá ser igual al espesor exigido en el contrato del proyecto.

28.3. Verificación de la Superficie:

El contratista verificará el perfil longitudinal del pavimento debidamente compactado y terminado mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) por cada kilómetro de pavimento terminado, el cual se medirá en tramos individuales de 200 m en unidades de metro / Kilómetro (m/Km). En aquellas secciones de 200m con consideraciones especiales, ésta se seccionará en tramos de 50 m para un análisis más detallado. Para la evaluación por kilómetro, será el promedio de la medición de los tramos individuales de 200m.

El IRI deberá ser de 3.2 m/km o menos, para carpetas asfálticas de gradación densa.

Los ajustes por valores obtenidos de rugosidad superior a los valores especificados son los siguientes:

IRI (m/km)	Multa Aplicable para la Sección en Estudio (Toneladas Compactas)
0 < IRI ≤ 3,2	0%
3,2 < IRI ≤ 3,6	5%
3,6 < IRI ≤ 4,0	10%
IRI > 4,0	Corregir Pavimento

28.4. Textura:

De exigirlo el Ing. Residente, por problemas en obra por falta de fricción de los neumáticos de los vehículos, el contratista medirá la textura de la carpeta compactada mediante el coeficiente de deslizamiento. Este valor se determinará mediante el ensayo plasmado en la norma ASTM E 303, con la utilización del péndulo británico. El valor mínimo tolerable será de 0.45.

El coeficiente de deslizamiento se medirá en secciones longitudinales entre 100 y 200m., el cual se tomarán no menos de tres (3) lecturas por sección en estudio. Las mediciones se realizarán al azar, o como lo estipule el Ingeniero Residente.

Para valores de Coeficiente de Deslizamiento por debajo de los criterios estipulados, se aplica la siguiente tabla de penalización:

C.D. (Coeficiente de Deslizamiento)	Multa Aplicable a la Sección en Estudio
0,45 ≤ C.D.	0%
0,35 ≤ C.D. < 0,45	2,5%
0,25 ≤ C.D. < 0,35	5,0%
C.D. < 0,25	10,0%

29.- PROTECCIÓN DE LA CARPETA.

Terminada la compactación final, no se permitirá tránsito de ningún tipo hasta cuando el pavimento se haya endurecido o enfriado a la temperatura ambiente por un período no menor de seis (6) horas. Durante este período no se permitirá que la maquinaria pesada o aplanadoras se detengan o estacionen sobre la carpeta recién terminada.

El Contratista será responsable por cualquier daño que se ocasioné al pavimento por no darle la protección adecuada y las correcciones deberá hacerlas a sus expensas.

30.- MEDIDA.

La medida de pago de la mezcla asfáltica colocada, compactada y debidamente aceptada será en toneladas métricas (1 Ton (m) = 2,205 libras = 1000 Kg) compactadas.

La medida del material asfáltico para el riego de adherencia o liga (de tener detalle de pago en el contrato) se medirá en litros ($L = 0.2642$ galones), medidos debidamente en campo a través de la máquina distribuidora y de la verificación de la tasa de aplicación volumétrica real en campo. Este volumen de aplicación de riego de adherencia, se corregirá tomando en consideración la temperatura real de aplicación y su debida corrección a 15° C.

En ningún caso la cantidad de material asfáltico para riego de adherencia o de liga a pagar será mayor que el resultado de multiplicar el número de metros cuadrados tratados por la tasa de aplicación determinada como se indica en el Artículo 23 (RIEGO DE ADHERENCIA O DE LIGA) de este capítulo.

31.- PAGOS.

METODOLOGIA MARSHALL.

La fórmula de pago no deberá ser mayor que el resultado de la multiplicación del volumen a considerar que será; el ancho colocado por la longitud por el espesor compactado en unidades de metro cúbico (m^3). Este volumen se multiplicará por el 96 % del promedio de la densidad de laboratorio de la mezcla colocada en campo en los tramos definidos para pago.

Para compactaciones determinadas en campo inferiores al criterio anterior, se aplicará un factor de penalización correspondiente al 5% del precio unitario, con respecto a

CAP. 24 – MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE

la medida de pago calculada hasta compactaciones de 94 % mínimo.

Para aquellas mezclas colocadas con compactaciones inferiores al 94 % de la densidad de laboratorio de mezcla colocada, se rechazarán y deberán reemplazarse a costo del contratista.

La cantidad de hormigón asfáltico caliente mezclado en planta para la construcción de la carpeta, medida como se ha especificado, se pagará al precio unitario fijado en el contrato por tonelada de 2,205 libras (1,000 KGS.). Dicho precio y pago constituirán compensación completa y total por el suministro de todos los materiales, mano de obra y equipo, definición del patrón de compactación, así como por la ejecución de todo el trabajo, y pruebas necesarias para la terminación final de la carpeta asfáltica, de acuerdo en todo lo establecido en estas especificaciones.

La cantidad de material asfáltico para riego de adherencia o de liga, medida como se ha especificado, se pagará al precio unitario por litro fijado en el Contrato. Dicho precio y pago constituirán compensación completa y total por el suministro del material, mano de obra y equipo, así como por la ejecución de todo el trabajo, necesario para efectuar el riego de adherencia o de liga, de acuerdo en todo con estas especificaciones.

NOTA: De no existir los conceptos: imprimación y/o Riego de Liga o Adherencia, en el desglosa de precios del Pliego de Cargos, y de requerirse ambas o una de ellas, sólo será indicativo de que los costos de estos detalles deben ser incluidos por el contratista en el detalle "HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE".

El pago se hará bajo los detalles siguientes:

> Hormigón Asfáltico Caliente..... por TONELADA DE 2,205 LBS. (1,000 Kgs.)

METODOLOGÍA SUPERPAVE.

El precio y el pago deberá ser por compensación completa de todo el trabajo especificado bajo esta especificación, basada en la calidad del material (incluyendo el riego de adherencia o liga) utilizando los resultados de la verificación realizados por el MOP e incluye todo el control de calidad y criterios estipulados en esta especificación.

Para los trabajos especificados bajo esta Sección la cantidad a ser pagada será determinada por el peso de la mezcla en toneladas métricas de 2205 lb (1000 kg compactadas – Ref. Tabla 24-30), debidamente aceptada por el MOP.

La mezcla se aceptará en la planta en relación con la gradación (P-4, P-8 y P-200), contenido de asfalto (P_a) y volumetría, (volumetría se define como vacíos totales en N_{des}). La mezcla se aceptará en la calzada con respecto a la densidad de núcleos tornados en la vía. La aceptación será sobre una base de lote por lote (para cada diseño de mezcla) con base en las pruebas de muestras aleatorias obtenidas dentro de cada sub-lote y en una frecuencia de un conjunto de muestras por sub-lote. El lote de la calzada y el lote de producción en planta deberán ser los mismos. La aceptación de la mezcla se basará en los resultados de pruebas que han sido obtenidos por la inspección del MOP.

> Hormigón Asfáltico Caliente..... por TONELADA DE 2,205 LBS. (1,000 Kgs.)

METODOLOGÍA GRANULOMETRÍA ABIERTA PARA CAPAS DE FRICCIÓN (OGFC).

El precio y el pago deberá ser por compensación completa de todo el trabajo especificado bajo esta especificación, basada en la calidad del material (incluyendo el riego de adherencia o liga) utilizando los resultados de la verificación realizados por el MOP e incluye todo el control de calidad y criterios estipulados en esta especificación.

La mezcla se aceptará en la planta, en relación con lo establecido en las Tablas 24-31 a 24-34. La aceptación será sobre una base de lote por lote (para cada diseño de mezcla), con base en las pruebas de muestras aleatorias obtenidas dentro de cada sub-lote, y en una frecuencia de un conjunto de muestras por sub-lote. El lote de la calzada y el lote de producción en planta deberán ser los mismos. La aceptación de la mezcla se basará en los resultados de pruebas que han sido obtenidos por la inspección del MOP.

> Hormigón Asfáltico Caliente (OGFC)..... por TONELADA DE 2,205 LBS. (1,000 Kgs.)