

Fecha de recepción: Febrero del 2010

Fecha de aprobación: Junio del 2010

### Resumen

Las especificaciones técnicas del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, en su capítulo 24, consideran la ejecución y control de calidad de las "carpetas de hormigón asfáltico".

Dentro de este capítulo se incluyen las carpetas de hormigón asfáltico realizadas con asfalto modificado. El presente trabajo de colaboración entre Argentina y Panamá pretende mostrar la revisión realizada a estas especificaciones técnicas, dada la aparición de las primeras obras con asfalto modificado en la República de Panamá. Las exigencias de dichas especificaciones se revisan durante el año 2008, con el objeto de fijar una metodología que permita valorar al ligante asfáltico, la adherencia árido ligante y las prestaciones de este tipo de mezclas, tratando de incorporar límites en las especificaciones que sean acordes al tipo de asfalto que importa Panamá y a los áridos de la región, los cuales presentan valores, en muchos casos, de altas porosidades y elevados desgastes. Además muestra el plan de modernización en los laboratorios de control de calidad del MOP, para hacer frente al cumplimiento de las especificaciones, debido a que este organismo se constituye en la autoridad de fiscalización de dichas obras. También se muestra como estas acciones deben ir acompañadas de un plan de capacitación de todos los actores del control y ejecución de las obras

**Palabras clave:** Especificaciones de carreteras en Panamá, mezcla con asfalto modificado, control de calidad de mezcla asfáltica, laboratorio de ensayo, diseño de mezcla asfáltica.

### Abstract

*Chapter 24th, of road construction specifications of the Ministry of Public Works in Panama (MOP), deals with asphalt mix construction and design requirements, including mixes using modified asphalts. This article presents the technical specifications review for modified asphalt mixes, under a cooperation agreement between Panama and Argentina, given that Panama is starting to use this mix type in recent projects. The specs review was performed in 2008 to define the methodology to evaluate the asphalt binder, the aggregate- asphalt adhesion requirements and the expected performance of modified asphalt mixes, using the properties of typical imported asphalt in Panama and the local aggregates. The aggregates in Panama usually have high porosity values and high abrasion losses after tested. This article also shows the updating process for quality control laboratories facilities in MOP Panama, to deal with the new requirements for controlling modified asphalt mixes, since this laboratory has the mission of executing technical supervision of public works. It is also shown that these actions must be supported by a comprehensive training program for all people involved in road construction quality control and supervision.*

**Key words:** Panama road specifications, modified asphalt mix, asphalt mix quality control, laboratory testing, mix designs.

## 1. INTRODUCCIÓN

La provisión de ligante asfáltico en la República de Panamá, es producto de la importación desde la República de Venezuela, la cual se realiza frente a los requerimientos de la demanda nacional. El gobierno de Panamá es el encargado de la importación. Los envíos del ligante asfáltico se realizan en buques por el océano Pacífico. Antes de proceder a la distribución del ligante asfáltico, el gobierno de Panamá, a través del Laboratorio de Materiales del Ministerio de Obras Públicas de la Nación realiza los controles de calidad que permitan garantizar la calidad del producto y por ende la durabilidad de las obras viales en las que el mismo se utiliza. El producto controlado es comercializado por Refinería Panamá S.A.

Las mezclas asfálticas en caliente que se ejecutan en Panamá, se desarrollan en el Capítulo N° 24 de las Especificaciones Técnicas Nacionales denominado "Carpetas de hormigón asfáltico". En este capítulo se desarrollan las exigencias a cumplir por las mezclas en caliente con asfalto convencional y con asfalto modificado con polímeros. La durabilidad de las capas de rodamiento asfálticas en Panamá ha sido en general baja, observándose fenómenos de desintegración que se podrían asignar a una combinación de:

- Condiciones ambientales extremas: altas temperaturas y elevada humedad ambiente, jugando a favor la homogeneidad de estas variables a lo largo del día y del ciclo invierno-verano.
- Elevadas cargas que circulan por la red principal: la actividad comercial del país es intensa con el mercado centroamericano, al cual lo conecta con el canal, que el país explota desde el año 2000. Se observan

configuraciones de ejes de camiones de gran porte y deficiente control de cargas.

- Tecnología de la fabricación: se dispone de plantas asfálticas distribuidas en todo el país, con disímil tecnología según la región. Se observa menor disponibilidad en la región de Darién que limita con Colombia, siendo una de las regiones con menor densidad de rutas por kilómetro cuadrado. Las especificaciones son incompletas en cuanto a las exigencias a fin de uniformizar criterios de aceptación en las diferentes obras.

- Los áridos son en general un verdadero problema en muchas regiones de Panamá, principalmente por el elevado valor de desgaste “Los Ángeles”, el valor alto de su absorción y por la tecnología dispar de trituración que produce áridos de forma achatada y elongada.

- El ligante asfáltico no se caracteriza en forma completa, en las variables de composición química, su comportamiento reológico y físico mecánico. Delimitar las variables de envejecimiento que permitan monitorear la manipulación del mismo.

- Criterios de afinidad de árido ligante. Suceptibilidad al agua, adherencia. Completar, validar y exigir criterios de diseño de las mezclas asfálticas en caliente en las diferentes etapas de la obra.

El objeto central del capítulo 24 consistirá en especificar: “...el suministro y colocación de una o más capas o carpetas de agregado pétreo y cemento asfáltico para uso vial caliente, 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”. Cabe señalar que el capítulo tratará el diseño de mezclas asfálticas en caliente del tipo densas.

## 2. ANÁLISIS DE LOS ÁRIDOS

El capítulo 24 fija un apartado 2 para los materiales que componen la mezcla asfáltica en caliente. Se expresan las exigencias a cumplir por los áridos. En el presente trabajo se señalarán los cambios principales que se han propuesto modificar o incorporar a este capítulo que permitan definir las variables más significativas para un concreto asfáltico en caliente. Desde el punto de vista del diseño se expresa que al menos para el diseño

debe haber como mínimo un total de tres fracciones en la composición de la mezcla incluido el relleno mineral. Se hacen modificaciones en la definición del árido grueso y en sus características. Se destacan los siguientes aportes que van a tener en especial una marcada influencia sobre la prestación de los concretos asfálticos. En primera instancia se define que el árido grueso es aquel que es retenido en el tamiz N° 4 de ASTM, como así también árido fino el que pasa dicho tamiz y es retenido en el tamiz N° 200 de ASTM. Se define además el concepto de filler que se verá más adelante. Esta simple clasificación se hace notar como importante debido a que las empresas contratistas que trabajan en las principales obras nacionales presentan sus formulaciones con disparidad de criterios en cuanto a las fracciones que la componen. Se da así que las fracciones que integran las formulaciones guardan más relación con las formas de producción de las chancadoras o de cómo se obtenían del yacimiento natural que con lo exigido en una formulación de al menos tres fracciones. Este simple concepto trae aparejado serios problemas en la clasificación en las tolvas de las plantas asfálticas y a su vez inconvenientes en los procesos de ajustes de las mismas.

Luego se fijan exigencias en cuanto al coeficiente de pulimento acelerado en base a la norma AASHTO T 279 ó ASTM D 3319 que resultan ser adecuados.

Al árido grueso se sugiere incorporar como limitante dos índices de forma que tienen efectos sobre el desempeño de los concretos. En tal sentido se resaltan:

- El índice laminar, de partículas achatadas o planas al cual se le fija un valor del 25% como máximo, siendo este un límite razonable para las vías principales del país. Se piensa en próximas modificaciones ver cómo se pueden analizar variables que contemplen variaciones en este índice en función del tipo e intensidad de tránsito.

- El índice de agujado o de agujas, limitándolo en un 25%, lo que garantiza eliminar fracciones de áridos gruesos en donde predominan una de las dimensiones por sobre las otras.

Se propone como marco normativo considerar las normas NLT Normas de ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del suelo del Centro de Estudios y Experimentación del Ministerio de Obras Públicas – CEDEX- , España. NLT 354.



Estas exigencias son de probada eficiencia en trabajos realizados en diferentes países, se considera de vital importancia modificarlas, para en especial impactar sobre la trabajabilidad de las mezclas en caliente en el proceso constructivo, mientras que en servicio impactar sobre las deformaciones plásticas permanentes, ahuellamiento, el módulo resiliente, y los parámetros mecánicos. La medición de los impactos en los cambios sobre los productos finales obtenidos es parte de los desafíos de investigación que se realizan en las formulaciones sobre diferentes tipos de mezclas en las provincias del país.

Esta especificación traerá un verdadero cambio en los procesos de chanqueo y trituración, para lo cual se han mantenido reuniones con las principales empresas dedicadas a la comercialización de áridos, y se han especificado los cambios tecnológicos necesarios para lograr esta exigencia. En general se suma un proceso más en una cámara de triturado posterior al primer chanqueo. Se ha observado la posibilidad de obtener estos parámetros con cierta facilidad y mínima inversión en el sector.

Los áridos gruesos se clasifican en gravas trituradas y piedras trituradas, según provenga de fragmentos naturales pequeños o explotación de rocas macizas respectivamente. A las determinaciones habituales exigidas tales como límites en el polvo adherido (menor al 0,5 %), contenido de arcilla, durabilidad en sulfato de sodio (menor al 12 %), se destacan, como acuerdo obtenido con los diferentes sectores, que se limiten los siguientes aspectos de fundamental importancia:

- Desgaste Los Ángeles AASHTO T 96 menor al 25 %
- 60 % de partículas con dos o mas caras fracturadas frescas

Estas limitaciones son posibles de cumplir y representan un efecto de significación sobre la durabilidad de las capas y el comportamiento mecánico.

Se realizarán las determinaciones de absorción de acuerdo a lo establecido en la norma de caracterización general AASHTO M 283. Cabe señalar aquí el serio problema que presentan algunos yacimientos en regiones completas del país en donde la absorción es elevada, superior al 2 % habitualmente aceptado.

En cuanto al árido fino se hace especial hincapié en limitar la fracción natural que pueda participar en las mezclas de vías principales. En tal sentido y como paso progresivo, se definió limitar al 7 % en peso el porcentaje máximo admitido de árido fino natural que pueda participar en una formulación. Esta limitación responde a los continuos problemas de ahuellamientos observados en las vías principales, y en la heterogeneidad de los áridos naturales que genera verdaderos comportamientos inesperados y erráticos de las mezclas. El resto de los ensayos aparecen como adecuados tales como libres de contenidos de arcillas y materia orgánica, limitando la plasticidad del material que pasa el tamiz N° 200 de ASTM menor al 4 % y la determinación de equivalente arena mayor al 50 % según el AASHTO T 176, pérdida en peso del 15 % en sulfato de sodio AASHTO T 104 y los requisitos generales establecidos en la norma AASHTO M29 y ASTM D 1073.

En cuanto al relleno mineral se define como natural al proveniente del árido finamente triturado y deberá estar de acuerdo a la norma AASHTO M 17.

Se agregan los siguientes conceptos que son de vital importancia para el desempeño de los concretos asfálticos

Se considera toda la fracción que pasa el tamiz de 75 micrómetros, N° 200 de ASTM.

Densidad aparente en tolueno (Norma NLT de Ministerio de Fomento de España N° 176)

0,5 gr/cm<sup>3</sup> < D.Ap. < 0,8 gr/cm<sup>3</sup>.

El relleno mineral de aporte se adicionará por separado a la mezcla y deberá cumplir con las exigencias granulométricas mostradas en la Tabla 1.

El relleno mineral también podrá estar compuesto por polvo de roca, cemento Pórtland o cal hidratada.

Se recomienda exigir el uso de relleno mineral de aporte en la totalidad de las mezclas asfálticas, en especial en aquellas que cuenten con agregados con absorción efectiva (en forma ponderada) igual o mayor al 2,5 %.

El filler de aporte será vital para limitar los efectos de las elevadas absorciones de los agregados gruesos, además de generar una adecuada dotación de mastic asfáltico, para asegurar la durabilidad de las mezclas garantizando espesores que permitan un menor envejecimiento del ligante asfáltico, los adecuados valores de microtextura, entre otros.

### 3. ADHERENCIA ÁRIDO-LIGANTE

Este apartado, el 2.1.4., es totalmente nuevo en la especificación de Panamá e incorpora los siguientes conceptos:

Se especifica el uso obligatorio, en toda mezcla asfáltica caliente, de un agente mejorador de adherencia (antistripping). 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 Contratista para aprobación del Ingeniero, sin costo directo adicional para el Estado. La adherencia se verificará mediante la prueba de hervido según ASTM D 3625 y de acuerdo al Test de Lottman modificado para este fin (AASHTO T 185). Estas exigencias fueron consensuadas en reuniones de trabajo en el MOP a fin de verificar las principales falencias detectadas en las capas de rodamiento: se llega a la conclusión de que las fallas prematuras tienen mucho que ver con la adherencia árido ligante.

Tamiz	% en peso que pasa
N° 40	100
N° 100	Mayor al 90
N° 200	Mayor al 75

Debate sobre mezclas asfálticas con representantes del país

Figura 2



Detalle de desprendimientos prematuros de vía principal zona exclusiva Atlántico canal Panamá

Figura 3



### 4. EL LIGANTE ASFÁLTICO

El cemento asfáltico para la elaboración de mezclas asfálticas en 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. Como se dijera al comienzo, el asfalto utilizado en Panamá proviene de Venezuela. En general dada la tipología

de obras y las condiciones ambientales enunciadas, se utiliza el asfalto AC-30. Luego de realizar un taller en el laboratorio del MOP y discutir las variables principales químicas, físicas, mecánicas y reológicas, se confeccionó la clasificación que se presenta en la Tabla 2. La misma se puede realizar con el instrumental disponible en los laboratorios del MOP y en algunos laboratorios privados. En este sentido se ha trabajado en la puesta a punto del instrumental, calibraciones y adquisición de nuevo instrumental de laboratorio.

Con estas determinaciones, el laboratorio del MOP está en condiciones de certificar la calidad del producto que ingresa al país. Se han implementado la totalidad de los ensayos, debiendo al contratista al momento de presentar la formulación su propio chequeo a fin de certificar los controles de la empresa. Si bien se hace un control al ingreso del ligante al país, las condiciones de manipulación y almacenamiento pueden alterar los parámetros básicos de la clasificación. En la Tabla 2 se presentan la clasificación recomendada

Figura 4 Taller con laboratoristas



En el año 2007 se ha comenzado con la incursión en la utilización de los asfaltos modificados, siendo necesario introducir en este capítulo la posibilidad de uso de los mismos. A tal fin se definen el concepto de asfalto modificado y se agrupan los principales tipos de modificadores, los cuales se encuentran en la Tabla 3.

No existen en Panamá empresas que comercialicen los asfaltos modificados. Por lo cual se trabajó en concientizar sobre los principales conceptos de la modificación de un ligante asfáltico, ya que será la empresa constructora quién deba proceder a la modificación de los mismos.

Tabla 2 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, 5s)	0.1 mm	REPORTAR				ASTM D 5 o norma equivalente
Punto de Ablandamiento	°C	REPORTAR				ASTM D 36 o norma equivalente
Índice de Penetración	--	-1.0	+1.0	-1.0	+1.0	NLT 181 o norma equivalente
Ensayo de Oliensis (con 35% de Xileno)	--	Negativo				AASHTO T 102 o norma equivalente
Solubilidad en Tricloroetileno	%	99.0	-	99.0	-	ASTM D 2042 o norma equivalente
Contenido de Ceras	%	-	3.0	-	3.0	DIN EN 12606-1 o norma equivalente
Punto de Inflamación Cleveland	°C	230	-	230	-	ASTM D 92 o norma equivalente
Índice de Inestabilidad Coloidal	--	-	0.6	-	0.6	
Pérdida de masa por calent. película delgada	%	-	0.8	-	0.8	ASTM D 2872 o norma equivalente
Ensayo sobre el Residuo en la Pérdida por Calentamiento						
Índice de Durabilidad	--		4.0	-	4.0	
Viscosidad @ 60°C	P		10 000		15 000	ASTM D 2171 o norma equivalente
Ductilidad del residuo @ 25°C, 5 c/m	cm	50	-	50	-	ASTM D 113 o norma equivalente

Tipo	Presentación	Composición Química
<b>1. Elastómeros</b>		
• 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)
<b>2. Plastómeros</b>		
• Copolímero	Granulado o en polvo	Etileno Vilino Acetato (EVA)
• Homopolímero	Premezclado con el CA	Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
• Copolímero	Granulado o en polvo	Etileno Vilino Acetato (EVA)
• Copolímero	Granulado o en polvo	Etileno Metilacrilato (EMA)
• Copolímero	Pelotitas (Pellets)	Etileno Vilino Acetato (EVA)

La empresa constructora o proveedora deberá disponer de una planta que permita:

Disponer de un molino coloidal o dispersores que realicen producciones en forma continua o de batch para modificar el ligante, tanto a escala de laboratorio como a escala de planta industrial, debiéndose primero comprobar la factibilidad a escala de laboratorio, analizando la afinidad polímero ligante. En tal sentido se prevé se deberá cumplir con:

- Aprobación del dispersor de laboratorio por parte del MOP y de la instalación industrial respectiva.
- Envío de protocolo de modificación
- Verificación de la estabilidad de la microdispersión del polímero considerando dos parámetros a saber:
  - estabilidad al almacenamiento 48 horas días a 162,8 °C AASHTO T 44
  - recuperación elástica por torsión AASHTO T 179
- Caracterización completa según Tablas 4, 5 y 6
- Verificación de la capacidad de producción versus el volumen de obra.

Asfaltos modificados Tipo I

Tabla 4

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

**Tipo I.** Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo I, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después 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 bibloques del tipo SB o tribloques del tipo SBS.

**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.

**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 etileno ó con polietileno.

Tabla 5 Asfaltos modificados Tipo II

Propiedades	Norma		Clases de asfalto modificado Tipo II		
			II-A	II-B	II-C
Penetración, a 25°C. 100g y 5s	AASHTO T 49	Mín.	100	70	80
Viscosidad, 60°C, Poises	AASHTO T 202	Mín.	800	1600	1600
Viscosidad, 135°C, centi Stokes	AASHTO T 201	Máx.	2000	2000	2000
Ductilidad, 4°C, 5cpm, mm	AASHTO T 51	Mín.	500	500	250
Punto de Flama, °C	AASHTO T 48	Mín.	232.2	232.2	232.2
Solubilidad, %	AASHTO T 44	Mín.	99	99	99
Endurecimiento, 25°C, 20 ipm, N-m	AASHTO T 5801	Mín.	0.429	0.629	0.629
Tenacidad, 25°C, 20 ipm, N-m	AASHTO T 5801	Mín.	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	Mín.	250	250	80
Endurecimiento, 25°C, 20 ipm, N-m	AASHTO T 5801	Mín.	-	-	0.629
Tenacidad, 25°C, 20 ipm, N-m	AASHTO T 5801	Mín.	.	.	0.429

Tabla 6 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	Mín.	30	30	30	30	30
		Máx.	130	130	130	130	130
Penetración, a 4°C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Mín.	48	35	26	18	12
		Máx.	150	150	150	150	150
Viscosidad, 135°C, centi Stokes	AASHTO T 201	Mín.	150	150	150	150	150
		Máx.	1500	1500	1500	1500	1500
Punto de ablandamiento, R & B, °C	AASHTO T 53	Mín.	125	130	135	140	145
Punto de Flama, °C Separación	AASHTO T 48	Mín.	218.3	218.3	218.3	218.3	218.3
		Mín.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Ensayos del Residuo del Horno de Película Delgada (RTFOT)	AASHTO T 179						
Pérdida por calentamiento, %	AASHTO T 179	Máx.	1	1	1	1	1
Penetración a 4°C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Mín.	24	18	13	9	6

## 5. LA MEZCLA ASFÁLTICA

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

Las proporciones granulométricas de los agregados gruesos, finos y relleno mineral deberán ser tales que se 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 según lo expresa la Tabla 7.

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.

Se reitera el uso obligatorio de un mejorador de adherencia (antistripping) en toda mezcla asfáltica caliente. 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). Se fijan también las respectivas tolerancias para cada fracción.

El método de diseño es bajo la metodología Marshall, exigiéndose la verificación del punto óptimo obtenido en los gráficos de diseño. En la Tabla 8 se plantean nuevos valores a exigir.

Cada parámetro exigido, responde a criterios de calidad internacionalmente aceptados, pero además se limitan a problemas concretos de tramos ejecutados que han presentado dificultades diferentes las cuales fueron consideradas a la hora de definir el entorno de los mismos.

## 6. COLOCACION

Se han visitado plantas asfálticas en diferentes partes del país a fin de observar tanto la tecnología de mezclas asfálticas convencionales como para la modificación de asfaltos. En la Figura 5 se muestra una planta típica con una capacidad de producción de 60 Ton/hora.

Los requisitos principales a cumplir en forma sintética son: capacidad acorde a la obra; cantidad de silos fríos al menos igual al de números de áridos; que no

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

	Parámetros de Diseño
Estabilidad Marshall Mínima	8.00 kN mínimo
Flujo, 0.25 mm	De 8 a 14 unidades
Vacios totales en la mezcla ( $V_T$ )	De 3.0% a 5.0%
Vacios llenos de Cemento Asfáltico ( $V_{FA}$ )	De 65.0% a 75.0%
Índice de Estabilidad Retenida (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 a 5.1 kN/mm
Relación en peso Filler / asfalto	0.8 - 1.3

se trasvasen las tolvas, mantener la temperatura de empleo constante, en el sistema de calefacción evitar sobrecalentamientos; calibración precisa de áridos y ligante; dotar a la unidad de un dispositivo para alimentación de filler de aporte; distribución uniforme de la temperatura en la producción final; que produzca un adecuado recubrimiento de todas las fracciones; sistema de recolección de finos.

Contar con un plan de calidad que contenga un protocolo de funcionamiento. Se exigirán calibraciones con el plan de autocontrol de calidad de la empresa. Dicho plan se discutió y se brindaron los alcances básicos de su contenido.

Los equipos de transporte y colocación se especifican para todo el tren de trabajo, y no han sufrido modificaciones.



Figura 5 Planta asfáltica tipo



La compactación se realizará según las temperaturas obtenidas en la relación viscosidad temperatura, para lo cual se dispone de la tecnología respectiva.

Se extraerán núcleos a los cuales se les determinará, espesores, densidades y factor de calidad por el test de tracción indirecta de testigos. Las condiciones de aceptación serán del 95 % para espesores medios, 98% para densidades y entre 3 y 4 gr/cm<sup>2</sup> para el factor de calidad.

En cuanto a condiciones superficiales se consignan las siguientes exigencias:

Tabla 9 Medición del IRI

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%
4.0 < IRI	<b>Corregir Pavimento</b>

Tabla 10 Medición del coeficiente de deslizamiento

C.D. (Coeficiente de Deslizamiento)	Multa aplicable para 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%

## 7. CONCLUSIONES

Existen en la actualidad serias deficiencias en el Pliego de Especificaciones Técnicas del MOP (Panamá), en cuanto al alcance de las especificaciones técnicas.

El laboratorio del Ministerio, bajo este contexto, ha solicitado la colaboración y asistencia, mediante la formación de un proyecto de cooperación Binacional en donde decide modificar el capítulo 24, el cual hasta aquí presenta un desarrollo de un 70 % del trabajo.

Lo expresado en el artículo, presenta los puntos más salientes, que representan los grandes temas faltantes. Su ausencia ha provocado innumerables inconvenientes en el control de calidad y en la durabilidad de las obras. El marco del trabajo se desarrolló con la participación de los principales actores, recorriendo diferentes zonas del país a efectos de tener plena conciencia de la realidad y dificultades que el sector vial poseía a la fecha. Se han organizados talleres de discusión y difusión durante los años 2008 y 2009.

Se ha diseñado un plan de evaluación para cuantificar el impacto de estos cambios en la durabilidad de las obras viales.

### Referencias bibliográficas

1. **Carasalle, César.** (2004). Taller de manejo de grupos. Ediciones UTN.
2. **CEDEX.** (2001). Normas NLT Normas de ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del suelo del Centro de Estudios y Experimentación del Ministerio de Obras Públicas, España.
3. **AASHTO.** (2005). American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
4. **ASTM.** (2006) American Society for Testing and Materials, USA.
5. **Comisión Permanente del Asfalto** (2006). Especificaciones técnicas generales de concretos asfálticos densos, semidensos y gruesos en caliente. Argentina.