

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

NORMA CUBANA

NC

253: 2005

**CARRETERAS—MATERIALES BITUMINOSOS—HORMIGÓN
ASFÁLTICO CALIENTE—ESPECIFICACIONES**

Highway—Bituminous materials—Hot asphaltic concrete—
Quality specifications

ICS: 93.080.10; 75.140

1. Edición Junio 2005
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048 Correo electrónico: nc@ncnorma.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 253: 2005

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el NC/CTN 21 Carreteras en el que están representadas las Instituciones siguientes:
 - Ministerio de la Construcción
 - Ministerio de la Industria Básica
 - Ministerio del Transporte
 - Ministerio de Educación Superior
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas
 - Poder Popular
 - Ministerio de la Industria Básica
- Esta basada en los principios del Instituto del Asfalto y se han tomado los aspectos de la NC 54-223:1985 que mantienen su vigencia. Además, se han incluido conceptos contemporáneos que se utilizan en la práctica mundial, haciendo especial énfasis en los factores que mayor influencia tienen en los países de clima tropical y que pueden ser aplicados en las condiciones del clima de Cuba, con el equipamiento existente en las plantas productoras cubanas de Hormigones Asfálticos en Caliente y con los medios que disponen sus laboratorios.
- Sustituye a la NC 54 – 223: 1985 Materiales y Productos de la Construcción. Hormigón asfáltico caliente. Especificaciones de calidad.

© NC, 2005

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba

Índice

1. Objeto.....	5
2. Referencias Normativas.....	5
3. Términos, definiciones y símbolos.....	6
4. Pavimentos Flexibles.....	7
5. Tipos de Tráficos.....	8
6. Clasificación del H.A.C.....	8
7. Especificaciones de calidad de la materia prima.....	9
8. Condiciones de ejecución para el H.A.C.....	16
9. Especificaciones de los criterios de diseño.....	17
10. Método de producción.....	21
11. Condiciones de entrega.....	22
12. Inspección de aceptación.....	22
13. Métodos de ensayo.....	24
14. Transportación.....	24
15. Control de calidad.....	24
16. Anexos.....	25
17. Bibliografía.....	29

**CARRETERAS—MATERIALES BITUMINOSOS—HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE—
ESPECIFICACIONES****1 Objeto**

Esta Norma Cubana establece las especificaciones para las mezclas de hormigón asfáltico elaborado en caliente, utilizado bajo diversas variantes en la ejecución de los pavimentos flexibles, tanto en obras de nueva construcción como en aquellas de conservación y reparación que se realizan en vías urbanas y rurales, pistas aéreas, áreas de estacionamiento y otras soluciones de características similares.

2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada.

NC 261:2005 Determinación del contenido óptimo de asfalto empleando el equipo Marshall.

NC 334:2004 Carreteras. Pavimentos flexibles. Método de cálculo

ASTM D 448:1986 (reaprobada en 1993). Áridos para carreteras y puentes. Granulometría

ASTM D 242:1995 Filler mineral para pavimentos asfálticos. Especificaciones

NC 54-20:1978 Áridos y asfalto. Prueba de afinidad (en revisión)

NC 54-79:1986 Materiales y productos de la construcción. Asfalto. Determinación del peso específico

NC 54-85:1978 Materiales asfálticos. Determinación de la solubilidad en tricloruro de carbono, bisulfuro de carbono y nafta. Método de ensayo

NC 54-118:1978 Materiales asfálticos. Determinación de la pérdida de peso por calentamiento. Método de ensayo

NC 54-194:1985 Materiales y productos de la construcción. Hormigón Asfáltico Caliente. Toma de muestra.

NC 413:2005 Carreteras. Mezclas asfálticas. Contenido de asfalto por extracción.

NC 54-264:1984 Materiales y productos de la construcción. Polvo de piedra. Especificaciones de calidad

NC 54-78:1984 Materiales y productos de la construcción. Áridos. Transporte y almacenamiento

NC 54-80:1985 Materiales y productos de la construcción. Asfalto. Toma de muestras

NC 58:2000 Geotecnia. Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en los suelos

NC 178:2002 Áridos. Análisis granulométrico

NC 179:2002 Áridos. Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo

NC 186:2002 Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo

NC 187:2002 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo

NC 188:2002 Áridos gruesos. Abrasión. Método de ensayo

NC 189:2002 Áridos gruesos. Determinación de partículas planas y alargadas. Método de ensayo

3 Términos y definiciones

A los fines de esta norma se aplican los términos y las definiciones siguientes:

3.1 Hormigón asfáltico caliente (HAC)

Producto resultante de la combinación en caliente con un ligante asfáltico de una estructura pétreo previamente establecida, ambos se dosifican en proporciones definidas y constantes bajo estrictas regulaciones de temperatura y tiempos de mezclado.

3.2 Esqueleto mineral

Estructura pétreo formada por la combinación de áridos graduados y secados por calentamiento en función de lograr el esqueleto resistente exigido en el conglomerado para satisfacer con ello los requerimientos mínimos de vacíos especificados según el tipo de HAC y fijados de acuerdo con el tamaño máximo del árido utilizado y con la función que tendrá la mezcla en el pavimento.

3.3 Tamaño máximo absoluto

Tamaño expresado en milímetros y correspondiente a la menor abertura del tamiz por la cual pasa la totalidad (100%) de los agregados que componen el esqueleto mineral del HAC.

3.4 Tamaño máximo nominal

Tamaño a la menor abertura del tamiz por la que pasa como mínimo el 90% de la masa de áridos, expresado en milímetros.

3.5 Criterios de Diseño

Parámetros que para cada HAC se establecen y rigen los valores máximos o mínimos a obtener según el caso, o los rangos donde ubicar los resultados característicos requeridos, tales como estabilidad, deformación, vacíos, densidad, permeabilidad, rigidez y el % de pérdida.

3.6 Método Marshall. (Ver NC 261)

Procedimiento aplicable tanto para el diseño en el laboratorio, como para el control en la planta o en la obra, exigido como condición obligatoria y necesaria pero no suficiente, por lo que deberá completarse con exigencias de diseño complementarias al método, aplicable a mezclas densas, semidensas y poco densas, tanto en caliente como en frío.

3.7 Proyecto de mezcla

Conjunto de gráficos y documentos que avalan la dosificación de materiales propuesta por el laboratorio, que utilizando el método Marshall garantiza el logro de las características especificadas para la mezcla y asegura el cumplimiento de los criterios de diseño establecidos en la presente norma. Sirven de base estos resultados para la obtención de la Fórmula de Trabajo.

3.8 Fórmula de Trabajo (FT)

Combinación granulométrica obtenida a partir del proyecto de mezcla y según las características tecnológicas de la instalación, a la que se le aplica determinadas tolerancias con las cuales se conforma un HUSO de control que no debe exceder la especificación establecida.

3.9 Mezcla normal de trabajo (MNT)

Mezcla producida en la planta cumpliendo con los requerimientos de la FT establecida y cuyos resultados de ensayo han de cumplir con las especificaciones de calidad requeridas. A partir de los resultados de esta mezcla se ejercerá el control de la producción, la certificación de la calidad y el control de la obra en ejecución.

4. Pavimento Flexible

Es el que en su estructura resistente está integrado por 3 elementos sobre el nivel de la sub-rasante, éstos son la sub-base, la base y la capa de rodadura.

4.1 Capa de sub-base

Capa secundaria distribuidora de esfuerzos sobre el nivel de sub-rasante.

4.2 Capa de base

Capa principal distribuidora de los esfuerzos procedentes de las cargas actuantes en la capa de rodadura.

4.3 Capa de rodadura

Capa superior del pavimento compuesta por 1 ó más carpetas de mezcla asfáltica compactada y que resiste los esfuerzos cortantes y tangenciales, transmitiendo en forma directa las cargas impuestas por el tráfico.

5 Tipos de tráfico

El tipo de tráfico o la clasificación del tránsito se realiza en función de la determinación del número de ejes equivalentes a 100 kN que se prevé para el carril de diseño, durante el período de diseño, véase tabla 1 .

Tabla 1 — Tráfico de diseño (según NC 334)

SIMBOLO	TIPO	CATEGORIA	Número de ejes acumulados (ΣN)
<i>T11</i>	Pesado	<i>Muy pesado</i>	$\geq 2,0 \times 10^6$
<i>T12</i>		<i>Pesado</i>	$1,0 \times 10^6 - 2,0 \times 10^6$
<i>T23</i>	Medio	<i>Medio pesado</i>	$5,1 \times 10^5 - 1,0 \times 10^6$
<i>T24</i>		<i>Medio</i>	$2,6 \times 10^5 - 5,1 \times 10^5$
<i>T25</i>		<i>Medio ligero</i>	$1,3 \times 10^5 - 2,6 \times 10^5$
<i>T36</i>	Ligero	<i>Ligero</i>	$6,4 \times 10^4 - 1,3 \times 10^5$
<i>T37</i>		<i>Muy ligero</i>	$\leq 6,4 \times 10^4$
NOTA. Un eje de 100 kN (10 t) equivale a 2,35 ejes simples de 82 kN (8,2 t)			

6 Clasificación del HAC

El HAC se podrá clasificar según el lugar que ocupa dentro de la capa de rodadura de un pavimento flexible, semi-rígido o rígido (base de suelo – cemento, solución negro sobre blanco, etc.), según el procedimiento constructivo empleado, en base a su composición y estructura granulométrica y en cuanto al % de vacíos de la mezcla compactada.

6.1 Según el lugar que ocupa en el pavimento

En el caso de una capa de rodadura típica tenemos:

6.1.1 Carpeta inferior

Mezcla de HAC que constituye la primera carpeta que se coloca a continuación de la capa de base del pavimento y que generalmente es una mezcla gruesa y de tamaño máximo elevado

6.1.2 Carpeta intermedia

Es una mezcla de unión o enlace y puede estar constituida por una o más carpetas entre la primera colocada sobre la capa de base y la última o de superficie, en muchas ocasiones cumple objetivos de nivelación y se acostumbra a emplear las mezclas de tipo semi – denso.

6.1.3 Carpeta superficial

Es la mezcla con la que termina el espesor de HAC y proyectada para el rodamiento vehicular, se denominan capa de desgaste y se emplean las mezclas de tipo denso.

6.2 Según el tipo de HAC

Mezcla densa (D). Aquella cuyo % de vacíos es igual o mayor de 3 y menor de 5.

Mezcla Semi – Densa (SD). Aquella con % de vacíos mayor o igual a 5 y menor de 8.

Mezcla Poco – Densa (PD). Presenta % de vacíos igual o mayor de 8% y menor de 13%.

Mezcla Abierta (A). Presenta vacíos superior al 13%.

Mezcla Permeable (P). Presenta vacíos entre el 20% y 30%.

NOTA: En el tipo de mezclas abiertas y permeables el Método Marshall es sólo un indicativo para estimar el contenido óptimo de asfalto y elaborar probetas para definirlo posteriormente a partir de otros ensayos de diseño específicos como el CANTABRO.

7 Especificaciones de calidad de la materia prima

7.1 Agregados pétreos

7.1.1 Árido grueso

Es el conjunto de áridos que queda retenido en el tamiz # 4. Procederán del machaqueo, trituración y clasificación de piedra de cantera o de grava natural, se aproximarán a la forma cúbica, tendrán aristas definidas y superficie rugosa, estarán limpios, poseerán adecuada afinidad con el asfalto, serán resistentes, de uniformidad razonable y estarán exentos de arcilla u otras materias extrañas.

En el caso de áridos redondeados que se sometan a un proceso de trituración, se exige que aquellos retenidos en el tamiz #4 tendrán al menos el 75% en peso con (2) o más caras de fractura.

7.1.2 Árido fino

Es el conjunto de áridos que pasan el tamiz # 4. Serán arenas procedentes del machaqueo (polvo de piedra) o una mezcla de ésta con arena natural; el proyecto de mezcla definirá el % máximo de arena natural a emplear en la mezcla, serán granos limpios, sólidos resistentes, de uniformidad razonable, exentos de arcilla y de materias extrañas o nocivas.

El árido fino que procederá de machaqueo se obtendrá de materiales cuyo valor de desgaste cumpla con las condiciones exigidas al árido grueso.

7.1.3 Relleno o Polvo Mineral (Filler)

Material que pasa el tamiz # 200. El Filler de aportación se compondrá de partículas muy finas de caliza dura con más del 70% de CO_3Ca , cemento Portland, cal apagada, polvo fino de escorias, cenizas volantes de naturaleza adecuada (producto de quemar carbón pulverizado o puzolana Artificial) u otro material mineral aprobado de naturaleza no plástica.

Tabla 2 — Requerimientos granulométricos de los áridos para HAC,(ver ASTM D 448)

	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#50	#100	#200
1 1/2 - 3/4 (37,5 - 19 mm)	100	90-100	20 - 25	0 - 15	-	0 - 5						
1 1/2 - #4 (37,5 - 4,75 mm)	100	95-100	-	35 - 70	-	10-30	0 - 5					
1 - 1/2 (25 - 12,5 mm)		100	90-100	20-55	0 - 10	0 - 5						
1 - 3/8 (25 - 9,5 mm)		100	90-100	40-85	10 - 40	0 - 15	0 - 5					
1 - #4 (25 - 4,75 mm)		100	95-100	-	25- 60	-	0 - 10	0 - 5				
3/4 - 3/8 (19 - 9,5 mm)			100	90-100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	-				
3/4 - #4 19 - 4,75 mm)			100	90-100	-	20-55	0 - 10	0 - 5				
3/4 - #8 (19 - 2,36 mm)			100	90-100	-	30-65	5 - 25	0-10	0 - 5			
1/2 - #4 (12,5 - 4,75 mm)				100	90-100	40-70	0 - 15	0 - 5	-			
1/2 - #8 (12,5 - 2,36 mm)				100	90-100	40-75	5 - 25	0-10	0 - 5			
3/8 - #8 (9,5 - 2,36 mm)					100	85-100	10-30	0-10	0 - 5			
3/8 - #16 (9,5 - 1,18 mm)					100	90-100	20-55	5-30	0 - 10	0 - 5		
#4 - #16 (4,75 - 1,18 mm)						100	85-100	10-40	0 - 10	0 - 5		
#4 - #200 (4,75 - 0,074 mm)						100	85-100	-	-	-	10-30	5-20

Nota: En la tabla anterior no aparecen los requerimientos granulométricos mayores de 1 1/2" hasta 3 1/2", por no estar establecido en el país el Método de Ensayo Marshall para tamaño máximo mayor 25,4 mm (1")

7.1.4 Exigencias para la granulometría del Filler

Para las exigencias de la granulometría, véase ASTM D 242, tabla 3

Tabla 3 — Granulometría del Filler

TAMIZ	% PASADO
# 30	100
# 50	95 – 100
# 200	70 – 100

La parte del “filler mineral” que pasa por el tamiz # 200 se considera “Polvo Mineral”. A los efectos del proyecto o del diseño se llama “**filler**” indistintamente al material que pasa el tamiz # 200.

Más del 50% de la parte del filler que pasa por vía húmeda a través del tamiz # 200 pasará por ese tamiz por vía seca. En el caso de vías de tráfico pesado, en aeropuertos y en mezclas permeables, se analizará técnicamente y se valorará económicamente la utilización de filler de aportación para la elaboración de capas de HAC de rodadura.

7.1.5 Requisitos de calidad de los áridos combinados

Por el lugar que ocupan en el pavimento y tipo de tráfico, cumplirán lo especificado en la Tabla 4

Tabla4 — Requisitos de calidad de los áridos combinados

HAC Rodadura	NC	T-36:T37 Ligero	T-23: T24:T25 Medio	T-11:T-12: Pes.y Muy Pes.
Indice de trituración (% máx)	NC 190	25	20	15
Los Angeles. (*) (% máx.)	NC 188	35	30	25
(Planas y alarg. (4:1) (% máx.)	NC 189	20	15	10
Absorción de agua. (%)	NC 187	0,8-1.5	0,8-1.5	0,8-1.5
Equivalente de Arena. (% min)	-	45	50	55
Plasticidad del Fino. (General)	NC 58	----IP menor de	4 y LL menor de	25 ----
Entumecimiento HAC. (% máx.)	-	2	1,5	1
Terrones de arcilla. (%)	NC 179	0	0	0
HAC Intermedio	NC	T-36:T37 Ligero	T-23: T24:T25 Medio	T-11:T-12: Pes.y Muy Pes.
Los Ángeles (*) (% máx.)	NC 188	40	35	20
Planas y Alarg.(4:1) (% máx.)	NC 189	20	15	15
Absorción de Agua. (%)	NC 187	0,8-2,0	0,8-2,0	0,8-2,0
Equivalente de arena. (% min.)	-	40	45	50
Plasticidad del Fino (General)	NC 58	----IP menor de	6 y LL menor de	25 ----
Entumecimiento HAC. (% máx.)	-	2	1,5	1
Terrones de arcilla. (%)	NC 179	0	0	0
HAC Inferior	NC	T-36:T37 Ligero	T-23: T24:T25 Medio	T-11:T-12: Pes.y Muy Pes.
Los Angeles (% Máx)		NC 188		40
Planas y Alarg. (4:1) (% máx.)		NC 189		20
Absorción. (%)		NC 187		0,8-2,5
Equivalente de arena. (% min.)		-		40
Terrones de arcilla. (%)		NC 179		0
		50		
		20		
		0,8-2,5		
		40		
		0		
		40		
		20		
		0,8-2,5		
		40		
		0		

NOTA: La densidad aparente de los áridos será mayor de 2,60 g/cm³ en capas de rodadura y de 2,50 g/cm³ en el resto de las capas. (*)En caso de fracciones individuales este % podrá aumentarse en 5 %. Áridos con absorción menor a 0,8 % serán objeto de evaluación en el laboratorio

7.1.6 Requisitos de Compacidad

Los valores mínimos de vacíos para capas de superficie y de unión recomendados en el agregado mineral serán los que se señalan en la tabla 5 y 6 .

Tabla 5

Tamaño Máximo	% Vacíos
1 1/2"	12
1"	13
3/4"	14
1/2"	15
3/8"	16
1/4"	17
# 4	18

Tabla 6

Tipos de Mezclas	% Vacíos
Abiertas	16 – 20
Poco Densas	15 – 18
Semi-densas	14 – 16
Densas	13 - 15

Vacíos en el agregado mineral (VAM) según la razón de curvatura R.

$$\frac{X1}{X2}$$

donde : X1=(% pasado Tm # 4) – (% pasado Tm # 8)
 X2=(% pasado Tm # 8) – (% pasado Tm # 16)

R	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
% VAM	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20

7.2 Ligante Asfáltico

Según las exigencias climáticas, de tráfico, de proyecto y/o topográficas se podrán emplear los betunes 40/50, 60/70 y el 50/70 de producción nacional, los cuales deben cumplir con los siguientes aspectos, véase tabla 7 .

- No producirán espuma calentados a 100 °C.
- El contenido en peso de parafina no excederá el 2 %.

Tabla 7 — Parámetros de control de calidad del ligante

Parámetro	Unidad	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Penetración	mm/10	40	50	50	70	60	70
Ductilidad	cm	100	-	100	-	100	-
Pto. Ablandamiento	°C	52	60	51	58	50	58
Pto. Inflamación	°C	230	-	230	-	230	-
Peso específico	g/cm ³	1	-	1	-	1	-
Solubilidad en tricloroetilno	%	99,5	-	99,5	-	99,5	-
Índice de penetración	-	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Pérdida x calentamiento en película delgada	%	-	0,5	-	0,5	-	0,5
Penetración retenida	%	75	-	75	-	70	-
Incremento Pto. de ablandamiento A/B	°C	-	8	-	10	-	10

NOTA 1: Podrá mejorarse el ligante elegido mediante la adición de activantes como caucho, asfalto natural o cualquier modificador sancionado por la investigación y la experiencia. La dosificación y homogeneización de la adición será requisito indispensable y se basará en los resultados de ensayos previamente realizados.

NOTA 2: Para cementos asfálticos obtenidos por soplado con penetración hasta 85, la ductilidad mínima podrá ser el valor máximo del rango de penetración.

7.3 Relación Filler – Asfalto en las mezclas

El contenido de ligante estará limitado por los criterios de la relación Filler/Asfalto, los cuales deberán satisfacer la relación de 1,0 a 1,2, sin embargo el límite superior podrá extenderse según los resultados obtenidos en el diseño hasta 1,5.

7.4 Criterios de afinidad asfalto – áridos

Para carpetas y bases asfálticas se cumplirá con los siguientes requerimientos.

Desprendimiento por fricción	Máx.	25 %
Cubrimiento con asfalto	Mín.	90 %
Pérdida de estabilidad (inmersión compresión)	Máx.	25 %

7.5 Criterios de viscosidad

Para asegurar que se cumplan las especificaciones de calidad en el HAC, tanto en el proceso productivo como en la compactación, véase Tabla 8.

Tabla 8 — Viscosidades recomendadas para el proceso de elaboración del HAC y para su colocación en obra

	Operación	Cst	SSF	Temp. Aprox. °C 60 - 70
	Bombeo	1000 – 2000	460 – 920	115 – 125
	Riego	40 – 50	18 – 23	205 – 195
P L A N T A HAC	HAC – Fino - Denso	100 – 250	46 – 115	150 – 175
	HAC – grueso – poco denso	250 – 400	115 – 185	140 – 150
	HAC – Poroso – Drenante	600 – 800	275 – 370	125 – 140
Obra	Compactación	300	140	145

NOTA: Para obtener la viscosidad cinemática de Cst a Saybolt SSF se podrá utilizar el factor = 0,458

El tipo de cemento asfáltico a emplear en dependencia de la capa de pavimento, de la función a que se espera se destine el HAC y de la categoría del tráfico, se seleccionará de acuerdo a los siguientes criterios:

- Para tráfico pesado y medio se empleará 40/50 ó 60/70 y 50/70 nac.
- Para tráfico ligero se podrá emplear 60/70.
- En pistas de aeropuertos se podrán emplear 60/70, 50/70

8 Condiciones de ejecución para el HAC

En función de las condiciones de ejecución se utilizarán las recomendaciones establecidas en la tabla 9 y 10.

Tabla 9 — Relaciones granulométricas y espesores

Espesores de mezcla compactada (cm)	Tipo de mezcla	Tamaño máx. (mm)
Menor de 4	D SD PD A P	12 ó 16
Entre 4 y 6	D SD PD A P	20
Mayor de 6	D SD PD A P	25

Tabla 10 — Tipos de H.A.C. y su utilización en la capa de rodadura

Utilización del HAC	Tipo de HAC recomendado	Posible como otra solución técnica
Capa superficial	D	SD A P
Capa intermedia	SD	D
Capa inferior	PD SD	PD
Todo el espesor	D	SD

8.1 La presencia de árido en la mezcla mayor de 1" sólo se aceptará hasta 1¼". Con la presencia de este árido se podrán hacer los controles con el Marshall y certificar la calidad si la fracción de 1¼" no pasa del 10 % del peso total de la mezcla.

8.2 Se podrá aceptar la MNT siempre y cuando el huso granulométrico para 1¼" esté comprendido entre (85- 100) y el % retenido no será mayor al 10% en el TM de 1½". Para estos casos se harán las correcciones a la densidad para el cálculo del % de vacíos según la siguiente expresión:

$$\text{Densidad ajustada} = \frac{100}{A/C + B/D} (0.995)$$

donde:

A: Material seco en exceso de 1" expresado en % del total del peso de la mezcla muestreada.

B: 100% - A

C: Densidad del material > 1"

D: Densidad actual de la probeta

0.9995: Factor de corrección

9 Especificaciones de los criterios de diseño

9.1 General

El diseño de las mezclas de HAC se ajustará según la Tabla 11

Tabla 11 — Granulometrías Recomendadas para HAC

% Pasado por cada tamiz												
Tam Máx.	Mezcla	Estruct.	38,1	25,4	19,1	12,1	9,52	4,70	2,0	0,42	0,177	0,074
38,1	1	PD	100	75-95	65-85	47-67	40-60	25-43	18-30	5-15	4-10	2-5
38,1	2	SD	100	80-95	75-88	60-75	55-70	40-55	28-42	12-22	6-14	4-8
38,1	3	A	100	65-90	55-80	30-55	23-43	10-30	5-20	-	-	2-4
25,4	4	PD	-	100	75-95	55-75	45-65	27-45	18-30	5-15	3-9	2-6
25,4	5	SD	-	100	80-95	65-80	60-75	42-57	27-42	12-21	6-13	4-8
25,4	6	A	-	100	65-90	45-70	35-60	15-35	5-20	-	-	2-4
25,4	7	D	-	100	80-95	65-80	60-75	46-61	33-46	16-26	7-15	5-8
¾	8	PD	-	-	100	75-95	62-82	30-48	18-30	5-15	4-10	2-5
¾	9	SD	-	-	100	80-95	70-85	45-60	27-42	12-21	6-13	4-8
¾	10	A	-	-	100	65-90	50-75	20-40	5-20	-	-	2-4
¾	11	D	-	-	100	80-95	71-86	48-63	32-46	15-25	9-15	5-8
12,7	12	SD	-	-	-	100	95-100	50-65	28-40	10-18	6-12	2-7
12,7	13	D	-	-	-	100	80-95	55-75	32-46	15-25	7-15	5-9
12,7	14	PD	-	-	-	100	70-90	35-55	17-30	4-14	3-10	2-5
9,52	15	D+	-	-	-	-	100	68-88	42-64	14-28	8-18	5-10
9,52	16	D	-	-	-	-	100	60-80	30-50	10-25	5-15	3-9

9.2 Mezcla Permeable. (Porous Friction Mix)

Las mezclas permeables se ajustarán a las exigencias establecidas en la Tabla 12 .

Tabla 12 — Especificaciones granulométricas (% Pasado)

Tamiz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
¾	100	100	100	-	-	-	-	-	-
½	70 – 100	75 – 100	70-100	100	100	10	100	-	-
3/8	45 – 75	60 – 90	50 – 80	95 – 100	90 – 100	80 – 100	80 – 90	100	100
#4	20 – 40	30 – 50	15 – 30	30 – 50	25 - 45	20 – 40	40 – 55	35 – 70	40 – 85
#8	5 – 20	10 – 19	10 – 19	5 – 15	5 – 17	5 – 20	10 – 19	10 – 18	5 – 10
#30	2 – 10	6 – 13	6 – 13	-	-	2 – 10	6 – 13	-	-
#200	1 – 5	3 – 6	3 – 6	1 – 5	0 – 3	1 – 5	3 – 6	0 – 4	0 – 4

- ◆ La temperatura de fabricación para el ligante será la que le confiera una viscosidad entre 700 y 900 cts.
- ◆ Permeabilidad mínima: 1×10^{-2} cm/seg.
Permeabilidad deseada: 5×10^{-2} cm/seg.
- ◆ Ensayo Cántabro – Pérdida Máxima 25%

Ensayo Cántabro – Pérdida Deseada: $\leq 20\%$

- ◆ La dosificación mínima de ligante no ha de ser inferior a 3 % en capas de unión o intermedias y del 4% en capas de rodadura.
- ◆ Se recomienda un contenido de Filler de 3 % como mínimo y de 6 % como máximo.
- ◆ En caso de utilizar fibras no excederán al 0,3 % del contenido de ligante.
- ◆ Se empleará betún asfáltico puro 60/70, las condiciones de adhesividad se pueden mejorar utilizando aditivo

9.2.1 El contenido de ligante asfáltico será aproximadamente el que se muestra en la Tabla 13

Tabla13 — Contenido de asfalto según estructura y absorción de los áridos

Estructura	% Asf.
Denso	4 – 6
Semidenso	3,5 – 5,5
Poco denso	3 – 5
Abierto	3 – 4,5
Permeable	3 – 4

9.3 Método Marshall

Las mezclas que se diseñan por este método, cumplirán lo establecido en la Tabla 14.

Tabla 14 — Especificaciones a cumplir por las mezclas asfálticas diseñadas por el Método Marshall

Características	Unidad	Tráfico					
		T11:T12		T23:T24:T25		T36:T37	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Estabilidad	Kq	800	1300	700	1250	500	1200
Fluencia	mm	2,0	3,5	2,0	4,0	2,0	4,0
Vacios en la mezcla							
Rodadura densa		4 (•)	6	3	5	3	5
Intermedia. Unión, Nivelación.		5	8	4	8	5	8
Base gruesa	%	8	13	8	13	8	13
Abierta(ς)		13	20	13	20	13	20
Permeable(ς)		20	30	20	30	20	30
VAM Compacidad	%	Según 7.1.6					
Pérdida por desgaste o Cántabro (Mezclas Abiertas y Permeables)	% máx.	25%	-	25%	-	25%	-
Energía de Compactación	Golpes/Cara	75	-	60	75	50	60

NOTA: (•) Considera este % de vacíos, una reducción futura por el efecto de sobre compactación del tráfico.
(ς) No se evalúa estabilidad y deformación por el Método Marshall en las mezclas abiertas y/o permeables.

9.3.1 La ejecución de HAC queda condicionada al cumplimiento de los siguientes pasos:

- Proyecto de mezcla que satisfaga los criterios de diseño,
- Determinación de la F.T. y sus tolerancias.
- Evaluación de la M.N.T. según el control de calidad.

9.3.2 Para los diseños de viales de 1er. orden los resultados del Método Marshall serán comprobados por el ensayo en Pista y por solicitud de Proyectista o Inversionista para otros casos.

9.4 Tolerancias de la F.T.

La mezcla de trabajo que se controlará a partir de un plan de muestreo en planta según NC 54-194, cumplirá con el huso obtenido de graficar la (FT) \pm las tolerancias establecidas en la Tabla 15 .

Tabla 15

Tamiz	Tolerancia
Material retenido en 3/8	$\pm 7\%$
Material pasado en 3/8 y retenido en 4	$\pm 5\%$
Material que pasa el 8, 16, 30 y 40	$\pm 4\%$
Material que pasa el 80 y el 100	$\pm 2\%$
Material que pasa el 200	$\pm 1\%$
Asfalto	$\pm 0,3\%$
Temperatura mezcla	$\pm 7^{\circ}\text{C}$
Temperatura árido/asfalto	$\pm 10^{\circ}\text{C}$

9.5 Condiciones a exigir en la obra

La temperatura con la que se ha de iniciar el cilindrado será determinada a priori y además estará señalada en el Plan de Pavimentación la misma no variará en más de -5°C

Las densidades a lograr en la mezcla para asegurar la calidad serán del orden del 97% de la MNT como mínimo.

10 Método de producción

Las cantidades en peso o volumen, de cada fracción de árido y el cemento asfáltico se determinarán con anterioridad a las operaciones de mezclado, obtenidas de los trabajos de calibración y de la determinación de la fórmula de trabajo, la unión de los áridos y el cemento asfáltico se hará en caliente y su mezclado se realizará de modo que se obtenga un producto homogéneo que cumpla las especificaciones de calidad establecidas.

10.1 En ningún caso se introducirá en el mezclador árido a una temperatura superior a la del ligante en más de 10°C . Todo el árido a la salida del secador estará totalmente seco.

La temperatura del cemento asfáltico será la indicada en la fórmula de trabajo en función de la viscosidad adecuada del ligante para obtener una buena envuelta. A partir de ésta se define la temperatura máxima de secado que tendrán los áridos, con la cual se asegurará la sequedad de los mismos.

10.2 El HAC en el momento de la entrega ha de tener una temperatura de 140°C - 170°C . La misma se tomará sobre el camión al salir de la planta o en el mezclador y antes de descargar en la pavimentadora.

10.3 El HAC producido ha de cumplir las especificaciones que se establecen para el tipo de mezcla que se trate y estar certificado por su productor.

10.4 La mezcla cargada sobre camión en la instalación productora se examinará antes de salir para evitar en caso obvio reclamaciones o transportaciones inútiles. De igual forma en el tramo deberá ser aceptada antes de su descarga a la tolva de la extendedora.

11 Condiciones de entrega

El productor entregará al consumidor un certificado de concordancia una vez que se hayan determinado todas las características del HAC a partir de la primera muestra ensayada.

Este certificado debe contener como mínimo la siguiente información:

- Empresa productora.
- No. de la Planta.
- Lugar de destino.
- Tamaño máximo del árido y espesor compactado en cm.
- Tipo de HAC.
- Código del Proyecto y fórmula de trabajo empleada.
- Temperatura del HAC sobre camión al salir de la planta o en mezclador.
- Referencia de la presente norma.

12 Inspección de aceptación

De ser solicitado por el cliente, se adjuntarán los resultados de los ensayos de control correspondiente a la muestra que ampara el lote suministrado.

12.1 Método de inspección

La inspección de los índices de calidad se hará por variable, aplicando el plan de muestreo más restrictivo entre los 2 siguientes:

- Cada 2 horas de producción.

12.2 Orden de los ensayos

12.2.1 Determinación del contenido de asfalto, según la NC XX Carreteras. Mezclas asfálticas. Contenido de asfalto por extracción (en proceso de edición)

12.2.2 Determinación de la composición granulométrica, según la NC 178

12.2.3 Determinación de la densidad aparente, según la NC XX: XX Determinación del contenido óptimo de asfalto empleando el equipo marshall (en proceso edición)

12.2.4 Determinación de la estabilidad Marshall y deformación, según la NC XX: XX Determinación del contenido óptimo de asfalto empleando el equipo marshall (en proceso edición)

12.2.5 Cálculo de % de vacíos del HAC, según la NC XX: XX Determinación del contenido óptimo de asfalto empleando el equipo marshall (en proceso edición)

12.2.6 Cálculos de vacíos rellenos con asfalto, según la NC 261

12.2.7 Determinación de los % de pérdida, según la NC 261

12.3 Sobre el ensayo de Probetas Marshall

Los ensayos básicos de control en la Planta como aseguramiento de la calidad de la mezcla serán dos:

12.3.1 Determinación de l contenido de ligante

Opciones:

- ◆ Método de reflujo. Se utilizará en Plantas de poca capacidad < 60 t/h.
- ◆ Extracción en la centrifuga. Se utilizará el Tricloroetileno como solvente en plantas de capacidades entre : (60 < capacidad. < 150 t/h).
- ◆ Determinación nuclear: En plantas de gran capacidad horaria: (Capacidad. > 150 t/h).

12.3.2 Análisis granulométrico de los áridos recuperados y/o de muestras de granulometrías en blanco

La elaboración de probetas se hará como elemento comprobatorio de la calidad y podrán existir dos casos:

- a) La Planta posee Prensa Marshall.
- b) La Planta no posee Prensa Marshall y ensaya las probetas en otro laboratorio al que se le contrata este servicio.

Como las características físicas de la mezcla varían con la edad es conveniente conocer en el instante del diseño de mezclas quién y cómo se realizará este control, para elaborar en ese momento 2 series de probetas.

Una serie se ensaya a las 24 horas de forma normal según establece el método de diseño y la otra se ensayará:

- a) Inmediatamente, una vez enfriadas registrando el tiempo (n horas) para ensayar y determinando su densidad. Este procedimiento corresponderá a la planta con Prensa Marshall, la cual podrá ensayar las probetas inmediatamente.
- b) A un tiempo de ensayo fijo y acordado con el laboratorio de control y que deberá respetarse; éste se acordará en función de la distancia, facilidad de transportación, etc., pero que no deberá exceder de 5 días.

La diferencia encontrada entre los resultados de a y b con el correspondiente a 24 horas permitirá calcular los factores de corrección adecuados en cada caso y tipo de mezcla.

13 Métodos de Ensayo

13.1 Los métodos de ensayos se efectuarán según establecen las normas,

- a) NC 261
- b) NC 413
- c) NC 178

14 Transportación

La transportación se hará en camiones de volteo que cumplan los requisitos siguientes:

14.1 La tapa de cierre debe impedir la fuga del material durante la carga y transportación.

14.2 En el momento de la carga la cama del camión debe estar completamente limpia e impregnada con un material aislante que impida la adherencia del HAC a la misma.

14.3 El camión ha de salir de la planta con la carga protegida por un encerado y otro medio de protección que impida la pérdida de temperatura y proteja al HAC de la lluvia así como otro tipo de contaminación.

15 Control de la Calidad

- La certificación de la producción del hormigón asfáltico caliente se fundamentará en el estricto cumplimiento de la fórmula de trabajo que para un proyecto de mezcla específico y/o especificación granulométrica debe poseer el laboratorio de la planta, se ensayará la granulometría mediante la previa eliminación del ligante de una muestra de mezcla asfáltica, mediante la determinación directa con técnica nuclear o ensayando una mezcla en blanco cuya muestra es tomada antes de llegar al mezclador.
- La granulometría y el % de ligante cumplirán con los % ó tolerancias señaladas en 9.4 (Tabla 15)
- La temperatura de mezclado se definirá de la carta Viscosidad - Temperatura o en su defecto se emplearán las recomendaciones calóricas que aparecen en el anexo B.
- El control de secado de los áridos a la salida del secador.

Una vez asegurado el requisito de control de la fórmula de trabajo se elaborarán como complemento las probetas que se indican en el sistema de calidad vigente o acordado con el cliente, comprobando se cumple con lo especificado en la tabla 11, tabla 12 y tabla 14, y ensayadas como se señala en 12.3.

Anexo A
(informativo)

Determinación del Índice de Penetración

Generalidades:

Las fórmulas y nomogramas contenidos en este anexo están basados en el criterio práctico de que la penetración de los asfaltos a la temperatura de reblandamiento (Anillo y Bola) es aproximadamente igual a 800. De tenerse información calificada de que este valor es diferente, el mismo puede ser sustituido.

La pendiente de la recta que relaciona la viscosidad con la temperatura, en escala algorítmica, es un indicador de la susceptibilidad térmica del asfalto y es una constante para un tipo de asfalto.

Fórmulas:

Para calcular el índice de penetración se requiere determinar primeramente el valor de la susceptibilidad térmica del asfalto mediante la fórmula (1).

$$A = \frac{\log 800 - \log p}{T_{ab} - T} \quad (1)$$

en la que:

A = Susceptibilidad logarítmica de la penetración a la temperatura.

P = Penetración del asfalto a la temperatura T.

T = Temperatura a la que se determinó la penetración del asfalto considerado.

Tab = Temperatura de reblandecimiento anillo y bola, en C.

El índice de penetración se deriva de la expresión:

$$A = \frac{20 - I.P.}{10 + I.P.} \cdot \frac{1}{50} \quad (2)$$

por lo que el índice de penetración se calcula por la fórmula (3).

$$I.P = \frac{20 - 500A}{1 + 50A} \quad (3)$$

donde:

I.P = Índice de penetración

El valor obtenido se aproxima a la décima.

El índice de penetración puede ser obtenido directamente del nomograma de la fig. A.1, referido a la penetración del asfalto a 25 c, 100 g, 5 s.

NOTA: En el caso de mezclas expuestas a régimen climático severo (condición cálida) el índice deberá estar entre -0,5 y 0. En ningún momento se recomienda emplear asfalto con I.P. menores de -0,5.

Anexo B
(informativo)

Importancia de conocer la viscosidad del ligante

El conocimiento de los valores de viscosidad en los asfaltos serán los criterios para la selección de la temperatura de calentamiento del asfalto para el mezclado y otras operaciones.

La temperatura de calentamiento del asfalto durante el proceso de fabricación de la mezcla está condicionado por dos factores:

- a) La temperatura más apropiada para conseguir una envuelta perfecta de los áridos por el ligante.
- b) La temperatura más adecuada para conseguir una buena extensión y compactación en obra.

La temperatura más adecuada para la envuelta depende de:

1. Tipo y consistencia del ligante.
2. Tipo de mezcla.
3. Característica de la instalación.

La temperatura más adecuada para la puesta en obra depende de:

- (a) Tipo y consistencia del ligante.
- (b) Tipo de mezcla.
- (c) Condiciones climatológicas, en especial temperatura y viento.
- (d) Distancia de tiro.
- (e) Tipo de compactador.

De acuerdo con estos criterios las temperaturas de calentamiento que se aconsejan son las siguientes:

En general todas las mezclas que tengan menos del 10% de huecos.

Temperatura de envuelta	C.A. 40/50	C.A. 60/70	C.A. 85/100
Ligante	160 – 170 °C	150 – 160 °C	140 – 150 °C
Áridos	150 – 165 °C	140 – 150 °C	135 – 150 °C
Calentamiento máximo (áridos)	180 °C	175 °C	165 °C

En general, en mezclas abiertas con más del 10% de huecos:

Temperatura de envuelta	C.A. 40/50	C.A. 60/70	C.A. 85/100
Ligante	130– 140 °C	120 – 130 °C	115 – 125 °C
Aridos	130 – 140 °C	120 – 130 °C	115 – 125 °C
Calentamiento máximo (áridos)*	145 °C	135 °C	130 °C

* A estas temperaturas los áridos deberán estar secos.

Las viscosidades más altas del rango señalado son normalmente más adecuadas para mezclas con áridos gruesos, y las más bajas para mezclas con áridos finos.

Deberá disponerse de las correspondientes cartas de viscosidad – temperatura de los asfaltos para precisar con más efectividad la temperatura que corresponde a cada actividad específica.

Bibliografía

EU, ASTM D692: 1979 Coarse Aggregate for Bituminous Paving Mixtures.

EU, ASTM D3515-79 Hot – Mixed, Hot – Laid Bituminous Paving Mixtures.

URSS, Gost 9128:1984 Mezclas asfálticas para carreteras y aeropuertos y hormigón asfáltico (URSS).

BS 594:1973 Specification for Rolled Asphalt. (Hot Process) for Roads and other Paved áreas (Gran Bretaña).

MOPU, Order Circular 399/89 T. Recomendaciones sobre Mezclas Asfálticas Bituminosas en caliente. España, 1989.

Muñoz Cebrian, J.M. Mezclas Bituminosas en caliente. Tipos. Problemas y criterios que plantea su proyecto y dosificación. CEDEX. España.

Barber – Greene. Bituminous Construction Handbook. USA. 1976.

Bomag. Aspects of Flexible Road Design and Construction. RFA. 1983.

McLeod, N.W. Relationships Between Density, Bitumen Content and Voids Properties of Compacted Bituminous Paving Mixtures. Proceeding, H.R.B. Vol. 135, 1956.

McLeod, N.W. Selecting the Aggregate Specific Gravity for Bituminous Paving Mixtures, Proceeding, H.R.B. Vol 36, 1957.

Borrero García, F., Exigencia a los áridos para mezclas asfálticas. Informe final tema 32.13. CTDMC, Marzo 1985.

Díaz González, J.V., Criterios sobre granulometría de las mezclas bituminosas. Mezclas bituminosas en frío. Mezclas bituminosas en caliente. Madrid, 1976.

M. M. Livneh B., Sc., M. Sc., DSc Asphalt Mix Design for Hot Climate Regions.