



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Análisis comparativo entre las especificaciones técnicas de mezclas densas para pavimentos de carreteras colombianas y brasileras.

Leidy Alejandra León Ordoñez, Universidad Católica de Colombia, Programa de Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

Jaime Alberto Gracia Clavijo, Universidad Católica de Colombia, Programa de Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

RESUMEN (ESPAÑOL E INGLÉS)

El presente trabajo tiene como finalidad identificar las principales características de las mezclas asfálticas utilizadas en Colombia frente a las adoptadas en la normativa brasilera, las fuentes de información principal son los documentos del Instituto Nacional de Vías INVIAS para Colombia y el Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes DNIT de Brasil. Esto con el fin de evaluar la mejor condición frente a normatividad vigente en cuanto a calidad y exigencia de especificaciones de materiales, procedimientos de diseño y ensayos.

The present work is to identify the main characteristics of the asphalt mixtures used in Colombia against those specified in the Brazilian regulations, the main source of information is the documents of the National Institute of INVIAS Roads for Colombia and the National Department of Transportation Infrastructure DNIT from Brazil. This in order to evaluate the best condition against current regulations regarding quality and requirement of material specifications, design procedures and tests.

Palabras Clave: MCD-19, CBUQ, INVIAS, DNIT.

INTRODUCCIÓN

El cumplimiento de la normatividad vigente en un proyecto es clave para medir la eficiencia y eficacia de esta misma en cuanto a sus procedimientos y principios de construcción, aún más cuando el crecimiento del sector en este caso el de Infraestructura Vial puede aportar a un país debido a que rige en todo el estado. Los métodos empíricos han sido base y lineamientos esenciales para la solución de problemas y en este caso se pretende evaluar la normativa brasilera en cuanto a mezclas asfálticas que permita identificar ventajas para aplicación de procedimiento en Colombia.

Para el trabajo se requirió del estudio en cuanto a pavimentos flexibles reduciendo su comparación en las mezclas asfálticas y sus componentes, tales como agregado grueso, agregado fino, bitumen y fillet o llenante mineral. Una vez realizado el

estudio y comparación de estos componentes es preciso deducir el proceso de fabricación como su diseño de mezcla, tanto procedimiento hasta llegar a la instalación del producto final. Al ser países con clima semejante se podría inferir que las normas y procedimientos para la fabricación, diseño e instalación del asfalto podrían compartir mismos métodos, pero es necesario realizar la evaluación pertinente identificando cada criterio.

- Objetivo general:

Identificar la normatividad vigente de Colombia y Brasil en cuanto a mezclas asfálticas comparando sus principales procesos y características.

Objetivos específicos:

- Realizar un cuadro comparativo relacionando las especificaciones por ítems y procedimientos.
- Estudiar las normas técnicas de los dos países en cuanto a calidad y exigencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima:

Las entidades encargadas de regular todo lo referente a la infraestructura vial de las naciones son las normas y especificaciones del Instituto Nacional de Vías INVIAS en Colombia, y para el caso de Brasil rigen las normas del Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes DNIT, tienen como objetivo principal la obtención de metodologías que guían a los constructores e interventores a llevar a cabo los proyectos.

Para la obtención de propiedades físicas y reológicas de los asfaltos, así como para diseño y caracterización de mezclas asfálticas, se han elaborado estas principales normativas vigentes de información pública para su revisión, de las cuales se definen: Materiales para utilizar, pruebas de control de calidad, medida y pago, descripción de procesos de construcción, procedimientos de muestreo, ensayos de laboratorio.

DNIT DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE		INVIAS Instituto Nacional de Vías	
Normas y Manuales		Especificaciones y Normas	
NORMA DNIT 031/2006 - ES	Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço	Artículo 450 - 13	Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto Asfáltico)
DNER-ME 043/95	MISTURAS BETUMINOSAS A QUENTE - ENSAIO MARSHALL	INV E - 748 - 13	Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el equipo Marshall

Tabla N° 1. Normatividad de mezclas asfálticas en Brasil y Colombia.

Metodología de investigación:

Los métodos de investigación son el proceso que se debe realizar para lograr un fin, los métodos implican deducciones, análisis, pensamiento y conocimiento. Para realizar la presente investigación se realizó bajo el método deductivo indirecto, que se basa en la comparación de investigaciones para obtener una conclusión, generalmente se realiza una investigación del tema general y luego se realiza la pesquisa de dos particulares. [1]

Para realizar la comparación de las mezclas asfálticas en caliente de Colombia y Brasil, se efectuó una investigación general de mezclas asfálticas en lo que constituyen las pruebas de laboratorio y las generalidades de cada componente de las mezclas. Luego se realizó una investigación a partir de la normatividad vigente en cada país para determinar las similitudes y diferencias, con ello se procedió a concluir cual norma es más exigente respecto a la otra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los documentos base que constituyen procedimientos, exigencias y normas para evaluar la construcción de una obra vial son las especificaciones técnicas de construcción de carreteras en pavimento asfáltico, para el caso de Colombia rigen las normas y especificaciones del Instituto Nacional de Vías INVIAS, y para el caso de Brasil rigen las normas del Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes DNIT; estas especificaciones determinan los requerimientos y rangos de características; tales como: El tamaño, limpieza, dureza, límites, resistencia de los materiales gruesos y finos; entre otros.

Las anteriores características se evalúan para determinar si un material cumple con los requisitos normativos para cada capa. Las dos normatividades tienen una definición similar del pavimento asfáltico, constituido por 4 capas, Subrasante, Subbase, Base y la capa de rodadura; tal como se evidencia a continuación:



Figura 1. Estructura pavimento Flexible. Fuente: Alelí Osorio, 2008. Imagen tomada de: <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1435/507154.pdf>

La evaluación del tránsito es uno de los aspectos a estudiar para el diseño de pavimentos, de esta manera se puede determinar las cargas que debe soportar la carpeta asfáltica y que debe transmitir a las demás capas subyacentes sin que presenten una deformación antes del periodo al cual fue diseñado. [2]

Los cementos asfálticos son productos bituminosos que se preparan con hidrocarburos, por medio de procesos de destilación y se clasifican según su penetración; la clasificación en Colombia es: CA 40-50, CA 60-70 y CA 80-100, y en Brasil se clasifican: CAP 30-45, CAP 50-70 y CAP 85-100.

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de vías y aeropuertos, las mezclas se clasifican según su granulometría, temperatura, vacíos y por la estructura del agregado; por lo tanto, existen diferentes tipos de mezclas. [3] Es alcance de esta investigación comparar la Mezcla Densa en Caliente (MCD-19) la cual es la más utilizada en Colombia respecto a la Mezcla Concreto Bituminoso Mecanizado en Caliente (CBUQ) de la normatividad brasilera.

Los ensayos utilizados para caracterizar las mezclas son el ensayo Marshall y el ensayo de tracción; el ensayo Marshall tiene como objetivo definir los valores de estabilidad y deformación en las mezclas asfálticas en caliente, caracteriza su composición física y el porcentaje de asfalto; y el ensayo de tracción determina las propiedades mecánicas tales como resistencia y deformación. Estos ensayos permiten evaluar las mezclas determinando si serán aceptadas o rechazadas según las especificaciones.

Para comparar las características y requisitos de las Mezclas densas en Caliente de Brasil y Colombia se realizó un cuadro comparativo (Tabla N°2), donde se evidencian los requisitos que deben cumplir las mezclas en cada caso.

MATRIZ COMPARATIVA ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ASFALTOS Y MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS DE CARRETERAS COLOMBIANAS Y BRASILERAS.	
COLOMBIA	BRASIL
GENERALIDADES	
No se permite la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, o cuando la temperatura ambiente y la del pavimento sean inferiores a 5° C	A temperatura ambiente menor de 10°C no se permite fabricar, transportar o aplicar el asfalto.
Se entrega una caracterización del material correspondiente a la fecha de fabricación o el día de carga para el transporte al lugar de trabajo	
MATERIALES	
CEMENTO ASFÁLTICO	
Existen 3 tipos de asfalto: 40-50, 60-70 u 80-100.	Emplean 3 tipos de cemento asfaltico CAP 30/45 CAP 50/70 y CAP 85/100
AGREGADO GRUESO	
Deberá proceder de la trituración y clasificación de roca y/o grava; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables.	Puede ser piedra triturada, escoria, preferiblemente piedra triturada laminada.
El desgaste de la máquina de los ángeles es del 25%	Para realizar el ensayo de desgaste en la máquina de los ángeles solo se permite que sea menor o igual a 50%.
La durabilidad debe ser inferior al 18%.	Durabilidad perdida inferior al 12%
El coeficiente de pulimiento debe ser mínimo del 0.45	El índice de forma debe ser mayor que 0,5

Tabla 2. Comparaciones características de las mezclas densas en Brasil y Colombia

Nota: Las características de las mezclas densas en Colombia corresponden a una mezcla MCD-19 con un tráfico NT3 y las mezclas densas de Brasil corresponden a una Mezcla CBUQ

MATRIZ COMPARATIVA ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ASFALTOS Y MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS DE CARRETERAS COLOMBIANAS Y BRASILERAS.	
COLOMBIA	BRASIL
AGREGADO FINO	
Está constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción máxima de arena natural en el agregado es del 50%.	Puede ser arena, polvo de roca o mezclas de ambos, sus partículas deben ser resistentes libres de terrones de arcilla y libres de sustancias nocivas.
Equivalente de Arena: 50	Equivalente de arena del 55% o mas
LLENANTE MINERAL	
Como llenante mineral usualmente son utilizados la cal hidratada y el cemento hidráulico, es claro aclarar que, el material puede provenir de gradados pétreos o de productos comerciales.	Aplicación en seco y libre de terrones, debe consistir en materiales minerales finamente dividido, como cemento portland, cal, piedra caliza o cenizas volantes.
MEZCLA	
Granulometría para una capa de rodadura: Empieza en el Tamiz 3/4" y termina con el tamiz N° 200, la diferencia de las dos normatividades es el porcentaje que pasa en cada tamiz, se puede apreciar la diferencia en las tablas N° 3 y N° 4	
Porcentaje de vacíos: 4 a 6	Porcentaje de vacíos: 3 a 5
Relación vacíos llenos de asfalto: 65 a 75	Relación vacíos llenos de asfalto: 75-82
Estabilidad min (N): 9000	Estabilidad min (75golpes) (kgf): 500
Resistencia a la tracción por compresión diametral estática min MPa: 0,8	Resistencia a la tracción por compresión diametral estática min Mpa: 0,65
vacíos en los agregados minerales depende del tamaño máximo mm y van desde el 13% al 16%. Tabla 5	vacíos en los agregados minerales depende del tamaño máximo mm y van desde el 13% al 18%. Tabla 6

Continuación. Tabla 2. Comparaciones características de las mezclas densas en Brasil y Colombia

Nota: Las características de las mezclas densas en Colombia corresponden a una mezcla MCD-19 con un tráfico NT3 y las mezclas densas de Brasil corresponden a una Mezcla CBUQ

MATRIZ COMPARATIVA ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ASFALTOS Y MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS DE CARRETERAS COLOMBIANAS Y BRASILERAS.	
COLOMBIA	BRASIL
EJECUCION	
El tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor	El tránsito no se permite hasta el completo enfriamiento de los recubrimientos.
ENSAYOS CEMENTO ASFALTICO	
Ensayo de penetración a 25°C	Ensayo de penetración: a 25°C
Punto de inflamación min 230	Punto de inflamación: Para cada lote.
Prueba de viscosidad saybolt-furol.	Prueba de viscosidad saybolt-furol: Para cada lote.
ENSAYOS AGREGADOS	
Desgaste en la máquina de los ángeles	Prueba de los ángeles
Prueba de gradación Micro-Deval	Prueba de gradación producida por humedad
Partículas planas y alargadas, y caras fracturadas.	Prueba de índice de forma del agregado grueso
Granulometría de partículas	Pruebas de tamaño de grano
Equivalente de arena y azul de metileno	Prueba de equivalente de arena
ACABADO SUPERFICIAL	
IRI: debe ser menor de 2,5	IRI: debe ser menor que 2,7
CONDICIONES DE SEGURIDAD	
Resistencia al deslizamiento se realizarán con el péndulo británico y debe ser de mínimo 0.5	Resistencia del deslizamiento (péndulo británico) mayor igual a 0.45

Continuación. Tabla 2. Comparaciones características de las mezclas densas en Brasil y Colombia

Nota: Las características de las mezclas densas en Colombia corresponden a una mezcla MCD-19 con un tráfico NT3 y las mezclas densas de Brasil corresponden a una Mezcla CBUQ

AGREGADO

➤ LLENANTE MINERAL

Como llenante mineral usualmente son utilizados la cal hidratada y el cemento hidráulico, es claro aclarar que, el material puede provenir de gradados pétreos o de productos comerciales.

➤ MATERIAL BITUMINOSO

Para definir el material bituminoso se tienen en cuenta características de clima, el tipo de capa y las condiciones de la carretera, de este modo, también se define los tipos de asfalto que se utilizan definiendo si se empleara 40-50, 60-70 u 80-100 (Colombia) o CAP 30/45 CAP 50/70 y CAP 85/100 (Brasil).

➤ GRANULOMETRIA

Cumplir con los parámetros de la granulometría garantiza la resistencia compactación de los materiales, por ello para cada tipo de mezcla se utilizan unas franjas granulométricas establecidas.

Las franjas granulométricas que se utilizan para las capas de rodamiento varias según el tipo de mezcla, la franja granulométrica para las Mezclas Densas en Caliente (MCD-19) empiezan desde el tamiz $\frac{3}{4}$ " y terminan en el tamiz N° 200, igualmente para las Mezclas de Concreto Bituminoso Mecanizado en Caliente (CBUQ) pero varía el porcentaje que pasa en cada tamiz, tal como se aprecia en las tablas N° 3 y 4.

FRANJA GRANULOMETRICA PARA CAPAS DE RODAMIENTO				
TAMIZ		% QUE PASA		
SERIE ASTM	ABERTURA (mm)	A	B	C
1 1/2"	37,5		100	
1"	25	100	75-95	
3/4"	19	80-95	65-85	100
1/2"	12,5	65-80	47-67	80 - 95
3/8"	9,5	55-70	40-60	70 - 88
N° 4	4,75	40-55	28-46	49 - 65
N° 10	2	24-38	17-32	29 - 45
N° 40	0,425	10 - 20	7 - 17	14 - 25
N° 80	0,18	8 - 14	4-11	8 - 17
N° 200	0,075	6-9	2-6	4 - 8
Tipo de Capa		Alto modulo MAM-25	Base MGC-38	Capa de Rodamiento MCD - 19

Tabla N° 3. Franja Granulométrica para las capas de Rodamiento en Colombia.

FRANJA GRANULOMETRICA PARA CAPAS DE RODAMIENTO				
TAMIZ		% QUE PASA		
SERIE ASTM	ABERTURA (mm)	A	B	C
2"	50,8	100		
1 1/2"	38,1	95-100	100	
1"	25,4	75-100	95-100	
3/4"	19,1	60-90	80-100	100
1/2"	12,7			80-100
3/8"	9,5	35-65	45-80	70-90
N° 4	4,8	25-50	28-60	44-72
N° 10	2	20-40	20-45	22-50
N° 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26
N° 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16
N° 200	0,08	1 - 8	3 - 8	2 - 10
Asfalto soluble en CS2 %		4.0 - 7.0 Alto modulo	4,5-7,5 Base	4,5 - 9 Capa de Rodamiento CBUQ

Tabla N° 4. Franja Granulométrica para las capas de Rodamiento en Colombia.

Los vacíos de los agregados minerales (VAM) en Colombia van desde el 13% al 16% en un tamaño máximo de 38 mm a 10 mm; mientras en Brasil van desde el 13% al 18%, con tamaño máximos de 38,1 mm a 9,5 mm. Como se indica en las tablas N° 4 y 5.

VACIOS EN LOS AGREGADOS MINERALES	
TAMAÑO MAXIMO mm	VAM min %
38	13
25	14
19	15
10	16

Tabla N° 5. VAM Colombia.

VACIOS EN LOS AGREGADOS MINERALES	
TAMAÑO MAXIMO mm	VAM min %
38,1	13
25,4	14
19,1	15
12,7	16
9,5	18

Tabla N° 6. VAM Brasil.

La normatividad colombiana adicionalmente exige ensayos de compactación, relación de estabilidad/flujo y relación de llenante /ligante; mientras la normatividad brasilera exige un ensayo de degradación.

CONCLUSIONES

Se evidencian diferentes tipos de mezclas en Brasil y en Colombia; pero se encontró que las mezclas usadas con mayor frecuencia son la Mezcla Densa en Caliente (MCD-19) en Colombia y las Mezclas de Concreto Bituminoso Mecanizado en Caliente (CBUQ) en Brasil.

De acuerdo con la comparación se evidencia que la norma Invias de Colombia es más exigente por la cantidad de laboratorios que se deben realizar al determinar las características físicas y mecánicas de las mezclas densas en caliente respecto a la norma DNIT de Brasil.

En Colombia se refleja que muchas de las vías nuevas presentan fallas tempranas, esto puede ocurrir debido a las malas prácticas de construcción. Se infiere que en Colombia falta gestión y control de las entidades para asegurar la calidad de las obras; la interventoría muchas veces no es suficiente para brindar la certeza de las buenas prácticas de construcción; aunque en este país se realicen más laboratorios de caracterización a los materiales, no es suficiente garantía.

Los rangos de aceptación y rechazo para las mezclas densas en caliente en Colombia son más exigentes; en Brasil la norma es un poco permisiva en los rangos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias y Citaciones:

[1] Raffino, María Estela. (2019) Métodos de investigación. Argentina. Recuperado el 17 de enero de 2020 de: <https://concepto.de/metodos-de-investigacion/>

[2] Miranda, Ricardo Javier. (2010) Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Chile. Recuperado el 7 de enero del 2020 de:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>

[3] Bernucci et al. (2010) Pavimentação asfáltica [Pavimentación Asfáltica] Rio de Janeiro

[4] DNIT 031- 2006 (Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes) Recuperado de: relação de normas vigentes e normas substituídas [Relación de normas vigentes y sustituidas]

[5] INVIAS 450 – 2013 (Instituto Nacional de Vías) Recuperado de: CAPÍTULO 4 – PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

[6] Normas INVIAS 2013 (Instituto Nacional de Vías)

[7] DNIT (Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes)