

# EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS PARA CAPAS ASFÁLTICAS



## ABSTRACT

This is a synthesis of Colombian highways construction norms, from 1970's to present, emphasizing the changes made between norms, analyzing articles about construction of cold and warm dense mixtures. From this analysis is possible to conclude that along time, the requirements have been increased in Materials characteristics, equipments and procedures used in the asphalt layers construction, because of in the mixtures design, each time is more necessary to simulate, conditions which will be submitted in every project, involving traffic and temperature variables.

Equally, this article emphasize that in 2007 specifications, is required the measurements of girder Benkelman deflexions, which seek to establish the homogeneity of the constructed structure and relation their results with a superior layer design.

All these requirements introduced throughout norms updating, are directed get more durability in the executed works, and therefore, to diminish the investment in the maintenance and conservation of the highways.

## KEYWORDS

Characteristics of the attachés, granulometry, specifications.

## PALABRAS CLAVES

Especificaciones, características de los agregados, granulometría.

## RESUMEN

En el presente documento, se hace una síntesis de la evolución .de la normativa colombiana para la construcción de carreteras, desde 1970 hasta la actualidad, destacando los cambios realizados entre una normativa y otra, analizando los artículos

que tratan de la construcción de mezclas densas en frío y mezclas densas en caliente. Del análisis realizado se puede concluir que, con el transcurrir del tiempo, se han incrementado los requisitos en las características de los materiales, equipos y procedimientos utilizados en la construcción de capas asfálticas, ya que en los diseños de las mezclas cada vez se busca simular más las condiciones a las cuales estarán sometidas en cada proyecto en particular, involucrando las variables de tránsito y temperatura. Igualmente, se puede destacar que en las especificaciones del año 2007 se exige la medición de las deflexiones con viga Benkelman, las cuales buscan establecer la homogeneidad de la estructura construida e involucrar sus resultados con el diseño de una capa superior. Todos estos requisitos, introducidos mediante cada actualización de las normas, van encaminados a obtener mayor durabilidad en los trabajos ejecutados y, por lo tanto, disminuir la inversión en el mantenimiento y conservación de las carreteras.

## INTRODUCCIÓN

Las vías han pasado de ser caminos entierra o piedra a constituirse en las grandes carreteras de la actualidad, conformadas por superficies de rodadura, asfaltadas o en concreto. Estos grandes cambios se han presentado como respuesta a la necesidad de tener vías de mejores características, mediante la innovación tecnológica y científica de materiales, equipos y procedimientos constructivos, permitiendo a las sociedades su desarrollo económico.

En Colombia, las carreteras han estado a cargo del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1905), el cual pasó a ser el actual Ministerio de Transporte (1993) y finalmente, bajo la dirección del Instituto Nacional de Vías INVÍAS (1994). Estas administraciones han desarrollado una serie de Especificaciones Nacionales para la construcción de carreteras, que regulan la relación entre el órgano administrativo y los contratistas de los diferentes proyectos viales en Colombia, las cuales son incluidas en los contratos de obra como referencia en la calidad de los trabajos, de tal forma que se garantice



una eficiente inversión de los recursos. Es así como este estudio pretende mostrar la evolución de las normas colombianas para la construcción de carreteras, destacando los aportes que cada una de ellas ha realizado para mejorar la calidad de las capas asfálticas.

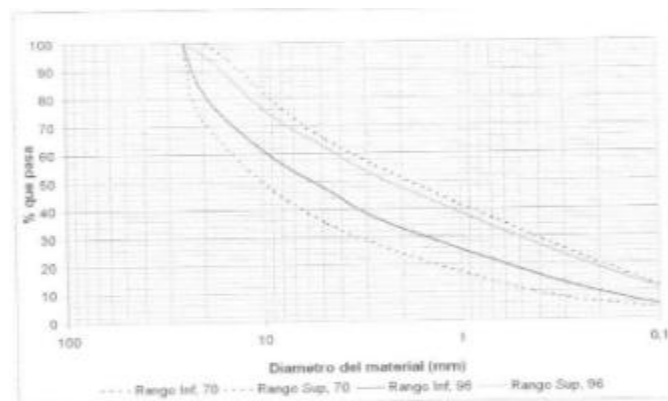


Figura 1. Granulometrías para mdf-1. Tomado de las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 1970 y 1996

## Alcance y limitaciones

El análisis está basado en la descripción de los cambios realizados entre las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 1970, 1996, 2002 y 2007 por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, pero se limita solo a las capas construidas con mezclas densas en frío y mezclas densas en caliente, por ser las más utilizadas en la construcción de las carreteras colombianas. Igualmente, aunque en la primera mitad del siglo XX se definieron normas para la construcción de carreteras y caminos, éstas no se tendrán en cuenta ya que solo abarcan la descripción de procesos constructivos y no hacen énfasis en la calidad y características de los materiales y equipos.

## Evolución de la normativa

Mezcla Densa en Frío

Materiales:

En las normas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas en 1970, se denominaba mezcla en vía y contemplaba dos tipos de granulometría (gradación A y B), diferentes a las estipuladas en las posteriores actualizaciones (MDF - 1 y MDF - 2) tal como se aprecia en las figuras 1 y 2.

En las normas de 1996, y a partir de ellas, se incluye una granulometría adicional, con menor tamaño máximo, y se comienza a exigir requerimientos mayores para el material pétreo.

A partir de 2002, las especificaciones exigen que el agregado fino no contenga arena natural en más del 15% de la masa

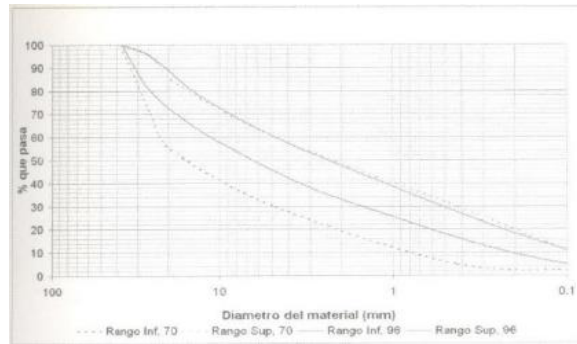


Figura 2. Granulometrías para mdf-2. Tomado de las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 1970 y 1996

total del agregado combinado para proyectos con tránsito de diseño superior a cinco millones (5x1 06) de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño ni mayor de 25% para tránsitos de menor intensidad. En todo caso, la proporción del agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado y que puede aportarse como producto comercial preparado para tal fin.

### Ejecución de los trabajos y diseño de la mezcla:

En las normas de 1996 se incluye el diseño de la mezcla y la obtención de la fórmula de trabajo, realizando el ensayo de inmersión - compresión (INV E - 738), que se conserva en las especificaciones posteriores. En las especificaciones 2007 se exige, para proyectos con tránsito NT3 (tránsito de diseño superior a 5.0x1 06 de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño), la verificación del diseño de la mezcla con la medida de la resistencia a la deformación plástica (INV E - 756), variando la velocidad de la deformación en 15 micrómetros por minuto para mezclas instaladas en zonas con temperaturas anuales promedio superiores a 24 grados centígrados o en 20 micrómetros por minuto para temperaturas menores de 24 grados centígrados.

En las normas publicadas en 1996 y 2002, se prohíbe el tránsito hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin sufrir desplazamientos. Si resultara inevitable, se permitiría la circulación de los vehículos con velocidades menores a 20 kilómetros por hora; sin embargo, en 2007 se prohíbe la circulación de vehículos y determina mantener la misma velocidad durante las primeras 48 horas de la apertura al tránsito.

### Condiciones para el recibo de los trabajos:

En las normas del año 2002 se realizan los siguientes cambios respecto a las normas anteriores:

- Se disminuye el número de muestra para la determinación del contenido de asfalto (INV E - 732), de 6 a 3 muestras.
- Se indica tomar tres (3) probetas por muestra y dos (2) muestras por lote de mezcla elaborada para la determinación de su resistencia.
- Además, se pasa de determinar la compactación de la base a través de una muestra cada doscientos metros cuadrados (250 m2) a la toma de cinco (5) por lote.
- Se exige la certificación original expedida por el fabricante de la emulsión donde se indique las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura y los ensayos básicos realizados a la emulsión asfáltica.

En las especificaciones 2007, además de los requerimientos implementados en el año 2002, se incluye la aplicación de la desviación estándar y confiabilidad para la determinación de la densidad promedio de las capas instaladas, la utilización de nuevos equipos para la medición de la rugosidad y determina los valores máximos en m/Km para cada tipo de tránsito de proyecto y la medición de deflexiones con viga Benkelman, aunque este último no es un parámetro para el recibo o rechazo de las obras

### Mezcla Densa en Caliente (Concreto Asfáltico - Art. 450)

Materiales:

El tamaño de los agregados ha variado de manera considerable desde la normativa de 1970 hasta la granulometría actual, como se muestra en las figuras 3, 4, y 5, en la cual se incluyen las mezclas en caliente semidensas (MSC) y gruesas (MGC) así como las mezclas de alto módulo (MAM). De igual forma, han cambiado los requerimientos establecidos para los materiales utilizados en la Las exigencias para el agregado fino, inducidas en la normativa 2002, son las mismas que para las mezclas densas en frío (MDF). En ellas también se indica que la proporción del llenante mineral de aporte deberá ser como mínimo del 50% respecto a la masa total del llenante, excluyendo el que quede adherido en los pétreos, el cual no podrá exceder del 2% de la masa de la mezcla. Incluye la granulometría para mezclas tipo MDC- O.

REQUISITO	ESP. 1996	ESP. 2002	ESP. 2007
Resistencia Seca (Kg/cm <sup>2</sup> )	? 60	? 20	? 25
Resistencia Húmeda (Kg/cm <sup>2</sup> )	? 50	? 15	? 20
Resistencia Conservada (%)	? 75	? 75	? 75

Tabla 1. Variación de los requerimientos de la resistencia seca, húmeda y conservada utilizando el ensayo de inmersión – comprensión, basada en las especificaciones generales para la Construcción de Carreteras de 1996, 2002 y 2007 – Instituto Nacional de Vías INVIAS

El tipo de granulometría a utilizar en la fabricación de las mezcla depende del tipo y espesor de la capa. El material bituminoso cambia de cemento asfáltico de penetración 85 - 100, contempladas en 1970 a cementos asfálticos de penetraciones 60 - 70 u 80 -100 o asfaltos modificados con polímeros, dependiendo de la temperatura media anual del sitio del proyecto y el tránsito de diseño

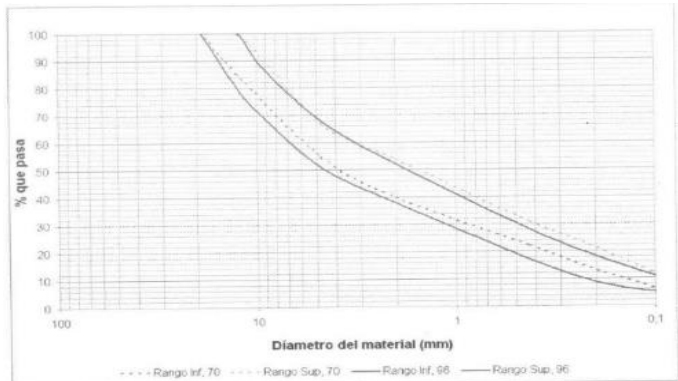


Figura 3. Tomado de las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 1970 y 1996

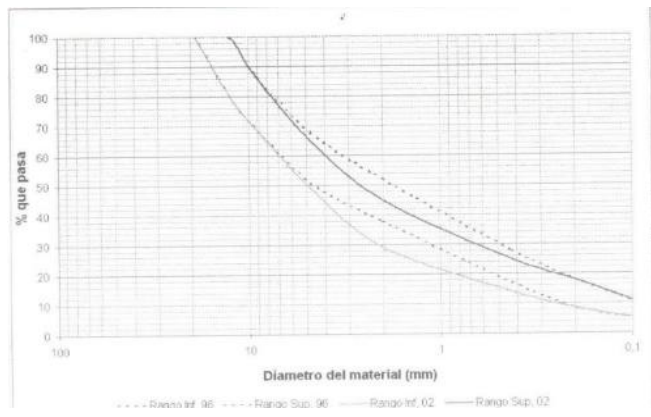


Figura 4. Granulometrías para MDC-2. Tomado de las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 1970 y 1996



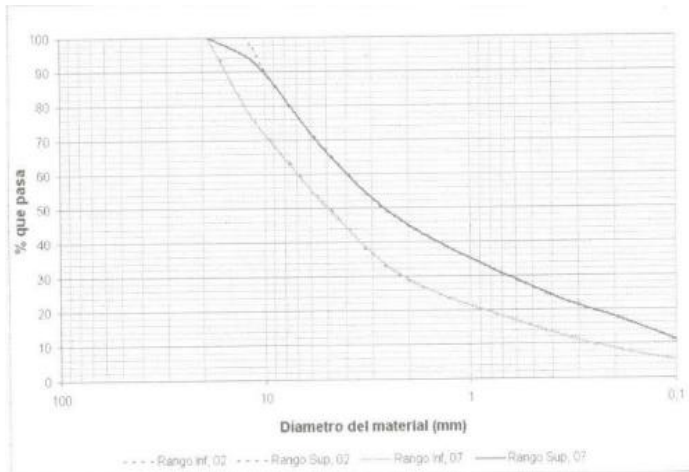


Figura 5. Granulometrías para MDC-2. Tomado de las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 2002 y 2007

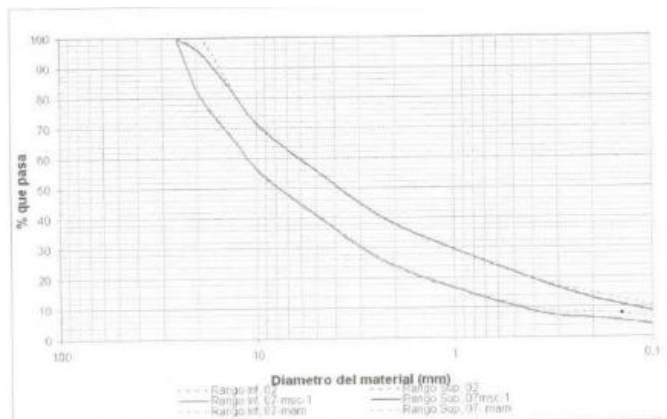


Figura 6. Granulometrías para MDC-0. Tomado de las especificaciones generales de construcción de carreteras publicadas en los años 2002 y 2007

### Ejecución de los trabajos y diseño de la mezcla:

El diseño de la mezcla se limitaba a rangos de porcentaje de asfalto de 5 a 6.5% para capas de base y de 5.5 a 7.5 en capas de rodadura, en las normas de 1970. A partir de las normas publicadas en 1996 se incluye el diseño de la mezcla y la obtención de la fórmula de trabajo, utilizando el método Marshall y el ensayo de estabilidad y flujo (INV E- 748).

En las especificaciones de 2002, se exige la verificación del diseño de la mezcla con la medida de la resistencia a la deformación plástica (INV E - 756), variando la velocidad de la deformación en 15 micrómetros por minuto para mezclas instaladas en zonas con temperaturas anuales promedio superiores 24 grados centígrados o en 20 micrómetros por minuto para temperaturas menores de a 24 grados centígrados. También incluye la comprobación de la adhesividad entre el agregado y el ligante, estipulando como valor máximo de pérdida de resistencia el 25% en el ensayo de inmersión - compresión (INV E- 738).

En el año 2007, solo se exige la verificación del diseño de la mezcla con la medida de la resistencia a la deformación plástica, para capas de rodadura e intermedias en vías con tránsito NT3. Adicionalmente, se exige comprobar la adhesividad entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico, mediante el ensayo de tracción indirecta (INV E - 725), para el cual no se permite una pérdida de resistencia de más del 20% y se establece como criterio de comprobación de diseño la relación Estabilidad/Flujo.

Para las mezclas de alto módulo, la mezcla definida como óptima deberá ser verificada con su módulo resiliente (INV E - 749), mediante el cual se deberá obtener un módulo resiliente mayor a 10.000 Mpa, medido a la temperatura y frecuencia del proyecto. A partir de 2007, todo diseño de mezcla con el método Marshall también será verificado con la medida de sus leyes de fatiga, aplicando el ensayo INV E - 784 u otros de reconocida aceptación, bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia, similares a la de la zona del proyecto y de envejecimiento previo de las probetas según la norma de ensayo AASHTO R - 30.

En 1970 se aceptaba la fabricación de la mezcla con temperaturas entre 135 y 160 grados centígrados. A partir de 1996, la temperatura de fabricación está dada para aquellas que produzcan una viscosidad que se encuentre entre ciento cincuenta y trescientos centiStokes (150- 300 cSt), siendo más recomendable, según las normas 2007, los valores entre ciento cincuenta y ciento noventa centiStokes (150 - 190cSt).



Desde la normativa 2002, se exige que la alimentación del agregado fino se realice a través de dos tolvas, así este sea de un solo tipo. En el agregado grueso se deberá disponer de una tolva por cada composición granulométrica.

Las especificaciones 2007 son más exigentes con los procedimientos constructivos de las mezclas en caliente. Recomiendan la utilización de silos de almacenamiento, con el menor tamaño posible, al igual



que la utilización de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica, de la volqueta a la pavimentadora, para mejorar la regularidad superficial.

La temperatura ambiente mínima, al momento de la extensión de la mezcla, pasó de diez (10) grados Celsius exigida en 1970 a cinco (5) grados Celsius en 19%. En el 2002 se establecieron ocho (8) grados Celsius como temperatura ambiente mínima para capas menores de cinco centímetros; para capas de mayor espesor se conserva la indicada en 19%. Estas consideraciones se mantienen en las normas 2007.

Respecto a la apertura al tránsito, las normas del año 1970 estipulaban un tiempo de seis (6) horas luego de la compactación. En las demás normas, el tránsito es permitido una vez la mezcla compactada se encuentre a temperatura ambiente

### **Condiciones para el recibo de los trabajos:**

La determinación del contenido de asfalto ha tenido la misma variación que en las mezclas densas en frío.

Los cambios en las tolerancias permitidas en la composición granulométrica de los agregados se dan entre las normas de 1970 y las de 19%, manteniéndose las últimas para las normas 2002 y 2007.

Para la comprobación de la resistencia en el ensayo Marshall las normas 19% exigen la toma de cuatro probetas (2 por muestra) de las cuales la estabilidad media debe ser mayor del 90% de la estabilidad de la fórmula de trabajo y la estabilidad individual mayor del 80% de la estabilidad media. En las normas 2002, además de los parámetros anteriormente mencionados, establece, la verificación de la resistencia de la mezcla ante la acción del agua, la cual no puede ser menor del 75% de la resistencia seca. En 2007 las estabilidades individuales no podrán superar en más del 25% de la estabilidad de trabajo.

El valor del flujo medio de las probetas requerido estaba entre el 80% y el 115% del flujo de la fórmula de trabajo, para las normas 19% y 2002. Para las normas 2007 se acepta un límite superior del 120%.

Los requerimientos para la lisura, resistencia al deslizamiento y la regularidad superficial son iguales que para las mezclas densas en frío (MDF).

## CONCLUSIONES

Las normas de 1970 plantean más procedimientos constructivos para garantizar la calidad de la obra que requerimientos en las características de los materiales utilizados en los trabajos.

En las especificaciones planteadas en 1996, se incluyen requisitos para los agregados pétreos y el material bituminoso.

En las normas publicadas en 2002, se aumentan los requerimientos de las características de los materiales pétreos y bituminosos. Clasifican los ensayos a realizar y las magnitudes de las características a cumplir teniendo en cuenta el tránsito. Se establecen métodos de probabilidad y estadística para la determinación de densidades en las mezclas densas en caliente. Introducen el concepto de lote para la determinación de muestras y recibo de obra.

Las especificaciones de 2007 clasifican las capas de mezcla asfáltica en rodadura, intermedia y base, según la posición descendiente que éstas tengan en la estructura del pavimento. Incluyen, además de las mezclas densas en caliente, las mezclas semidensas y gruesas en caliente, diferenciadas por su granulometría. Igualmente clasifica el tránsito del proyecto en NT1, NT2 y NT3 para valores inferiores a  $05 \times 10^6$ , valores entre  $05 \times 10^6$  y  $5.0 \times 10^6$  y valores superiores a  $5.0 \times 10^6$  de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño, respectivamente, generando un grado de importancia y de exigencias, ajustándose más a la realidad del proyecto.

Se establece hacer uso de la probabilidad y estadística para la determinación de densidades en todos los tipos de mezcla. Aunque no es un parámetro de aceptación, se incluyen las medidas de deflexión con viga benke:Iman para bases estabilizadas con asfalto y mezclas densas en frío, para determinar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes necesarios en la estructura del pavimento.

En todas las especificaciones publicadas, los requerimientos son mayores para el Concreto Asfáltico que para las capas de Base y Subbase Granular y que para las Bases Asfálticas.

Cada actualización de las normas colombianas aumenta los requisitos que deben cumplir los agregados y el material bituminoso.

Contemplar la temperatura del proyecto para hacer los requerimientos de aceptación, es buena consideración teniendo en cuenta que la consistencia del asfalto varía con ella y por consiguiente el comportamiento de las estructuras.

Someter las probetas al envejecimiento previo es un buen parámetro de diseño para la durabilidad las mezclas ya que se simulan las condiciones reales del proyecto.

Verificar el diseño de la mezcla con la resistencia a la fatiga exige que se diseñe para el tránsito del proyecto y aumenta la durabilidad de la estructura.

El espesor de la capa, para mezclas en caliente debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal de los agregados.

## BIBLIOGRAFÍA

INVIAS. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, MOPT 1970, INVIAS 1996,2002 Y 2007.

Cal Rafael & Mayor, James Cárdenas. Ingeniería de Transito. 2000

MINISTERIO DE VIAS Y TRANSPORTE. [En línea]. S.e. [Bogotá, Colombia], Abril de 2008 [citado mayo de 2008]. Disponible en World Wide Web: <http://www.mintransporte.gov.co>

Diseño de Pavimentos. Benavides Bastidas, Carlos Alberto. Especificación en Vías Terrestres – Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. (Apuntes personales del curso)