

**EVALUACION DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA IDU-ET-2005 PARA
LA CONSTRUCCIÓN, REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D. C.**

CAROLINA AYALA JOYA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2009

**EVALUACION DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA IDU-ET-2005 PARA
LA CONSTRUCCIÓN, REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D. C.**

CAROLINA AYALA JOYA

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniera Civil

Director

**EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZON
INGENIERO CIVIL Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2009

AGRADECIMIENTOS

Al Director del Proyecto, Ingeniero Eduardo Castañeda, por su colaboración y aporte que permitió la realización de éste proyecto.

A las personas que en ésta etapa de mi vida, fueron parte del inicio de un largo proceso de cambio y desarrollo profesional.

*A mí mamá, quien siempre ha apoyado mis decisiones sin
excepción.*

*A mi familia, aquí y allá, que siempre ha esperado de mí
grandes logros, y para quienes tengo solo agradecimientos.*

*A mis amigos, con quienes he vivido lo mejor y junto a
quienes espero compartir todas las etapas que estén por
venir.*

Caro.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	2
1.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	2
1.1.1. DUREZA	3
1.1.2. PLASTICIDAD	3
1.1.3. VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (California Bearing Ratio) 4	4
1.1.4. EQUIVALENTE DE ARENA.....	4
1.1.5. VALOR DE AZUL DE METILENO.....	5
1.2. VARIACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS GRANULARES Y CAPAS ASFÁLTICAS EN LA TRANSICIÓN DE LA NORMATIVIDAD INVIAS 2002 A LA IDU ET 2005.	6
1.2.1. SUB-BASES GRANULARES.....	6
1.2.2. BASES GRANULARES	15
1.2.3. MEZCLAS ASFÁLTICAS	23
2. EVALUACION DE DISPONIBILIDAD DE MATERIALES Y LABORATORIOS ESPECIALIZADOS	31
2.1. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES.....	31
2.2. DISPONIBILIDAD DE LABORATORIOS ESPECIALIZADOS.....	34
2.2.1. PRECIOS UNITARIOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD	37
3. EVALUACION COMPARATIVA DE LA APLICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES INVIAS 2002 E IDU 2005 EN UN MISMO PROYECTO	
39	
3.1. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO DE REFERENCIA ..	39
3.2. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO A EVALUAR	40
3.2.1. CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACION COMPARATIVA DEL PROYECTO DE REFERENCIA	43

3.3. EVALUACION DE DISPONIBILIDAD Y COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIALES.....	44
3.3.1. EVALUACION DE COSTOS DE MATERIALES	48
3.4. EVALUACION DE COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD.....	50
3.4.1. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD SUBBASES.....	52
GRANULARES.....	52
3.4.2. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD BASES	53
GRANULARES.....	53
3.4.3. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD MEZCLAS	55
ASFÁLTICAS	55
4. CONCLUSIONES.....	59
5. BIBLIOGRAFIA	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PAPEL FILTRO CON EL NIVEL DE AZUL DE METILENO (ANILLO AZUL)	5
FIGURA 2. HUSOS GRANULOMÉTRICOS SUBBASES GRANULARES IDU ET 2005 E INVIAS 2002	8
FIGURA 3. HUSOS GRANULOMÉTRICOS BASES GRANULARES IDU ET 2005 E INVIAS 2002.....	17
FIGURA 4. HUSOS GRANULOMÉTRICOS MEZCLAS ASFÁLTICAS INVIAS 2002.....	24
FIGURA 5 HUSOS GRANULOMÉTRICOS MEZCLAS ASFÁLTICAS IDU ET 2005.....	25
FIGURA 6. LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA	40
FIGURA 7. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RECOMENDADA DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO PARA EL CORREDOR EN ANÁLISIS (CML-709).....	41

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. SUBBASE GRANULAR ET INVIAS 2002 ARTICULO 320 SECCIÓN 320.2	7
TABLA 2. SUBBASE GRANULAR NORMA IDU ET 2005 TABLA 400.4 SECCIÓN 400-05 PÁG. 6.....	7
TABLA 3. CATEGORIAS DE TRANSITO SUBBASE GRANULAR NORMA IDU ET 2005 TABLA 400.1 SECCIÓN 400-5 PÁG. 1.....	8
TABLA 4. NIVELES DE TRANSITO NORMA IDU ET 2005 TABLA 107.1 SECCIÓN 107-05 PÁG. 8.....	9
TABLA 5. COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS PARA LA SUBBASE GRANULAR.....	13
TABLA 6. BASE GRANULAR ET INVIAS 2002 ARTICULO 330 SECCIÓN 330.2.....	16
TABLA 7. BASE GRANULAR NORMA IDU ET 2005 TABLA 400.4 SECCIÓN 400-05 PÁG. 6	16
TABLA 8. IDU ET 2005 TABLA 400.1 SECCIÓN 400-5 PÁG. 1.....	17
TABLA 9. COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS BASE GRANULAR.....	21
TABLA 10. MEZCLAS ASFALTICAS ET INVIAS 2002 ARTICULO 450 SECCIÓN 450.2	23
TABLA 11. MEZCLAS ASFÁLTICAS NORMA IDU ET 2005 TABLA 510.4 SECCIÓN 510-05 PÁG. 7.....	23
TABLA 12. COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL AGREGADO GRUESO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	27
TABLA 13. COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL AGREGADO FINO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	28
TABLA 14. COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSAS EN CALIENTE.....	29
TABLA 15. CANTIDADES DE CANTERAS AUTORIZADAS PARA SUMINISTRO DE AGREGADOS PÉTREOS.....	32

TABLA 16. CANTIDADES CANTERAS AUTORIZADAS PARA SUMINISTRO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	33
TABLA 17. DISPONIBILIDAD DE LABORATORIOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.	35
TABLA 18. PRECIOS UNITARIOS ENSAYOS DE LABORATORIO NORMA INVIAS 2002.	37
TABLA 19. PRECIOS UNITARIOS ENSAYOS DE LABORATORIO NORMA IDU ET 2005.	38
TABLA 20. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO OBJETO DE ANÁLISIS.....	42
TABLA 21. CANTERAS EN LAS CERCANÍAS DEL PROYECTO EXCLUIDAS POR CONDICIONES AMBIENTALES	43
TABLA 22. CANTERAS PARA SUMINISTRO MATERIALES INVIAS 2002.	45
TABLA 23. CANTERAS PARA SUMINISTRO MATERIALES IDU ET 2005.	45
TABLA 24. COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIALES INVIAS 2002..	48
TABLA 25. COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIALES IDU ET 2005..	48
TABLA 26. COSTOS DE MATERIALES	48
TABLA 27. COSTOS DE MATERIALES INVIAS 2002	49
TABLA 28. COSTOS DE MATERIALES IDU ET 2005	49
TABLA 29. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD SUBBASES GRANULARES.	52
TABLA 30. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD BASES GRANULARES.	53
TABLA 31.COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADO GRUESO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	55
TABLA 32. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADO FINO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.	56
TABLA 33. COMPARACIÓN DE COSTOS MATERIALES INVIAS 2002 E IDU ET 2005	57
TABLA 34. SOBRECOSTO PORCENTUAL DE LA NORMA IDU ET 2005 SOBRE LA INVIAS 2002	58

RESUMEN

TITULO:

EVALUACION DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA IDU-ET-2005 PARA LA CONSTRUCCIÓN, REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D. C.

AUTOR (A):

CAROLINA AYALA JOYA

PALABRAS CLAVES:

SUBBASE GRANULAR, BASE GRANULAR, CAPAS ASFÁLTICAS INTERMEDIA Y DE RODADURA.

DESCRIPCIÓN

La introducción de las "**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTA, D.C. - IDU ET 2005**", en los procesos constructivos en la ciudad de Bogotá, implica una serie de cambios y modificaciones comparadas con las normatividades utilizadas previamente en la ciudad (Especificaciones INVIAS 2002), éstos cambios están relacionados con la disponibilidad y costos de los materiales, disponibilidad de laboratorios y frecuencias de los ensayos de laboratorio exigidos.

Basados en la necesidad de evaluar la incidencia de cada uno de éstos cambios en el proceso constructivo, y de las repercusiones económicas que tienen los mismos para los contratistas del sector de la infraestructura vial, éste trabajo de grado presenta una evaluación comparativa preliminar que será de utilidad para identificar la incidencia real dentro de los procesos de control de calidad y ejecución de obras de construcción de pavimentos en Bogotá.

La evaluación se presenta fundamentalmente en dos etapas. En la primera, se muestran de manera individual las características generales y los cambios presentados en la implementación de la norma IDU ET 2005 comparados con la normatividad INVIAS 2002 para las subbases granulares, bases granulares, capas asfálticas intermedia y de rodadura. En la segunda etapa se propone un proyecto específico ubicado en Bogotá, en el se presenta la evaluación individual de los costos de consecución de materiales, transporte y control de calidad para las subbases granulares, bases granulares, capas asfálticas intermedia y de rodadura.

*Poyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Eduardo Alberto Castañeda Pinzón

ABSTRACT

TITLE:

EVALUATION OF THE APPLICATION OF THE SPECIFICATIONS IDU-ET-2005 FOR THE CONSTRUCTION, REHABILITATION AND MAINTINANCE OF PAVEMENTS IN BOGOTÁ D.C.

AUTHOR:

CAROLINA AYALA JOYA

KEY WORDS:

GRANULAR SUBBASE, GRANULAR BASE, ASPHALT SURFACE COURSE, ASPHALT INTERMEDIATE LAYER.

DESCRIPTION

The introduction of the technical specifications **:"ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTA, D.C. - IDU ET 2005"**, in the construction processes in Bogotá , implied a series of changes and modifications compared to the previous that regulated the construction in the city (Specifications INVIAS 2002), this changes are related with availability and costs of materials, availability of laboratories, and frequencies of the laboratory tests demanded.

Based on the need of evaluate the incidence of each one of these changes in the constructive process, and the economical repercussions that these have for the contractors of the road infrastructural sector, this thesis presents a comparative and preliminary evaluation that will be useful to identify the real incidence among processes of quality control and construction of pavements in Bogota.

The evaluation is presented in two stages fundamentally. In the first one, the general characteristics and the changes that took place by the implementation of the Specifications IDU ET 2005 are shown as a comparison to the Specifications INVIAS 2002 for granular subbases, granular bases, Asphalt surface course and Asphalt intermediate layer. The second Stage proposes a specific project located in Bogotá, in which the costs of the materials, transportation and quality control for granular subbases, granular bases, Asphalt surface course and Asphalt intermediate layer, are evaluated individually.

*Degree Work

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. Department of Civil Engineering .Director: Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

INTRODUCCIÓN

La introducción de las especificaciones técnicas IDU ET 2005, surge por el interés del Instituto de desarrollo Urbano de garantizar una mayor calidad de las estructuras de pavimento que constituyen la malla vial de la ciudad de Bogotá. Sin embargo, a partir de la implementación de la norma a mediados del año 2006, aparecen cuestionamientos para los contratistas, las interventorías y demás entes involucrados en el sector, en cuanto al impacto económico que tiene el cambio propuesto sobre la forma como se adelantaba la construcción en los pavimentos de la ciudad anteriormente.

Por esto, y con el fin de dar inicio a un análisis que permita vislumbrar las implicaciones reales de la implementación de las especificaciones IDU ET 2005 en este tipo de obras civiles, éste proyecto intenta mediante una comparación entre las normas anteriormente utilizadas (INVIAS 2002) y las especificaciones IDU ET 2005, realizar una evaluación en cuanto a costos de suministro de materiales, transporte y control de calidad de los mismos en obra.

1. GENERALIDADES

1.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Este capítulo pretende realizar una introducción en lo referente a la comparación que se pretende realizar en éste proyecto, al evaluar las diferencias presentadas en los materiales granulares que forman parte de la subbase, base y capas asfálticas en los pavimentos de la ciudad de Bogotá.

La Norma IDU ET 2005, constituye el conjunto de las Especificaciones Técnicas Generales que contienen el conjunto de instrucciones con validez contractual para el desarrollo de las obras viales de la ciudad de Bogotá D.C.; éstas especificaciones fueron exigidas en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial implementadas en los proyectos viales de la ciudad a partir de mediados del año 2006. Ésta normatividad, intenta ajustarse a las necesidades de una ciudad en constante crecimiento como lo es Bogotá, garantizando características que otorguen a los pavimentos locales una mayor calidad y durabilidad a la que se presentaba al utilizar las normas existentes. Sin embargo, la implementación de estas normas, exige una serie de nuevas medidas de control y altas exigencias de calidad que tanto para los contratistas como para las entidades de control implica la realización de cambios que han de evaluarse con detenimiento.

A continuación se describen las principales propiedades de los materiales que al ser utilizados para la conformación de bases, subbases y capas asfálticas cambiaron sus parámetros de evaluación:

1.1.1. DUREZA

La dureza de los agregados es sin duda una de las características esenciales para la determinación de la calidad de los mismos; por esto las exigencias presentadas en este sentido deben ser enfocadas a realizar un análisis del comportamiento admisible de los agregados ante la exposición al desgaste y la abrasión. En esta medida la norma IDU intenta garantizar un mejor comportamiento, al realizar la imposición de nuevos ambientes de evaluación de esta propiedad mediante el uso de la Máquina de Los Ángeles. Mientras que previamente se realizaba el ensayo estándar en seco a 500 revoluciones, mediante la introducción de la nueva norma se exige realizar este procedimiento bajo distintas condiciones (en seco a 500 rev, en seco a 100rev, 48 horas de inmersión).

Adicionalmente, se introduce uno nuevo que entra a realizar una apreciación mucho más rigurosa del comportamiento del agregado grueso expuesto a altas condiciones de desgaste, abrasión y molienda, mediante el equipo de Microdeval. Este ensayo proporciona diferentes campos de evaluación, puesto que mide la reducción de su resistencia en condiciones de humedad, al contrario que muchos procedimientos que para determinar estas características ensayan materiales secos únicamente. La aparición de estas metodologías tan minuciosas permiten de una forma mucho más precisa determinar las resistencias desgaste/abrasión y durabilidad/solidez de las capas granulares.

1.1.2. PLASTICIDAD

Por definición, la plasticidad es la propiedad que tienen algunos suelos de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico. Los suelos plásticos cambian su consistencia al variar su contenido de agua. Los diferentes estados de consistencia de una masa de suelo plástico en función del

cambio de humedad (sólidos, semisólido, líquido y plástico) se dan cuando la humedad en las masas de suelo varía. Esta propiedad ha sido de gran interés en la implementación de la normatividad IDU , pues se introduce como un parámetro de evaluación en el que la tolerancia es casi nula para garantizar así el comportamiento no plástico de los materiales que conforman las diferentes capas de las estructuras de pavimento.

1.1.3. VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (California Bearing Ratio)

El CBR (California Bearing Ratio), por definición es un parámetro de prueba que se emplea para evaluar la resistencia potencial de materiales de subrasante, subbase y base, incluyendo materiales reciclados para empleo en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. Este parámetro permite realizar una evaluación de la capacidad de soporte (resistencia al corte) de un material bajo condiciones de humedad y densidad controladas. La metodología de evaluación de éste también presentó algunas variaciones significativas en la introducción de las especificaciones IDU ET 2005.

1.1.4. EQUIVALENTE DE ARENA

El objeto principal de la realización de este ensayo es el de determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. La determinación del equivalente de arena como un valor porcentual mínimo, limita la existencia de partículas finas indeseables y perjudiciales a un valor máximo admisible de arcillas en una muestra determinada.

1.1.5. VALOR DE AZUL DE METILENO

En la aplicación de la nueva normatividad en la ciudad de Bogotá, se presenta la introducción de una medida de evaluación para los agregados finos que es el valor de azul de metileno. La efectividad de la evaluación de esta medida se basa en la interacción de los cationes de una solución acuosa de azul de metileno con las cargas negativas de las superficies de las arcillas que se encuentran presentes en la muestra de suelo. Ésta absorción que se presenta permite realizar una medición de la cantidad de arcillas presentes y así determinar si las características de los finos se ajustan a los requerimientos de calidad especificados. Valores significativos indican grandes cantidades de arcilla o de materia orgánica dañina presentes en la muestra. El ensayo para la medición de éste valor, se introduce dentro de la normatividad IDU ET 2005, con el propósito de brindar un parámetro adicional de evaluación de los agregados finos que forman parte de las capas granulares y asfálticas.

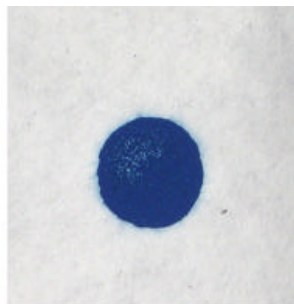


Figura 1. Papel filtro con el nivel de azul de metileno (anillo azul)

Con el fin de iniciar la comparación de las normas mencionadas, a continuación se presentan las principales características de cada una de las capas granulares y asfálticas de los pavimentos:

1.2.VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS GRANULARES Y CAPAS ASFÁLTICAS EN LA TRANSICIÓN DE LA NORMATIVIDAD INVIAS 2002 A LA IDU ET 2005.

1.2.1. SUB-BASES GRANULARES

De manera general tanto la normatividad anterior, como la especificaciones IDU ET 2005 , exigen que los materiales para la conformación de subbases granulares, sean agregados naturales clasificados, materiales provenientes de la trituración de rocas y gravas o materiales constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las partículas de los agregados deben ser duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. Los materiales granulares, independientemente de su procedencia, deberán encontrarse exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla u otras sustancias incorporadas que puedan resultar ambientalmente nocivas o inconvenientes para el buen comportamiento de la capa del pavimento. La naturaleza de los materiales deberá ser tal que ellos puedan ser adecuadamente humedecidos y compactados para formar una capa firme y estable.

1.2.1.1. TIPOLOGIAS

Las tipologías manejadas por cada una de las normas contienen diferencias, puesto que en cada una se establecen exigencias específicas y variaciones en las franjas granulométricas aceptables, tal como se presentan en las siguientes tablas:

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alterno	SBG-1
50 mm	2"	100
37.5 mm	1 1/2"	70-100
25 mm	1"	60-100
12.5 mm	1/2"	50-90
9.5 mm	3/8"	40-80
4.75 mm	No.4	30-70
2.0 mm	No.10	20-55
425 mm	No.40	10-40
75 mm	No.200	4-20

Tabla 1. SUBBASE GRANULAR ET INVIAS 2002 ARTICULO 320 Sección 320.2

TIPO DE CAPA		TAMIZ (mm/ U.S. Standard)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2	0.425	0.075
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200
SUBBASE	SBG_Gr1	100	80-95	60-90	-	40-70	25-50	15-35	6-20	0-10
	SBG_Gr2	-	100	75-95	60-85	45-75	30-55	20-40	6-25	0-12

Tabla 2. SUBBASE GRANULAR NORMA IDU ET 2005 Tabla 400.4 Sección 400-05 pág. 6

1.2.1.1.1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS SUBBASES GRANULARES

La gráfica presentada a continuación, esquematiza los rangos granulométricos aceptables para dos especificaciones técnicas de construcción, la INVIAS 2002 Y la IDU ET 2005. Por ésta razón, la denominación de las subbases como SBGR 2005, o SBG1 2002, se refiere a las subbases granulares que son admitidas por cada una de estas especificaciones como se muestra a continuación:

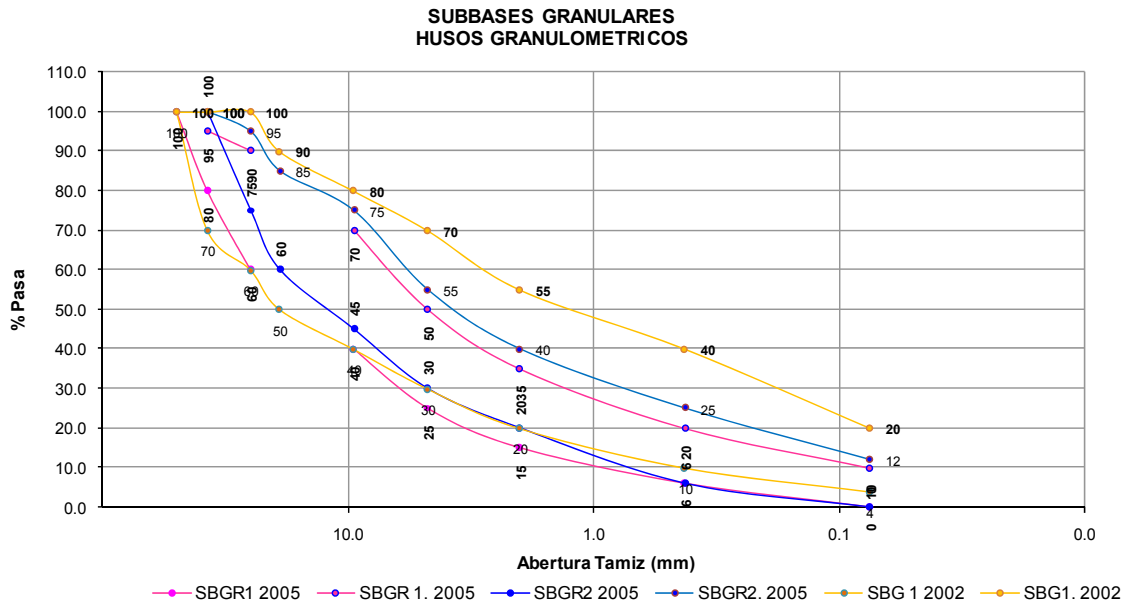


Figura 2. Husos Granulométricos Subbases granulares IDU ET 2005 e INVIAS 2002

En la gráfica se pueden evidenciar, las franjas granulométricas admitidas para cada una de las especificaciones, sin embargo es importante aclarar que en la nueva normatividad IDU ET 2005, las tipologías que se manejan dependen además, de las exigencias en cuanto a calidad de materiales y del tráfico de diseño (SBG_C, SBG_B, SBG_A).

En este aspecto se puede notar que la norma IDU ET 2005 presenta una mayor rigurosidad con respecto a las normas anteriores puesto que en éstas para toda clase de tráficos las exigencias de calidad de los materiales son las mismas, y solo se define una tipología relacionada con la granulometría.

TIPOS DE CAPA	CATEGORIAS DE TRANSITO		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
SUBBASE GRANULAR	SBG_C	SBG_B	SBG_A

Tabla 3. CATEGORIAS DE TRÁNSITO SUBBASE GRANULAR NORMA IDU ET 2005 Tabla 400.1 Sección 400-5 pág. 1

La tabla anterior tiene una estrecha relación con los resultados de los estudios de tránsito que sirven como base para el diseño de pavimentos. Es importante conocer como son definidas las categorías de tránsito por parte del IDU, de manera que se pueda comprender a que hacen referencia las exigencias de calidad de los materiales que para la implementación de ésta norma están determinadas por los tránsitos de diseño. Llegado a este punto, a continuación se muestran las categorías de tránsito establecidas por el IDU como parámetros de diseño de las capas granulares y asfálticas:

Categoría de Tránsito	Nivel de Tránsito	
	Criterio 1 VPDo	Criterio 2 NAEE_80, millones
T0	$VPDo < 20$	$NAEE_{80} < 0.2$
T1	$20 \leq VPDo < 50$	$0.2 \leq NAEE_{80} < 0.5$
T2	$50 \leq VPDo < 150$	$0.5 \leq NAEE_{80} < 1.5$
T3	$150 \leq VPDo < 300$	$1.5 \leq NAEE_{80} < 3.0$
T4	$300 \leq VPDo < 750$	$3.0 \leq NAEE_{80} < 7.5$
T5	$VPDo \geq 750$	$NAEE_{80} \geq 7.5$

Tabla 4. NIVELES DE TRANSITO NORMA IDU ET 2005 Tabla 107.1

Sección 107-05 pág. 8

Como puede observarse en la tabla anterior, la categoría de tránsito T0 corresponde a tránsitos menores a 200.000 ejes equivalentes acumulados de 80KN durante el período de diseño o de menos de 20 vehículos pesados por día en el carril de diseño. Así mismo, la categoría T1 comprende tránsitos entre 200.000 y 500.000 ejes equivalentes acumulados de 80KN o entre 20 y 50 vehículos pesados por día en el carril de diseño.

De la misma forma son definidos los límites de ejes equivalentes de 80KN o de vehículos pesados para la definición del resto de categorías de tránsito. El establecimiento de ésta clase de categorías es de gran relevancia en la implementación de la norma IDU ET 2005, puesto que éste criterio de diseño es definitivo al momento de establecer los requerimientos de calidad de los materiales a utilizar en las diferentes capas de pavimento asfáltico requerido en un proyecto determinado.

1.2.1.2. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

En la aplicación de cada una de las normas se presentan diferencias en los agregados que las conforman, puesto que las exigencias de la norma IDU, implican una disminución en la tolerancia al desgaste de 10% con respecto a los requerimientos de calidad que se presentaban anteriormente. Igualmente en la evaluación de la plasticidad, la norma IDU ha realizado un trabajo importante al presentar la diferenciación en los parámetros de evaluación para cada uno de los tráficos definidos.

Esto se ve reflejado en la exigencia puntual de límite líquido que anteriormente no era considerado y en la reducción de la tolerancia de la plasticidad casi anulándola.

En cuanto a la capacidad de soporte (CBR), se presenta un cambio importante ya que previamente los valores aceptables de éste parámetro mantenían un margen de tolerancia de entre 20% y 40% de CBR referido al 95% de la densidad seca máxima obtenida a partir del Proctor Modificado. Éste margen significativamente amplio, presenta una serie de cambios en la implementación de la norma IDU ET 2005. En primera instancia los valores porcentuales exigidos son valores mínimos y puntuales para cada uno de los tráficos (20%, 30% y 40%). Adicionalmente, el porcentaje de CBR exigido se

refiere ahora al 100% de la de de la densidad seca máxima obtenida a partir del Proctor Modificado.

En cuanto a la determinación del contenido de finos en los agregados que conforman la subbase granular, el ensayo de equivalente de arena presenta una variación en la implementación de la nueva norma reduciendo en un 5% la tolerancia de aceptación de partículas finas que pueden ser perjudiciales para el comportamiento que idealmente se pretende en los agregados que conforman las capas granulares de la estructura de pavimento. Adicionalmente, la introducción de nuevas normas de ensayo tales como el valor de azul de metileno y el 10% de finos es impulsada por la necesidad de controlar los comportamientos plásticos que son muy comunes en este tipo de materiales y que de presentarse pueden incrementar las posibilidades de evidenciar comportamientos expansivos y la aparición de fallas en las estructuras de pavimento.

1.2.1.3. FRECUENCIAS DE EVALUACION.

SUBBASE GRANULAR					
PROPIEDAD DEL MATERIAL	ENSAYO		ESPECIFICACION	ESPECIFICACIONES IDU ET 2005	ESPECIFICACIONES INVIAS 2002
				FRECUENCIA	FRECUENCIA
COMPOSICIÓN	Granulometría		INV E-213	Por jornada de producción de planta	Por jornada de producción de planta
	Relación de polvo: % tamiz 0.075 mm / % tamiz 0,425		INV E-213	Por jornada de producción de planta	
	Tamaño máximo nominal		INV E-213	Por jornada de producción de planta	
PETROGRAFÍA	Análisis Petrográfico		ASTM-C-295	Por cambio de fuente	
DUREZA	Desgaste de los Angeles	En seco, 500 revoluciones	INV E-218	Mensual	Por cambio de fuente
		En seco, 100 revoluciones		Mensual	
		48 horas de inmersión, 500 revoluciones		Mensual	
		Relación humedo/seco, 500 revoluciones		Mensual	
	Micro Deval	Agregado grueso	ASTM D-6928	Mensual	
	10& finos	Valor en seco	BS 812 PART 111	Mensual	
Relación húmedo/seco		Mensual			
DURABILIDAD	Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	Sulfato de Magnesio	INV E-220	Mensual	Por cambio de fuente
					Por cambio de fuente
LIMPIEZA	Limite líquido		INV E-125	Por jornada de producción de planta	
	Indice de plasticidad		INV E-126	Por jornada de producción de planta	Por jornada de producción de planta
	Equivalente de arena		INV E-133	Semanal	Semanal
	Valor de azul de metileno		EN-933-9	Semanal	
	Terrones de arcilla y partículas deleznales		INV E-211	Semanal	

GEOMETRÍA DE PARTÍCULAS	Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	INV E-227	Por jornada de producción de planta	
		2 caras	INV E-227	Por jornada de producción de planta	
CAPACIDAD DE SOPORTE	CBR	Referida al 95% de la densidad seca máxima después de 4 días de inmersión	INV E-148	Mensual	Mensual
	Módulo resiliente	Sólo aplica para tránsitos T4 y T5	AASHTO T-307	Por cambio de fuente	
COMPACTACIÓN	Densidad seca promedio (Dp)	Referido al 100% de la densidad seca máxima obtenida en el proctor modificado	INV E-161 INV E-162 INV E-163 INV E-164	Cada lote	Cada lote
	Densidad seca mínima individual (Emi)	Referida al 100% de la densidad seca promedio (se acepta 1 muestra del lote que no cumpla)	----	Cada lote	Cada lote
ESPESOR	Espesor promedio (Ep)	Referido al espesor de diseño (Ed)	----	Cada lote	Cada lote
	Espesor mínimo individual (Emi)	Referido al espesor de diseño (Ed) (se acepta 1 muestra por lote que no cumpla)	----	Cada lote	Cada lote

Tabla 5. Comparación de frecuencias para la subbase granular

A partir de la tabla anterior, podemos notar que para las subbases granulares en la implementación de las nuevas especificaciones técnicas IDU ET 2005, se ha realizado especial énfasis en propiedades como la dureza, limpieza y durabilidad de las partículas mediante la inclusión de los ensayos de valor de azul de metileno, microdeval, 10% de finos, terrones de arcilla y partículas deleznales, y las diferentes condiciones de desgaste en la máquina de los ángeles. De igual forma, el ensayo de Análisis petrográfico que busca evaluar las características en cuanto a composición, estructura y clasificación del agregado que constituye las capas estructurales, añadido al resto de procedimientos aporta de manera significativa al incremento económico presentado en cuanto a control de calidad de los agregados.

Es importante anotar que como se había mencionado anteriormente de manera general, las frecuencias de evaluación de estos parámetros sufrieron cambios importantes a saber:

- La determinación de la resistencia a la abrasión y el desgaste por medio de la Máquina de los Ángeles pasó de ser evaluada cada cambio de fuente a ser un parámetro de evaluación mensual.
- Los ensayos de Microdeval y 10% de finos son exigidos mensualmente.
- Las pérdidas en el ensayo de Solidez de sulfatos, son requeridos con una frecuencia mensual mientras que previamente era solo requerido por cambios de fuente.
- El valor de azul de metileno y el contenido de partículas deleznales se realiza semanalmente, mientras que en la normatividad anterior estos parámetros no eran evaluados.

- En cuanto a la geometría de las partículas se exige el cálculo de las partículas fracturadas mecánicamente de forma que en cada jornada de producción se garantice su cumplimiento.
- El ensayo de análisis petrográfico se incluye como exigencia para cada cambio de de fuente de suministro.
- La capacidad de soporte ante la acción de cargas repetitivas y cíclicas debe ser medida mediante la realización del ensayo de módulo resiliente para cada ocasión en la que se presente cambio de fuente de suministro de subbases granulares para altos tránsitos de diseño (T4-T5).

1.2.2. BASES GRANULARES

Para las bases granulares, es obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica. Adicionalmente, las partículas de los agregados deben ser duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.

1.2.2.1. TIPOLOGIAS

En cuanto a las tipologías manejadas por cada una de las normas se presentan una serie de diferencias a considerar, puesto que en cada una se establecen exigencias específicas y variaciones en las franjas granulométricas aceptables, tal como se presentan en las siguientes tablas:

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
Normal	Alternativo	BG-1	BG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25.0 mm	1	70-100	100
19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No.4	30-60	35-65
2.0 mm	No.10	20-45	20-45
425 µm	No.40	10-30	10-30
75 µm	No.200	5-15	5-15

Tabla 6. BASE GRANULAR ET INVIAS 2002 ARTICULO 330 Sección 330.2

TIPO DE CAPA		TAMIZ (mm/ U.S. Standard)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2	0.425	0.075
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200
BASE	BG_Gr1	-	100	75	50	45-70	30-50	15-30	6-20	2-10
			95	90						
	BG_Gr2	-	-	100	75 - 95	50-80	35-60	20-40	8-22	2-10

Tabla 7. BASE GRANULAR NORMA IDU ET 2005 Tabla 400.4 Sección 400-05 pág. 6

1.2.2.1.1. HUSOS GRANULOMETRICOS BASES GRANULARES

De igual forma que para las subbases granulares, la gráfica mostrada a continuación, esquematiza los rangos granulométricos aceptables para dos especificaciones técnicas de construcción, la INVIAS 2002 Y la IDU ET 2005. La denominación de las bases como BGR 2005, o BG 2002, se refiere a las bases granulares que son admitidas para una de estas especificaciones, como se muestra a continuación:

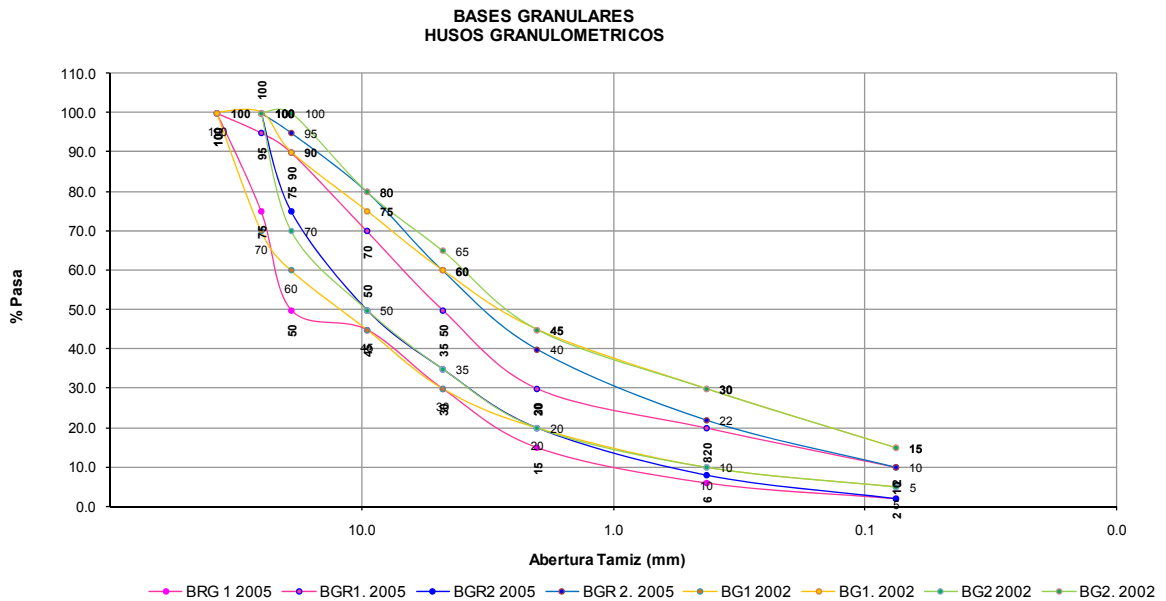


Figura 3. Husos Granulométricos Bases granulares IDU ET 2005 e INVIAS 2002

Se puede notar que dependiendo de las especificaciones de un proyecto determinado es posible manejar dos tipos de granulometría que serán aceptables en la conformación de la base granular (BG_Gr1, BG_Gr2). Sin embargo, la norma IDU en su implementación en los **pavimentos** de la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta que el comportamiento de las estructuras de pavimentos es diferente al estar expuestos a diferentes tipos de tráfico, define tres clases de bases Clase A, Clase B y Clase C. (BG_A, BG_B y BG_C).

TIPO DE CAPA		TAMIZ (mm/ U.S. Standard)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2	0.425	0.075
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200
BASE	BG_Gr1	-	100	75	50	45-70	30-50	15-30	6-20	2-10
	BG_Gr2	-	-	100	75 - 95	50-80	35-60	20-40	8-22	2-10

Tabla 8. Base granular IDU ET 2005 Tabla 400.1 Sección 400-5 pág. 1

1.2.2.2. PARAMETROS DE EVALUACIÓN

Es importante al momento de realizar el seguimiento y control de calidad de los materiales en cuanto a la gradación, observar que se presenten curvas granulométricas uniformes, sensiblemente paralelas a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa, con el fin de evitar segregaciones y garantizar buenos niveles de compactación.

A partir de lo mostrado anteriormente se puede notar que las exigencias de gradación de los materiales varían considerablemente con respecto a la normatividad existente, y vamos a mostrar que al realizar la comparación entre las exigencias presentadas en la normatividad anterior con las exigencias de las especificaciones IDU ET 2005 en cuanto a calidad de materiales se presentan diferencias importantes en los parámetros de evaluación de las mismas, a saber:

Para la evaluación de las propiedades de dureza y resistencia al desgaste, al igual que para la subbase granular, la exigencia mínima de la norma IDU que corresponde a niveles de tráfico bajos T0 y T1, ya supera en un 10% la considerada en las normas anteriores.

La plasticidad que es uno de los parámetros de evaluación que presentó cambios muy significativos pasó de requerir a nivel general que los índices de plasticidad se mantuvieran en porcentajes menores al 3% a manejar niveles de tolerancia nulos en cuanto a plasticidad para tráficos de diseño T2-T3 y T4-T5.

La capacidad de soporte (CBR) en su determinación, presenta una nueva serie de condiciones de cálculo; anteriormente su cálculo procedía de valores entre el 80% y el 100% referido al 100% del Proctor modificado,

mientras que para la norma IDU ET 2005, además de que su determinación depende del tráfico como ya habíamos comentado, se definen los mismos rangos porcentuales pero ésta vez referidos al 100% del valor máximo de la densidad seca calculada del Proctor modificado después de 4 días de inmersión. Otra consideración importante al evaluar estas diferencias, surge debido a que el cumplimiento de éstos parámetros deb controlarse tanto para el material listo para extender como para el material compactado en obra.

La determinación del contenido de finos en los agregados que conforman la Base granular, al igual que para las subbases granulares, tiene una gran importancia. Por ésta razón y al igual que para las subbases granulares en la evaluación de los agregados finos se introduce el ensayo del valor de azul de metileno y el 10% de finos para evaluar los agregados de la base granular.

1.2.2.3. FRECUENCIAS DE EVALUACION

BASE GRANULAR					
PROPIEDAD DEL MATERIAL	ENSAYO		ESPECIFICACION	ESPECIFICACIONES IDU ET 2005	ESPECIFICACIONES INV IAS 2002
				FRECUENCIA	FRECUENCIA
COMPOSICIÓN	Granulometría		INV E-213	Por jornada de producción de planta	Por jornada de producción de planta
	Relación de polvo: % tamiz 0.075 mm / % tamiz 0,425 mm		INV E-213	Por jornada de producción de planta	
	Tamaño máximo nominal		INV E-213	Por jornada de producción de planta	
PETROGRAFÍA	Análisis Petrográfico		ASTM-C-295	Por cambio de fuente	
DUREZA	Desgaste de los Angeles	En seco, 500 revoluciones	INV E-218	Mensual	Mensual
		En seco, 100 revoluciones		Mensual	
		48 horas de inmersión, 500 revoluciones		Mensual	
		Relación húmedo/seco, 500 revoluciones		Mensual	
	Micro Deval	Agregado grueso	ASTM D-6928	Mensual	
	10& finos	Valor en seco	BS 812 PART 111	Mensual	
Relación húmedo/seco		Mensual			
DURABILIDAD	Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	Sulfato de Magnesio	INV E-220	Mensual	Mensual
					Mensual
LIMPIEZA	Limite líquido		INV E-125	Por jornada de producción de planta	Por jornada de producción de planta
	Indice de plasticidad		INV E-126	Por jornada de producción de planta	
	Equivalente de arena		INV E-133	Semanal	Semanal
	Valor de azul de metileno		EN-933-9	Semanal	
	Terrones de arcilla y partículas deleznales		INV E-211	Semanal	

GEOMETRÍA DE PARTÍCULAS	Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	INV E-227	Por jornada de producción de planta	Por jornada de producción de planta
		2 caras		Por jornada de producción de planta	
	Indice de aplanamiento		INV E-230	Semanal	Semanal
	Indice de alargamiento		INV E-230	Semanal	Semanal
	Angularidad del agregado fino (contenido de vacíos de agregado fino)		AASHTO T-304	Por jornada de producción de planta	
CAPACIDAD DE SOPORTE	CBR	Referida al 100% de la densidad seca máxima después de 4 días de inmersión	INV E-148	Mensual	Mensual
	Módulo resiliente	Sólo aplica para tránsitos T4 y T5	AASHTO T-307	Por cambio de fuente	
COMPACTACIÓN	Densidad seca promedio (Dp)	Referido al 100% de la densidad seca máxima obtenida en el proctor modificado	INV E-161 INV E-162 INV E-163 INV E-164	Cada lote	Cada lote
	Densidad seca mínima individual (Emi)	Referida al 100% de la densidad seca promedio (se acepta 1 muestra del lote que no cumpla)	----	Cada lote	Cada lote
ESPESOR	Espesor promedio (Ep)	Referido al espesor de diseño (Ed)	----	Cada lote	Cada lote
	Espesor mínimo individual (Emi)	Referido al espesor de diseño (Ed) (se acepta 1 muestra por lote que no cumpla)	----	Cada lote	Cada lote

Tabla 9. Comparación de frecuencias base granular

Tomando como base la información presentada en la tabla y de lo especificado anteriormente para las subbases granulares, se puede evidenciar que las especificaciones de control de calidad manejadas para la capa de base granular en cuanto a frecuencia son muy similares. Las modificaciones realizadas en la implementación de la norma IDU ET 2005 surgen en la evaluación de las mismas propiedades (dureza, limpieza y durabilidad de las partículas).

Las frecuencias de evaluación, exigidas para la capa de base granular son las que se presentan a continuación:

- Los ensayos de Microdeval y 10% de finos que corresponden a nuevos parámetros de evaluación, son exigidos mensualmente.
- El valor de azul de metileno y el contenido de partículas deleznable que son incluidos con el fin de realizar un control de calidad adicional a los agregados finos, se realiza semanalmente.
- En cuanto a la geometría de las partículas se exige realizar el ensayo de angularidad del agregado fino de forma que en cada jornada de producción se garantice su cumplimiento.
- La capacidad de soporte ante la acción de cargas repetitivas y cíclicas debe ser garantizada mediante la realización del ensayo de módulo resiliente para cada ocasión en la que se presente cambio de fuente de suministro de bases granulares para altos tránsitos de diseño (T4-T5).

1.2.3. MEZCLAS ASFÁLTICAS

1.2.3.1. TIPOLOGIAS

Al igual que para las bases y las subbases granulares en las normatividades INVIAS 2002 e IDU ET 2005, las mezclas asfálticas densas en caliente presentan diferencias importantes. En cuanto a gradación y a designación se pueden notar en las tablas presentadas a continuación:

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Normal	Alterno	MDC-1	MDC-2	MDC-3
25.0 mm	1"	100	-	-
19.0 mm	3/4"	80-100	100	-
12.5 mm	1/2"	67-85	80-100	-
9.5 mm	3/8"	60-77	70-88	100
4.75 mm	No.4	43-59	49-65	65-87
2.00 mm	No.10	29-45	29-45	43-61
425 µm	No.40	14-25	14-25	16-29
180 µm	No.80	8-17	8-17	9-19
75 µm	No.200	4-8	4-8	5-3

Tabla 10. MEZCLAS ASFÁLTICAS ET INVIAS 2002 ARTICULO 450
Sección 450.2

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ mm(U.S Standard)							
		37.5 1 1/2"	25 1"	19 3/4"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	0.425 No.40	0.180 No.80	0.075 No.200
DENSA	MD10				100	80-95	16-29	9-18	5-10
	MD12			100	80-95	71-87	14-25	8-16	4-9
	MD20		100	80-95	66-82	59-75	14-25	8-16	4-9

Tabla 11. MEZCLAS ASFÁLTICAS NORMA IDU ET 2005 Tabla 510.4
Sección 510-05 pág. 7

1.2.3.1.1. HUSOS GRANULOMETRICOS MEZCLAS ASFÁLTICAS NORMA INVIAS 2002 E IDU ET 2005

En las gráficas presentadas a continuación se evidencian las franjas granulométricas aceptadas por cada una de las especificaciones técnicas para las mezclas asfálticas densas en caliente, la designación de las mismas corresponde a lo especificado en las tablas presentadas con anterioridad, es decir para la norma INVIAS 2002 las curvas granulométricas son las que corresponden a las designaciones MDC-1, MDC-2 y MDC-3, y de igual forma a la normatividad IDU ET 2005 corresponden las designadas como MD12 y MD-20.

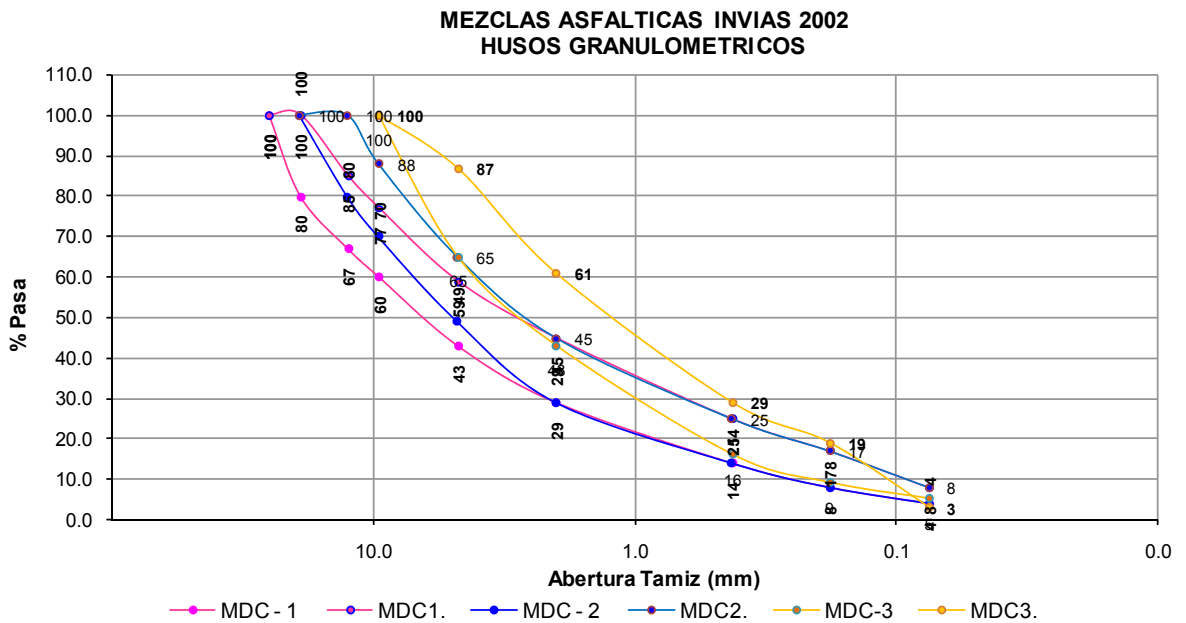


Figura 4. Husos Granulométricos Mezclas asfálticas INVIAS 2002

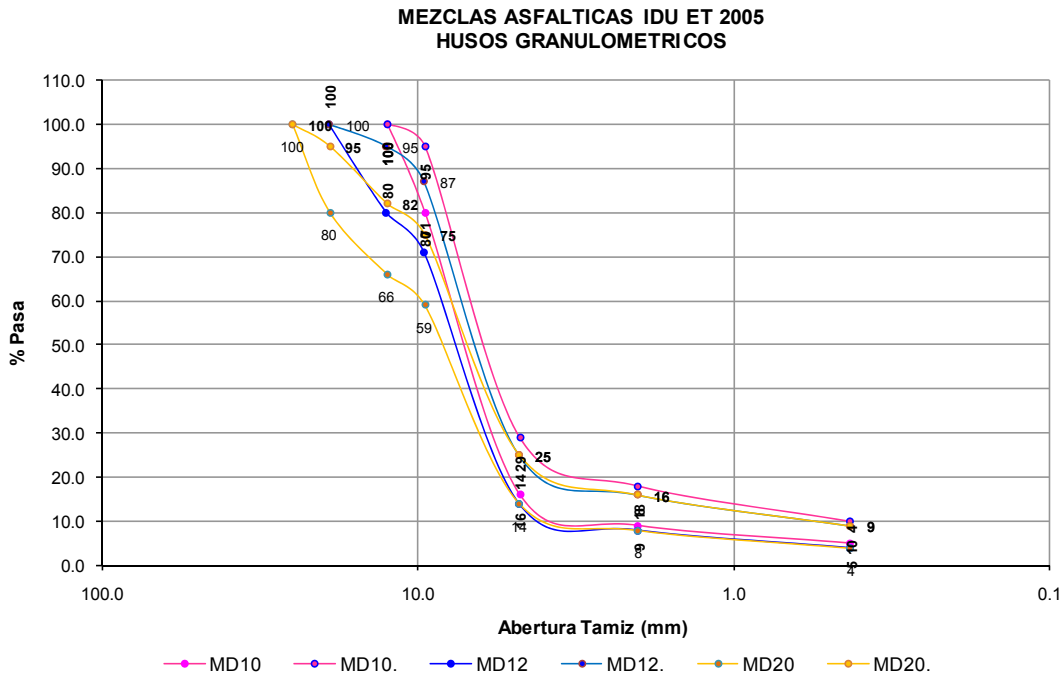


Figura 5 Husos Granulométricos Mezclas asfálticas IDU ET 2005

1.2.3.2. PARÁMETROS DE EVALUACION

Como primera medida, es importante mencionar que según la definición de las normas se debe garantizar que los agregados pétreos empleados para la colocación de cualquier mezcla bituminosa, posean una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito.

De igual forma en la evaluación las diferencias presentadas entre las mezclas asfálticas de las diversas normatividades y para realizar la comparación propuesta al iniciar el capítulo, se debe tener claridad en cuanto a que los requisitos de calidad exigidos para mezclas no presentan variación significativa; son los materiales granulares que las constituyen, el agregado grueso y fino, quienes deben ceñirse a los parámetros de calidad que presentaron cambios y mucho más exigentes y específicos como se nombran a continuación:

Para los agregados gruesos que conforman las mezclas asfálticas, tanto en las capas intermedias, como en las capas de rodadura, la resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles, presenta variaciones de un 5%, con respecto a las presentadas en la normatividad anterior.

Adicionalmente la norma IDU-ET 2005, introduce nuevas consideraciones de ensayo para las cuales las muestras se ven afectadas por diferentes condiciones (en seco 500 revoluciones, en seco 100 revoluciones, 48 horas de inmersión...), condiciones que simulan con mucha más precisión las acciones a las cuales se van a ver sometidos los materiales que constituyen las capas asfálticas al momento de ponerlas en servicio. De igual forma, los coeficientes de aplanamiento y alargamiento presentan una modificación, que constituye un 10% de disminución en la tolerancia de estas características de los agregados que constituyen las capas asfálticas

En el ensayo de partículas fracturadas se puede notar un incremento muy significativo al momento de evaluar los porcentajes de exigencia requeridos en la normatividad anterior INVIAS 2002 contra las IDU ET 2005. El incremento se produce en porcentaje de 15%, que se va a ver reflejado en un aumento en la fricción de las partículas y en mejores resultados de compactación al momento de realizar su extensión.

En cuanto a los agregados finos que forman parte de las capas asfálticas, como ya se ha venido reiterando, la norma IDU ET 2005 tiene como particularidad el interés por anular cualquier tolerancia que se presente en cuanto a la plasticidad de los materiales. En general, esta es la propiedad que cobra mayor importancia al realizar la comparación entre estas normas en las mezclas asfálticas puesto que a nivel general los requisitos de calidad son los mismos en la evaluación del resto de parámetros.

Como se pudo evidenciar, la garantía de un buen comportamiento de las mezclas asfálticas, recae en la calidad de los agregados tanto gruesos como finos, que en la medida en que se cumplan con los parámetros establecidos por la normatividad, puedan llegar a garantizar que cada una de las capas estructurales de manera independiente aporte positivamente a la durabilidad y desempeño de la estructura de pavimento.

1.2.3.3. FRECUENCIAS DE EVALUACION

1.2.3.3.1. AGREGADO GRUESO.

PROPIEDAD DE EVALUACION	ENSAYO	REQUISITOS PARA AGREGADO GRUESO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE IDU ET 2005	AGREGADO GRUESO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE INVIAS 2002	
		FRECUENCIA	FRECUENCIA	
PETROGRAFÍA	Análisis Petrográfico	Cada cambio de fuente.		
DUREZA	Desgaste Los Angeles (Capas de Base e Intermedias, excepto Mezclas de Alto Módulo)	En seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
		En seco, 100 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
		48 horas de inmersión, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
		Relación húmedo/seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
	Desgaste Los Angeles (Capas de Rodadura)	En seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	Mensual
		En seco, 100 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
		48 horas de inmersión, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
		Relación húmedo/seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	
	Micro Deval	Capas de Base e Intermedias	Cada mes o por cambio de fuente.	
	Micro Deval	Capas de Rodadura	Cada mes o por cambio de fuente.	
10% de Finos (Capas de Base e Intermedias, excepto Mezclas de Alto Módulo)	Valor en seco	Cada mes o por cambio de fuente.		
	Relación húmedo/seco	Cada mes o por cambio de fuente.		
10% de Finos (Capas de Rodadura)	Valor en seco	Cada mes o por cambio de fuente.		
	Relación húmedo/seco	Cada mes o por cambio de fuente.		
DURABILIDAD	Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	Sulfato de Magnesio	Cada mes o por cambio de fuente.	
GEOMETRÍA DE PARTÍCULAS	Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	Cada jornada o por cambio de fuente.	
		2 caras	Cada jornada o por cambio de fuente.	
	Índice de Aplanamiento		Cada mes o por cambio de fuente.	Semanal
	Índice de Alargamiento		Cada mes o por cambio de fuente.	Semanal
RESISTENCIA AL PULIMIENTO	Coefficiente de pulimento acelerado para capas de rodadura.		Cada cambio de fuente.	
	Peso Especifico y Absorción		Cada mes o por cambio de fuente.	

Tabla 12. Comparación de frecuencias para el agregado grueso de las mezclas asfálticas

Para el agregado grueso que conforma las capas asfálticas, ya sean capas de base, intermedias o de rodadura, se incluyen nuevos ensayos para la determinación de su dureza que como se puede evidenciar en la tabla, lo cual representa una inversión adicional de un monto representativo para el tema del control de calidad de éstos agregados pétreos.

1.2.3.3.2. AGREGADO FINO.

PROPIEDAD DE EVALUACION	ENSAYO		AGREGADO FINO MEZCLAS ASFALTICAS IDU ET 2005	AGREGADO FINO MEZCLAS ASFALTICAS INVIAS 2002
			FRECUENCIA	FRECUENCIA
PETROGRAFIA	Análisis Petrográfico		Cada cambio de fuente	
CONTENIDO DE ARENA	Proporción de arena natural (en peso)	Capas de Rodadura	Cada cambio de fuente	Por cambio de fuente
		Capas Intermedias	Cada cambio de fuente	Por cambio de fuente
		Capas de Base	Cada cambio de fuente	Por cambio de fuente
DURABILIDAD	Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	Sulfato de Magnesio	Cada mes o por cambio de fuente.	Por cambio de fuente Por cambio de fuente
	Límite Líquido		Cada jornada o por cambio de fuente.	
LIMPIEZA	Índice de Plasticidad		Cada jornada o por cambio de fuente.	Por jornada de producción de planta
	Equivalente de Arena		Cada semana o por cambio de fuente.	
	Valor de Azul de Metileno		Cada semana o por cambio de fuente.	
	Terrones de arcilla y partículas deleznales		Cada semana o por cambio de fuente.	
GEOMETRIA DE LAS PARTICULAS	Angularidad del agregado fino	Capas de Rodadura	Cada jornada o por cambio de fuente.	
		Capas Intermedias	Cada jornada o por cambio de fuente.	
		Capas de Base	Cada jornada o por cambio de fuente.	
	Peso Especifico y Absorción		Cada mes o por cambio de fuente.	
	Peso unitario aparente			Semanal
	Cantidad del ligante	Proporción de llenante		Por cambio de fuente

Tabla 13. Comparación de frecuencias para el agregado fino de las mezclas asfálticas

Para el agregado fino que constituye las diferentes capas asfálticas de los pavimentos en la ciudad, la introducción de nuevos parámetros de evaluación en cuanto a petrografía, limpieza y geometría representados en los resultados de los ensayos exigidos como lo son el análisis petrográfico, equivalente de arena, azul de metileno, terrones de arcilla y partículas

deleznales; hacen de ésta evaluación un proceso significativamente diferente y generará evidentemente un alto incremento en los costos para llevar a cabo este proceso de control de calidad.

1.2.3.3.3. MEZCLAS ASFÁLTICAS.

PROPIEDAD DE EVALUACION	ENSAYO		MEZCLA ASFALTICA Densa EN CALIENTE IDU ET 2005	MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE INVIAS 2002
			FRECUENCIA	FRECUENCIA
COMPOSICIÓN	Contenido de asfalto		Cada lote o por formula de trabajo	
	Granulometría		Cada lote o por formula de trabajo	
RESISTENCIA	Estabilidad (kg)	Individual	Cada lote o por formula de trabajo	2 muestras por lote (2 probetas por pruebas)
		Promedio	Cada lote	
FLUJO	Flujo (mm)		Cada lote o por formula de trabajo	2 muestras por lote (2 probetas por pruebas)
	Relación Estabilidad / Flujo		Cada formula de trabajo	
COMPACTACIÓN	Densidad	Individual	Cada lote	3 probetas por lote compactado
		Promedio	Cada lote	
	Vacíos con aire (%)		Individual	Cada formula de trabajo
			Promedio	Cada lote
	Vacíos en agregados (%)		Cada formula de trabajo	
	Vacíos llenos de asfalto (%): volumen de asfalto efectivo / vacíos en agregados		Capas rodadura e intermedia	Cada formula de trabajo
	Relación llenante / ligante efectivo, en Peso		Cada formula de trabajo	
	Concentración de Llenante, valor máximo		Cada formula de trabajo	
Resistencia de la mezcla a la acción del agua	Índice de película de asfalto		Cada formula de trabajo	
	Tracción Indirecta		Cada meso por formula de trabajo	2 muestras por lote (2 probetas por pruebas)
TEMPERATURA	Control de temperatura	Temperatura de Salida	cada viaje	
		Temperatura de Compactación		
	Espesor	Individual	Cada lote	3 probetas por lote compactado
		Promedio	Cada lote	
	Exactitud de medición - Tolerancia en cotas	Capa Rodadura	Cada lote	
Capa Intermedia		Cada lote		
Capa Base		Cada lote		

Tabla 14. Comparación de frecuencias para las mezclas asfálticas densas en caliente

Como ya hemos venido mostrando las exigencias de control y los parámetros de evaluación de las mezclas asfálticas en sí mismas, no presentan de una manera certera variaciones significativas, en cambio, los materiales granulares que las constituyen son objeto de análisis minucioso y los cambios que aportan a la mejoría del comportamiento de las estructuras de pavimento recae en el control que se efectúe de la calidad de los mismos en la conformación de las mezclas.

2. EVALUACION DE DISPONIBILIDAD DE MATERIALES Y LABORATORIOS ESPECIALIZADOS

2.1. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES

En el tema referente a disponibilidad de materiales, es necesario definir las fuentes de Materiales, ubicados en las cercanías de la ciudad y del proyecto específico. En la sabana se explotan materiales pétreos en fuentes de tipo aluvial y canteras rocosas; en las primeras se explotan cantos rodados de diferentes tamaños, incluyendo arenas, y en las segundas bloques de areniscas de granos finos a medios con contenidos variables de partículas finas. En la mayor parte de los casos se trata de materiales triturables cuyo origen es sedimentario.

Para la construcción de las vías, se deben considerar las fuentes de materiales más cercanas a la ubicación de los proyectos, sin embargo es importante tener en cuenta los problemas de inestabilidad de laderas, urbanización y otros de carácter ambiental que podrían llegar a impedir, la consideración de ciertas canteras como alternativas viables. En ciudad de Bogotá, el Instituto de Desarrollo Urbano, se encarga de estipular las canteras activas y permitidas para la explotación sostenible sin producir alteraciones considerables en los ecosistemas naturales adyacentes a éstos sitios de explotación.

Algunas de las fuentes de materiales granulares que pueden ser consideradas con costos razonables de transporte son las de la Punta (Siberia), de las cuales pueden obtenerse agregados para bases y subbases; en este caso es necesario establecer si el frente de explotación que se encuentre en la etapa de construcción proporciona materiales competentes, habida cuenta de la presencia de niveles arcillosos y lutíticos intercalados con las areniscas.

Debe indicarse que, en la actualidad, las fuentes de materiales de la Sabana de Bogotá están siendo explotadas intensivamente para suministro de agregados, por lo que es de esperar que varias de las canteras mencionadas en los párrafos anteriores puedan estar a punto de agotarse; además, debe considerarse la variación litológica con el avance del frente de explotación, lo cual redundará inevitablemente en la calidad de los materiales pétreos. En atención a esto, deberá evitarse la extracción de agregados para pavimentos de niveles de arcillolitas, lutitas o areniscas altamente friables, o de cantos rodados que exhiban planos de debilidad o exfoliación.

Como ya se había mencionado anteriormente, en la ciudad de Bogotá es el IDU quien se encarga de regular las canteras permitidas para realizar explotación de recursos y que proporcionan los agregados con las características solicitadas por la normatividad vigente.

De estas canteras que son las permitidas para suministrar los materiales con las características de calidad INVIAS 2002 podemos notar que la ubicación de las mismas varía de la siguiente forma:

CANTERAS INSCRITAS IDU	
AGREGADOS PETREOS	
UBICACION	CANTIDAD
BOGOTA	7
CALERA	1
CARUPA	1
GUAMO	1
MADRID	2
FUSAGASUGA	1
MOSQUERA	6
RICAURTE	1
SAN FRANCISCO	1
SIBATE	1
SUBACHOQUE, EL ROSAL, MADRID	1
SUTATENZA Y SOMONDOCO	1
SOACHA	8
VILLETA	1
TABIO	2

Tabla 15. Canteras autorizadas para suministro de agregados pétreos.

CANTERAS INSCRITAS IDU	
MEZCLAS ASFALTICAS	
UBICACION	CANTIDAD
BOGOTA	5
CAJICA	1
COTA	1
FUSAGASUGA	1
MADRID	2
SOACHA	1
MOSQUERA	10

Tabla 16. Cantidades canteras autorizadas para suministro de mezclas asfálticas.

A partir de la ubicación en la que se encuentran las diferentes canteras, podemos notar tan solo doce (12) se encuentran en el área metropolitana. Adicionalmente, las canteras que están ubicadas en Bogotá, no presentan las posibilidades o no poseen las plantas de trituración y los procesos requeridos para suministrar la clase de agregados exigidos por las especificaciones técnicas IDU ET 2005. La implementación de nuevas exigencias en cuanto a la calidad de los finos y el comportamiento plástico prácticamente nulo, son características de los materiales que al ser extraídos en la explotación que es llevada usualmente en éstas canteras, no pueden ser garantizadas.

Los resultados de equivalentes de arena y valores de azul de metileno exigidos por parte del IDU como nueva medida de control de los agregados finos, creó una serie de dificultades adicionales tanto en la consecución de los materiales por parte de los contratistas, como en la producción de los mismos por parte de las canteras que con relativa facilidad producían los agregados para la construcción de proyectos bajo la norma INVIAS 2002. El incremento en las exigencias de estos parámetros produce que continuamente los proveedores de materiales se vean obligados a traer el material fino, de arena de peña, de municipios como Guamo, Saldaña, Coello y Subachoque, para realizar la preparación de las bases, subbases y mezclas asfálticas y así poder garantizar el cumplimiento de los requisitos de calidad, de las nuevas especificaciones técnicas.

Igualmente, existen proveedores que poseen sus propias plantas de trituración la ubicada en Mosquera de propiedad de Patria S.A. y otra ubicada en Subachoque que logran mediante preparación y mezcla de agregados bajo riguroso control de calidad, efectuar el suministro de materiales que cumplen con las especificaciones del IDU. Esta situación genera la necesidad de que el contratista en la ejecución de sus trabajos tenga que recurrir al uso de canteras que posean sus propias plantas de trituración con altos estándares y cumplimiento de requisitos de calidad, proveedores que usualmente no se encuentran con tanta facilidad, teniendo en cuenta que muchas canteras son explotadas de igual forma desde hace años y no se había realizado ningún tipo de cambio puesto que no se presentaban inconvenientes en la posibilidad de garantizar la calidad de sus agregados pétreos. Situaciones como ésta, en la que no se poseen fuentes de materiales muy cercanas al proyecto, y en el caso de la ciudad de Bogotá que es una constante por lo antes mencionado, se generan para el contratista una incursión en gastos representativamente más altos que los que se venían manejando antes, pagos de largas distancias del transporte de materiales y pago de peajes que se hacen necesarios al trasladarse a éstos municipios para el suministro de los materiales.

2.2. DISPONIBILIDAD DE LABORATORIOS ESPECIALIZADOS

En cuanto a laboratorios especializados para la realización de los ensayos se puede afirmar que existe gran variedad de empresas que pueden realizarlos como parte de los requisitos de calidad que se deben cumplir en los proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá. Las entidades se presentan en la tabla a continuación:

DISPONIBILIDAD DE LABORATORIOS EN LA CIUDAD DE BOGOTA	
EMPRESA	UBICACION
PAVIC CONC LTDA	CI 24B # 27A-36
CONCALIDAD LABORATORIOS	Cr 70G # 118-28
COINGECIVIL LTDA. 920	CI 11B # 80B-16
AGRILAB LTDA	CI 79B # 70-16
AGROSOIL LAB	Cr 49A # 94Bis-11
ANASCOLO	Cr 53C # 128B-14 P- 2
ASERYLAQ E.U.	Cr 25 # 39-57
CARVAJAL LUZ MARINAO	Cr 13Bis # 153A-75 Int 3 Apto 203
CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOSO	Cr 68L Bis A # 37
CONCRESERVICIOS LTDA.	CI 22C # 130-51 Bdg 6
E Y G INGENIERÍA0	Dg 6A # 13-37 Engt
E.I.E. ECHEVERRY INGENIERÍA Y ENSAYOS LTDA.0	Cr 29C # 71A-30
GEOCEM LTDA0	CI 165 # 8F-88
GEOCRETOS	Cr 80 # 41B-04 Sur
GEOMECC LTDA.	CI 39B # 72F-39 Sur
GEOSTEC LTDA.	CI 21 # 5-59 Of 401
GEOTOMOGRAFÍA INGENIERÍA DE POZOS LTDA.	CI 74 # 15-80 Of 315 Int 1
INGEOLAB - LABORATORIO DE ING. CIVILO	CI 1 # 4-41 Mosquera
INGEPRUEBAS LTDA0	Cr 46 # 127D-21
INPASUELC LTDA	Cr 118A 63 #15-05
JHS INGENIERÍA E.U.	CI 50 # 13-19 Of 303
LABINCIV LTDA.	CI 34A # 127-75
LABORATORIOS CONTECÓN-URBAR S.A.	Cr 69Q # 78-52
LABORATORIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD0	CI 80 # 68H-25
LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS HERNÁN RAMOS CLEVES0	CI 161A # 16A-15
LABORATORIO MULTIANALISIS E.U	CI 38A Sur # 72H-16
LASCANO Y ESGUERRA CÍA. LTDA.	Tr 85 # 42A-14
P&P LTDA.	CI 29 # 6-58 Of 801
PALACIO EDUARDO	CI 75A # 23-15
ROJAS CÁRDENAS CLAUDIO ENRIQUE	Cr 105 # 64A-11
ROSSEMBERG & REPRESENTACIONES LTDA.	Cr 65 # 70-09
SIERRA LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS E.U.	Cr 86A # 84A-52
SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS & CÍA. LTDA.	CI 79A # 63-60
SUPACÓN GEOTÉCNICA E INDUSTRIA LTDA.	CI 18Sur # 68I-08
TECNIANALISIS S.A.	CI 73 # 20-81
TERRATEST LABORATORIO DE SUELOS ROCAS Y MATERIALES LTDA.0	Cr 59C # 130-38

Tabla 17. Disponibilidad de Laboratorios en la ciudad de Bogotá.

Sin embargo, es importante aclarar que la implementación de las normas IDU ET 2005, trajo consigo la inclusión de ensayos de laboratorio que encaminados a realizar una evaluación más detallada de las propiedades y comportamiento de los materiales utilizados en los pavimentos locales, produjo la necesidad en éstas empresas de incluir procedimientos que antes no eran efectuados y realizar inversiones para cubrir las necesidades del sector de la construcción vial.

Adicionalmente, las frecuencias de realización de los ensayos para evaluar algunos parámetros de calidad de los agregados sufrieron un importante incremento. Las condiciones para recibo de los trabajos para las capas granulares en la implementación de la nueva especificación, exige en su implementación la realización de verificaciones de su granulometría, índice plástico, equivalente de arena, valor de azul de metileno y CBR de los materiales después de compactados. En sí mismas, este tipo de exigencias hacen del control de calidad una actividad constante y permanente antes, durante y después de la colocación de las capas estructurales al servicio.

Con el fin de determinar la incidencia en los costos de los proyectos del control de calidad requerido para cada una de las especificaciones técnicas, a continuación se presenta una relación de los costos unitarios de los ensayos requeridos en las especificaciones anteriores (INVIA 2002) y los adicionados como parte de la implementación de la norma IDU ET 2005 para llevar a cabo éste tipo de obra civiles:

2.2.1. PRECIOS UNITARIOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD

2.2.1.1. ENSAYOS DE LABORATORIO NORMA INVIAS 2002.

La tabla mostrada a continuación, muestra los ensayos de laboratorio que eran exigidos en la normatividad existente para la construcción de pavimentos en la ciudad de Bogotá y que tras la implementación de las especificaciones técnicas de construcción IDU ET 2005 prevalecen en su evaluación.

ENSAYOS NORMATIVIDAD ANTERIOR		PRECIO UNITARIO
Granulometría		42000
Desgaste de los Angeles	En seco, 500 revoluciones	\$ 60,000
Indice de plasticidad		\$ 30,000
Equivalente de arena		\$ 44,000
CBR		\$ 150,000
Densidad seca promedio (Dp)		\$ 30,000
Densidad seca mínima individual (Emi)		
Indice de aplanamiento		\$ 25,000
Indice de alargamiento		\$ 25,000

Tabla 18. Precios unitarios ensayos de laboratorio NORMA INVIAS 2002.

2.2.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO ADICIONALES NORMA IDU ET 2005.

La tabla que se presenta a continuación, enuncia los ensayos de laboratorio que fueron incluidos dentro del proceso de control de calidad de los agregados que constituyen las capas granulares y asfálticas de las estructuras de pavimento a partir de la introducción de las especificaciones IDU ET 2005.

ENSAYOS INCLUIDOS POR ESPECIFICACION IDU ET 2005		PRECIO UNITARIO
Análisis Petrográfico		\$ 800,000
Desgaste de los Angeles	48 horas de inmersión, 500 revoluciones	\$ 75,000
Micro Deval	Agregado grueso	\$ 135,000
10% finos	Valor en seco	\$ 160,000
	Relación húmedo/seco	
Valor de azul de metileno		\$ 110,000
Terrones de arcilla y partículas delezables		\$ 20,000
Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	\$ 25,000
	2 caras	
Módulo resiliente	Sólo aplica para tránsitos T4 y T5	\$ 740,000
Angularidad del agregado fino (contenido de vacíos de agregado fino)		\$ 60,000

Tabla 19. Precios unitarios ensayos de laboratorio NORMA IDU ET 2005.

3. EVALUACION COMPARATIVA DE LA APLICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES INVIAS 2002 E IDU 2005 EN UN MISMO PROYECTO

3.1. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO DE REFERENCIA

El propósito de este capítulo es realizar una evaluación comparativa de la utilización de cada una de las normas en un proyecto de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá. Para esto, estamos considerando un proyecto enmarcado en la rehabilitación de pavimentos locales correspondientes a una (1) localidad de la ciudad de Bogotá como lo es Bosa. Con el fin de comprender y estudiar todos los factores que aportan a ésta comparación a continuación se presenta una descripción de la localidad y del proyecto específico de nuestro interés:

La localidad de Bosa, se ubica en la parte plana de la Sabana de Bogotá y en el piedemonte de los cerros orientales y suroccidentales, ocupa terrenos comprendidos entre una altitud cercana a los 2400 metros sobre el nivel del mar en la parte más baja, y 3100 msnm en su parte más alta clasificándose dentro del piso térmico frío **1**, es una de las localidades más densamente pobladas de la Ciudad y posee una extensión territorial de 2391.37 hectáreas de las cuales 1930.11 corresponden al casco urbano. Se encuentra limitada por al Sur con la Autopista Sur y la localidad de Ciudad Bolívar, al Occidente con el municipio de Soacha, al Norte y Oriente con Kennedy.

¹ www.redbogota.com

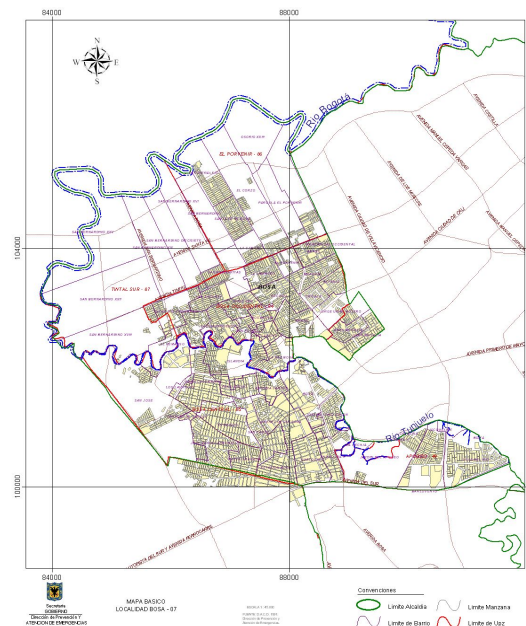


Figura 6. Localización Espacial de la localidad de Bosa

3.2. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO A EVALUAR

En términos generales, esta localidad presenta una variedad de vías que requieren atención por parte del distrito; por esto surgen ésta clase de proyectos que con el aval del Instituto de Desarrollo Urbano tienen el fin de mejorar la movilidad y las condiciones de serviciabilidad de las vías de éstos sectores de la ciudad, que presentan principalmente volúmenes medios y altos de tránsito conformados en su mayor parte por vehículos de transporte público.

La vía objeto de estudio es una de las principales colectoras del tránsito que entra a la localidad, sus características con el propósito de evaluar las implicaciones de la utilización de cada una de las especificaciones técnicas de construcción, basándose en los estudios de tránsito y pavimentos previamente establecidos son las siguientes:

- Longitud: 1747.53 m
- Ancho de calzada: 9 m
- La base granular a emplear en el diseño de la vía para la utilización de la especificación IDU, será de tipo BG-A y debe cumplir con la sección 400-05, para tránsitos T4-T5². Con el fin de realizar la comparación con la norma INVIAS 2002, se supondrá la misma estructura de pavimento pero con la utilización de base BG1.
- Para el diseño se consideró una subbase granular nueva tipo SBG-A y la subbase granular deberá cumplir las normas IDU ET-2005 sección 400-05, para tránsitos T4-T5². De igual manera, para las especificaciones INVIAS 2002, se considerará la misma estructura de pavimento con SBG1.
- Dependiendo del equipo de compactación el espesor para la norma IDU ET 2005 podrá manejarse en dos (2) capas, la primera debe ser de tipo MD20 y la segunda debe ser una MD12². Así mismo, los espesores para la Norma INVIAS se supondrán equivalentes pero mediante la utilización de mezclas tipo MDC-1 y MDC-2.

A continuación se presenta un esquema de la estructura de pavimento que se ha de considerar para la comparación de costos entre las normatividades INVIAS 2002 e IDU ET 2005:

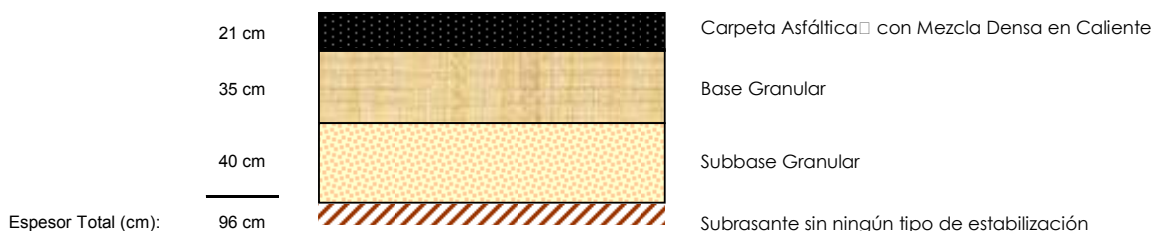


Figura 7. Estructura de pavimento recomendada desde el punto de vista técnico para el corredor en análisis

² Estudio final de Diseño de Pavimentos para el corredor de movilidad local CML-709. Auscultar LTDA.

CARACTERISTICAS CORREDOR VIAL CML-709			
ancho (m)	9	long (m)	1,747.53
CANTIDADES OBRA			
CAPA	ESPESOR M	CANTIDAD M3	
SUBBASE GRANULAR	0.4	6,291.11	
BASE GRANULAR	0.35	5,504.72	
MD-20/MDC-1	0.14	2,201.89	
MD-12/MDC-2	0.07	1,100.94	

Tabla 20. Características generales del proyecto objeto de análisis.

Por la ubicación del proyecto en el suroccidente de la ciudad, en materia de consecución de materiales se requiere realizar la selección las canteras que suministrarán los materiales para construcción de pavimentos aprobados por el Instituto de Desarrollo Urbano teniendo en cuenta la cercanía al proyecto de referencia; adicionalmente se deben realizar ciertas consideraciones, en los casos en que canteras ubicadas en las cercanías por condiciones ambientales o de otra índole no puedan cumplir con los requerimientos como es el caso de las canteras Bellavista sector Quiba, Cantera Villa Paula en la Vereda Mochuelo, y el Cerro contiguo a Villa gloria que por problemas de inestabilidad de laderas y urbanización, no son consideradas alternativas viables. Este estudio inicial de disponibilidad de materiales permite realizar las definiciones de costos de transporte, de adquisición de materiales pétreos y mezclas asfálticas, pagos de peajes, y cualquier otra clase de consideración adicional para llevar a cabo el proyecto y efectuar el análisis de costos para las actividades de construcción regidas por las diferentes especificaciones técnicas.

Municipio	Explotacion/Planta/Escombrera	Razón social
AGREGADOS PETREOS	BOGOTA	CANTERA BELLAVISTA SECTOR QUIBA CIUDAD BOLIVAR BOGOTA
AGREGADOS PETREOS	BOGOTA	CANTERA VILLA PAULA, VEREDA MOCHUELO, LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR, BOGOTA D.C.
AGREGADOS PETREOS	BOGOTA	CERRO CONTIGUO A VILLA GLORIA CIUDAD BOLIVAR DE BOGOTA

Tabla 21. Canteras en las cercanías del proyecto excluidas por condiciones ambientales

3.2.1. CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACION COMPARATIVA DEL PROYECTO DE REFERENCIA

En la ejecución de las obras correspondientes a éste corredor de movilidad local, para poder realizar un análisis de costos, que pueda evidenciar las diferencias entre la aplicación de las especificaciones técnicas, se van a considerar las siguientes condiciones:

- Periodo de análisis: Cuatro (4) meses, en el que se ejecutará la construcción de la estructura de pavimento incluyendo las subbases, bases y capas asfálticas.
- Los costos de los materiales, son los ofrecidos por cada una de las canteras para el año 2008.
- Las jornadas de producción de las plantas de trituración se realizan una vez al mes.
- El transporte de materiales de subbase granular, base granular y mezclas asfálticas se hace mensualmente y en cantidades iguales cada mes.
- Las frecuencias de toma de ensayos de laboratorio se ceñirán a lo mencionado en cada una de las normas, teniendo en cuenta la utilización de todos los materiales en cada uno de los meses del año.

- Durante todo el año los materiales con calidad IDU son suministrados de la Planta Patria S.A. ubicada en Mosquera y para realizar la comparación con las normas INVIAS 2002 los materiales de esa calidad para bases y subbases granulares son suministrados por parte de la Cantera san Fernando en Mosquera y para mezclas asfálticas por parte de PATRIA S.A. La distancia promedio de localización de éstas canteras con respecto a la obra objeto de análisis es de entre 15 y 17 Km. El precio de pago considerado es de 650\$m³/Km.

3.3. EVALUACION DE DISPONIBILIDAD Y COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIALES

Debido a que se está analizando un proyecto puntual, y que como se ha mencionado en las cercanías la única cantera en la que existe una planta de trituración que puede garantizar la calidad de los materiales tipo IDU, es en Mosquera en la Planta de Patria S.A; se considerará esta Planta para el suministro de los materiales que cumplan con éstas especificaciones y para el suministro de materiales tipo INVIAS 2002, se va a recurrir a la Cantera San Fernando. Adicionalmente, se considerará que durante todo el periodo de análisis se producen viajes de materiales de manera constante, y con cantidades iguales cada mes.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se hace necesario definir el costo asumido por concepto de pago de transporte. Sin embargo, para lograr definirlo con claridad se deben considerar los de pago de cada m³ por km transportado y los gastos adicionales como lo son el pago de peajes puesto que las canteras se encuentran en los municipios aledaños a la ciudad de Bogotá. Para las canteras ubicadas en Mosquera se requiere un gasto de quince mil novecientos pesos mcte (15.900) por cada viaje en cada uno de sus recorridos. Éstas consideraciones se tuvieron en cuenta para el cálculo

del precio unitario de transporte en unidad de m3 para cada una de las fuentes de material, como se muestra en la tabla siguiente:

MATERIALES INVIAS 2002				
TIPO DE MATERIAL	Municipio	Explotacion/Planta/Escombrera	Distancia acarreo (KM)	Precio transporte obra/m3
SUBBASE Y BASE GRANULAR	MOSQUERA	CANTERA SAN FERNANDO FINCA VISTA HERMOSA VEREDA BALSILLAS MOSQUERA	17	\$ 13,321.43
MEZCLAS ASFALTICAS	MOSQUERA	PATRIA S.A.KILOMETRO 6 VIA MOSQUERA LA MESA VISTAHERMOSA VEREDA BALSILLAS MOSQUERA	15	\$ 12,021.43

Tabla 22. Canteras para suministro materiales INVIAS 2002

MATERIALES IDU ET 2005				
TIPO DE MATERIAL	Municipio	Explotacion/Planta/Escombrera	Distancia acarreo (KM)	Precio transporte obra/m3
MEZCLAS ASFALTICAS	MOSQUERA	PATRIA S.A.KILOMETRO 6 VIA MOSQUERA LA MESA VISTAHERMOSA VEREDA BALSILLAS MOSQUERA	15	\$ 12,021.43
SUBBASE Y BASE GRANULAR	MOSQUERA	MOSQUERA CUNDINAMARCA KILOMETRO 6 VIA LA MESA SUBESTACION BALSILLAS	15	\$ 12,021.43

Tabla 23. Canteras para suministro materiales IDU ET 2005



Foto 1. Cantera Explotación Patria S.A. Mosquera CND

A partir de las cantidades de obra que se manejan en el proyecto de referencia para cada una de las especificaciones se ocasionarán los siguientes costos por concepto de transporte de materiales:

MATERIALES INVIAS 2002			
TIPO DE MATERIAL	Cantidad	Precio transporte obra/m3	Costo total
SBG1 INVIAS 2002	6291	\$ 13,321.43	\$ 83,806,545.86
BG1	5505	\$ 13,321.43	\$ 73,330,727.63
MDC-1	2202	\$ 12,021.43	\$ 26,469,836.91
MDC-2	1101	\$ 12,021.43	\$ 13,234,918.46

Tabla 24. Costos de transporte de materiales INVIAS 2002

MATERIALES IDU ET 2005			
TIPO DE MATERIAL	Cantidad	Precio transporte obra/m3	Costo total
SUBBASE GRANULAR A T4-T5	6291	\$ 12,021.43	\$ 75,628,105.46
BASE GRANULAR 1 T4-T5	5505	\$ 12,021.43	\$ 66,174,592.28
MD-20 T4-T5	2202	\$ 12,021.43	\$ 26,469,836.91
MD12 T4-T5	1101	\$ 12,021.43	\$ 13,234,918.46

Tabla 25. Costos de transporte de materiales IDU ET 2005

3.3.1. EVALUACION DE COSTOS DE MATERIALES

Los precios de los materiales que van a ser considerados en la evaluación comparativa se ilustra a continuación:

INVIAS	PRECIO UNITARIO	IDU	PRECIO UNITARIO
BG1	\$ 50,540.00	BASE GRANULAR 1 T4-T5	\$ 63,585.00
SBG1 INVIAS 2002	\$ 49,867.00	SUBBASE GRANULAR A T4-T5	\$ 60,500.00
MDC-1	\$ 234,985.00	MD-20 T4-T5	\$ 393,463.00
MDC-2	\$ 240,597.00	MD12 T4-T5	\$ 407,909.26

Tabla 26. Costos de materiales

A partir de las cantidades de obra que se manejan en el proyecto de referencia para cada una de las especificaciones se ocasionarán los siguientes costos por concepto de costo de materiales:

MATERIALES INVIAS 2002			
TIPO DE MATERIAL	Cantidad	Precio unitario	Costo total
SBG1 INVIAS 2002	6291	\$ 49,867.00	\$ 313,718,683
BG1	5505	\$ 50,540.00	\$ 278,208,524
MDC-1	2202	\$ 234,985.00	\$ 517,410,605
MDC-2	1101	\$ 240,597.00	\$ 264,883,800

Tabla 27. Costos de materiales INVIAS 2002

MATERIALES IDU ET 2005			
TIPO DE MATERIAL	Cantidad	Precio unitario	Costo total
SUBBASE GRANULAR A T4 T5	6291	\$ 60,500.00	\$ 380,612,034
BASE GRANULAR 1 T4 T5	5505	\$ 63,585.00	\$ 350,017,589
MD-20 T4-T5	2202	\$ 393,463.00	\$ 866,361,379
MD12 T4-T5	1101	\$ 407,909.26	\$ 449,085,212

Tabla 28. Costos de materiales IDU ET 2005

3.4. EVALUACION DE COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD

Para realizar el análisis de los costos de la subbase granular y la base granular en cuanto a control de calidad, se debe tener en cuenta que para los ensayos que sean requeridos por cambio de fuente se realizarán una (1) solo vez puesto que las consideraciones generales especifican que se mantendrá una sola fuente de suministro de material durante el periodo de análisis. De igual manera para los ensayos que requieren realizarse para cada jornada de producción, que es considerada una vez por mes, serán necesarios cuatro (4) procedimientos para todo el proyecto que generarán los costos proporcionales a ésta exigencia; los de frecuencia mensual se realizarán en cuatro (4) ocasiones y los de frecuencia semanal tendrán que ser efectuados diez y seis (16) veces.

Para comprender el efecto producido en los costos de control de calidad de los materiales después de compactados, surge el concepto de **lote** que puede definirse de las siguientes formas:

- Doscientos cincuenta metros lineales (250ml) de capa granular compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de capa granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo³.

Habiendo definido esto, para el análisis de costos y teniendo en cuenta las características del proyecto que es objeto de análisis, podemos decir que las frecuencias considerables para la realización de estos procedimientos, pueden ser las siguientes:

³ Sección 400.5.3 Control de calidad del producto terminado. CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUBBASE IDU 400-05 pag. 12

- Teniendo en cuenta la longitud de la vía preestablecida de 1747.53, la frecuencia sería de $(1747.53/250= 6.99)$, es decir, 7 lotes durante la ejecución del proyecto.
- Analizando el área total de la vía de análisis, la frecuencia sería $(1747.53*9/1750 = 8.98)$, es decir, nueve (9) lotes durante la ejecución del proyecto.
- Las condiciones de trabajo en un proyecto de ésta clase, presentan una alta variabilidad, por ésta razón y teniendo en cuenta que el interés se encuentra en evaluar las diferencias que se presentan en la utilización de las especificaciones anteriores y las IDU ET 2005, suponemos que las condiciones de trabajo permiten que durante las jornadas de trabajo se superen los doscientos cincuenta metros lineales (250 ml), o los mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750m²) requiriéndose entonces la utilización alguna de las frecuencias anteriormente establecidas. Es claro que ésta situación es demasiado ideal y no considera ninguna clase de variabilidad presente en las condiciones climáticas e imprevistos en obra, rendimientos del personal y de los equipos necesarios para efectuar los trabajos, pero para efectos del análisis propuesto se va a considerar de ésta manera.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriormente expuestos, se tendrá en cuenta la situación más costosa que es la realización de los procedimientos en nueve lotes.

3.4.1. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD SUBBASES GRANULARES

COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD SUBBASE GRANULAR							
ENSAYO	IDU ET 2005			INVIAS 2002			
	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	
Granulometría	Por jornada de producción de planta			Por jornada de producción de planta	\$ 42,000	\$ 168,000.00	
Relación de polvo: % tamiz 0.075 mm / % tamiz 0,425 mm	Por jornada de producción de planta	\$ 42,000	\$ 168,000.00				
Tamaño máximo nominal	Por jornada de producción de planta						
Análisis Petrográfico	Por cambio de fuente	\$ 800,000	\$ 800,000.00			\$ 0.00	
Desgaste de los Angeles	En seco, 500 revoluciones	Mensual	\$ 60,000	\$ 240,000.00	Por cambio de fuente	\$ 60,000	\$ 60,000.00
	En seco, 100 revoluciones	Mensual					
	48 horas de inmersión, 500 revoluciones	Mensual	\$ 75,000	\$ 300,000.00			\$ 0.00
	Relación húmedo/seco, 500 revoluciones	Mensual					
Micro Deval	Agregado grueso	Mensual	\$ 135,000	\$ 540,000.00		\$ 0.00	
10% finos	Valor en seco	Mensual					
	Relación húmedo/seco	Mensual	\$ 160,000	\$ 640,000.00		\$ 0.00	
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	Sulfato de Magnesio	Mensual	\$ 54,000	\$ 216,000.00	Por cambio de fuente	\$ 54,000	\$ 54,000.00
					Por cambio de fuente		
Limite líquido	Por jornada de producción de planta	\$ 30,000	\$ 120,000.00			\$ 120,000.00	
Indice de plasticidad	Por jornada de producción de planta			Por jornada de producción de planta	\$ 30,000		
Equivalente de arena	Semanal	\$ 44,000	\$ 704,000.00	Semanal	\$ 44,000	\$ 704,000.00	
Valor de azul de metileno	Semanal	\$ 110,000	\$ 1,760,000.00			\$ 0.00	
Terrones de arcilla y partículas	Semanal	\$ 20,000	\$ 320,000.00			\$ 0.00	
Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	Por jornada de producción de planta	\$ 25,000	\$ 100,000.00			\$ 0.00
	2 caras	Por jornada de producción de planta					
CBR	Referida al 95% de la densidad seca máxima después de 4 días de inmersión	Mensual	\$ 150,000	\$ 600,000.00	Mensual	\$ 150,000	\$ 600,000.00
Módulo resiliente	Sólo aplica para tránsitos T4 y T5	Por cambio de fuente	\$ 740,000	\$ 740,000.00			\$ 0.00
Densidad seca promedio (Dp)	Referido al 100% de la densidad seca máxima obtenida en el proctor modificado	Cada lote	\$ 30,000	\$ 270,000.00	Cada lote	\$ 30,000	\$ 270,000.00
Densidad seca mínima individual (Emi)	Referida al 100% de la densidad seca promedio (se acepta 1 muestra del lote que no cumple)	Cada lote			Cada lote		
Espesor promedio (Ep)	Referido al espesor de diseño (Ed)	Cada lote			Cada lote		
Espesor mínimo individual (Emi)	Referido al espesor de diseño (Ed) (se acepta 1 muestra por lote que no cumple)	Cada lote			Cada lote		
COSTOS CONTROL CALIDAD SUBBASES GRANULARES			IDU ET 2005		INVIAS 2002		
			\$ 7,518,000		\$ 1,976,000		

Tabla 29. Costos de control de calidad subbases granulares.

3.4.2. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD BASES GRANULARES

COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD BASE GRANULAR							
ENSAYO	IDU ET 2005			INVIAS 2002			
	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	
Granulometría	Por jornada de producción de planta			Por jornada de producción de planta			
Relación de polvo: % tamiz 0,075 mm / % tamiz 0,425 mm	Por jornada de producción de planta	\$ 42,000	\$ 168,000		\$ 42,000	\$ 168,000	
Tamaño máximo nominal	Por jornada de producción de planta						
Análisis Petrográfico	Por cambio de fuente	\$ 800,000	\$ 800,000			\$ 0	
Desgaste de los Angeles	En seco, 500 revoluciones	Mensual	\$ 60,000	\$ 240,000	Mensual	\$ 60,000	\$ 240,000
	En seco, 100 revoluciones	Mensual					
	48 horas de inmersión, 500 revoluciones	Mensual					\$ 0
	Relación humedo/seco, 500 revoluciones	Mensual	\$ 75,000	\$ 300,000			\$ 0
Micro Deval	Agregado grueso	Mensual	\$ 135,000	\$ 540,000		\$ 0	
10& finos	Valor en seco	Mensual				\$ 0	
	Relación humedo/seco	Mensual	\$ 160,000	\$ 640,000		\$ 0	
Pérdidas en ensayo de	Sulfato de Magnesio	Mensual	\$ 54,000	\$ 216,000	Mensual	\$ 54,000	\$ 216,000
		Mensual					
Limite líquido	Por jornada de producción de planta	\$ 30,000	\$ 120,000			\$ 120,000	
Indice de plasticidad	Por jornada de producción de planta			Por jornada de producción de planta	\$ 30,000		
Equivalente de arena	Semanal	\$ 44,000	\$ 704,000	Semanal	\$ 44,000	\$ 704,000	
Valor de azul de metileno	Semanal	\$ 110,000	\$ 1,760,000			\$ 0	
Terrones de arcilla y partículas	Semanal	\$ 20,000	\$ 320,000			\$ 0	
Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	Por jornada de producción de planta	\$ 25,000	\$ 100,000	Por jornada de producción de planta	\$ 25,000	\$ 100,000
	2 caras	Por jornada de producción de planta					
Índice de aplanamiento	Semanal	\$ 25,000	\$ 400,000		\$ 25,000	\$ 400,000	
Índice de alargamiento	Semanal	\$ 25,000	\$ 400,000		\$ 25,000	\$ 400,000	
Angularidad del agregado fino (contenido de vacíos de agregado fino)	Por jornada de producción de planta	\$ 60,000	\$ 240,000				
CBR	Referida al 100% de la densidad seca máxima después de 4 días de inmersión	Mensual	\$ 150,000	\$ 600,000	Mensual	\$ 150,000	\$ 600,000
Módulo resiliente	Sólo aplica para tránsitos T4 y T5	Por cambio de fuente	\$ 740,000	\$ 740,000			
Densidad seca promedio (Dp)	Referido al 100% de la densidad seca máxima obtenida en el proctor modificado	Cada lote			Cada lote		\$ 270,000
Densidad seca mínima individual (Emi)	Referida al 100% de la densidad seca promedio (se acepta 1 muestra del lote que no cumpla)	Cada lote	\$ 30,000	\$ 270,000	Cada lote	\$ 30,000	\$ 270,000
Espesor promedio (Ep)	Referido al espesor de diseño (Ed)	Cada lote			Cada lote		
Espesor mínimo individual (Emi)	Referido al espesor de diseño (Ed) (se acepta 1 muestra por lote que no cumpla)	Cada lote			Cada lote		
COSTOS CONTROL CALIDAD BASES GRANULARES			IDU ET 2005	\$ 8,558,000	INVIAS 2002	\$ 3,218,000	

Tabla 30. Costos de control de calidad bases granulares.

De igual manera como se aclaró la definición de lote para las capas granulares y su control de calidad, para las mezclas asfálticas se definen las siguientes especificaciones para la aceptación o rechazo del denominado ***lote***:

Será la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de mezcla asfáltica en caliente colocada
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla asfáltica en caliente colocada
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo⁴.

Tras definir esto podemos decir que, las consideraciones a saber son las siguientes:

- Teniendo en cuenta la longitud de la vía preestablecida de 1747.53, la frecuencia sería de $(1747.53/500= 3.49)$, es decir, cuatro (4) lotes durante la ejecución del proyecto.
- Analizando el área total de la vía de análisis, la frecuencia sería $(1747.53*9/3500 =4.5)$, es decir, cinco (5) lotes durante la ejecución del proyecto.
- Igualmente por cuestiones de practicidad se asume que las jornadas de trabajo aportan cantidades superiores a las de las dos consideraciones anteriores, por lo que son éstas las que se evalúan.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriormente expuestos, se tendrá en cuenta la situación más costosa que es la realización de los procedimientos en cinco (5) lotes.

⁴ **510.6.6 Control de calidad del producto terminado MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS IDU 510-05 pag. 31**

3.4.3. COSTOS DE CONTROL DE CALIDAD MEZCLAS ASFÁLTICAS

3.4.3.1. AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSAS EN CALIENTE							
ENSAYO	IDU ET 2005			INVIAS 2002			
	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	
Análisis Petrográfico	Cada cambio de fuente	\$ 800,000.00	\$ 800,000			\$ 0	
Desgaste Los Angeles (Capas de Base e Intermedias, excepto Mezclas de Alto Módulo)	En seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 60,000.00	Mensual	\$ 60,000	\$ 240,000	
	En seco, 100 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.					
	48 horas de inmersión, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 75,000.00			\$ 0	
	Relación húmedo/seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.					
Desgaste Los Angeles (Capas de Rodadura)	En seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 0	Mensual	\$ 60,000	\$ 0	
	En seco, 100 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.					
	48 horas de inmersión, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 0			\$ 0	
	Relación húmedo/seco, 500 revoluciones	Cada mes o por cambio de fuente.					
Micro Deval	Capas de Base e Intermedias	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 135,000.00	\$ 540,000		\$ 0	
Micro Deval	Capas de Rodadura	Cada mes o por cambio de fuente.		\$ 0		\$ 0	
10% de Finos (Capas de Base e Intermedias, excepto)	Valor en seco	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 160,000.00			\$ 0	
	Relación húmedo/seco	Cada mes o por cambio de fuente.					
10% de Finos (Capas de Rodadura)	Valor en seco	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 0			\$ 0	
	Relación húmedo/seco	Cada mes o por cambio de fuente.					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	Sulfato de Magnesio	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 54,000.00	\$ 216,000	Mensual	\$ 54,000	\$ 216,000
					Mensual		
Partículas fracturadas mecánicamente	1 cara	Cada jornada o por cambio de fuente.	\$ 25,000.00	\$ 100,000	Por jornada de producción de planta	\$ 25,000	\$ 100,000
	2 caras	Cada jornada o por cambio de fuente.					
Índice de Aplanamiento		Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 25,000.00	\$ 100,000	Semanal	\$ 25,000	\$ 100,000
Índice de Alargamiento		Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 25,000.00	\$ 100,000	Semanal	\$ 25,000	\$ 100,000
Peso Especifico y Absorción		Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 32,000.00	\$ 128,000			
COSTOS CONTROL CALIDAD AGREGADO GRUESO MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSAS EN CALIENTE			IDU ET 2005			INVIAS 2002	
			\$ 3,164,000			\$ 756,000	

Tabla 31. Costos de control de calidad de agregado grueso de mezclas asfálticas.

EVALUACION COMPARATIVA DE LA APLICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES INVIAS 2002 E IDU 2005 EN UN MISMO PROYECTO

Estos costos de control de calidad del agregado grueso, se presentan tanto para capas de base, intermedias y de rodadura.

3.4.3.2. AGREGADO FINO

AGREGADO FINO MEZCLAS ASFALTICAS DENSAS EN CALIENTE						
ENSAYO	IDU ET 2005			INVIAS 2002		
	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL PROYECTO (ANUAL)
Análisis Petrográfico	Cada cambio de fuente	\$ 800,000.00	\$ 800,000			\$ 0
Proporción de arena natural (en peso)	Capas de Rodadura			Por cambio de fuente		\$ 0
	Capas Intermedias			Por cambio de fuente		\$ 0
	Capas de Base			Por cambio de fuente		\$ 0
Pérdidas en ensayo de Sulfato de Magnesio	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 54,000.00	\$ 216,000	Por cambio de fuente	\$ 54,000	\$ 216,000
Límite Líquido	Cada jornada o por cambio de fuente.	\$ 30,000.00	\$ 120,000	Por cambio de fuente		\$ 120,000
Índice de Plasticidad	Cada jornada o por cambio de fuente.			Por jornada de producción de planta	\$ 30,000	
Equivalente de Arena	Cada semana o por cambio de fuente.	\$ 44,000.00	\$ 704,000			\$ 0
Valor de Azul de Metileno	Cada semana o por cambio de fuente.	\$ 110,000.00	\$ 1,760,000			\$ 0
Terrones de arcilla y partículas deleznales	Cada semana o por cambio de fuente.	\$ 20,000.00	\$ 320,000			\$ 0
Angularidad del agregado fino	Capas de Rodadura	Cada jornada o por cambio de fuente.	\$ 60,000.00	\$ 240,000		\$ 0
	Capas Intermedias	Cada jornada o por cambio de fuente.		\$ 0		\$ 0
	Capas de Base	Cada jornada o por cambio de fuente.		\$ 0		\$ 0
Peso Especifico y Absorción	Cada mes o por cambio de fuente.	\$ 32,000.00	\$ 128,000			\$ 0
Peso unitario aparente	Semanal	\$ 15,000	\$ 240,000			\$ 0
COSTOS CONTROL CALIDAD AGREGADO FINO MEZCLAS ASFALTICAS DENSAS EN CALIENTE			IDU ET 2005			INVIAS 2002
			\$ 4,528,000			\$ 336,000

Tabla 32. Costos de control de calidad de agregado fino de mezclas asfálticas.

Estos costos de control de calidad del agregado fino, se presentan tanto para capas de base, intermedias y de rodadura. Es importante aclarar que en el análisis de costos, el control de calidad de la mezcla asfáltica presenta las diferencias más determinantes en las características y en la evaluación de sus agregados gruesos y finos. Por esto el análisis de costos se limita a estos materiales más que a la mezcla preparada en sí, puesto que los ensayos requeridos para su evaluación son los mismos que se manejaban

con anterioridad y su inclusión dentro del análisis económico no aporta considerablemente.

A partir del análisis realizado en cuanto a costos de materiales, transporte y control de calidad de los mismos, se presenta el resumen de todos estos resultados en la tabla a continuación:

TIPO DE MATERIAL	\$ MATERIAL	TRANSPORTE	CONTROL DE CALIDAD	TOTAL
SBG1 INVIAS 2002	\$ 313,718,683	\$ 83,806,546	\$ 1,976,000	\$ 399,501,228
BG1	\$ 278,208,524	\$ 73,330,728	\$ 3,218,000	\$ 354,757,251
MDC-1	\$ 517,410,605	\$ 26,469,837	\$ 1,092,000	\$ 544,972,442
MDC-2	\$ 264,883,800	\$ 13,234,918	\$ 1,092,000	\$ 279,210,718
SUBBASE GRANULAR A T4 T5	\$ 380,612,034	\$ 75,628,105	\$ 7,518,000	\$ 463,758,139
BASE GRANULAR 1 T4 T5	\$ 350,017,589	\$ 66,174,592	\$ 8,558,000	\$ 424,750,182
MD-20 T4-T5	\$ 866,361,379	\$ 26,469,837	\$ 7,692,000	\$ 900,523,216
MD12 T4-T5	\$ 449,085,212	\$ 13,234,918	\$ 7,292,000	\$ 469,612,130

Tabla 33. Comparación de costos materiales INVIAS 2002 e IDU ET 2005

El análisis de costos arrojó los resultados que a partir del análisis detallado se habían ido evidenciando, los costos del material, y del control de calidad del mismo en las nuevas especificaciones IDU ET 2005 presentan un incremento altamente significativo en comparación con la norma INVIAS, que porcentualmente se puede calcular como se muestra en la tabla a continuación:

EVALUACION COMPARATIVA DE LA APLICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES INVIAS 2002 E IDU 2005 EN UN MISMO PROYECTO

MATERIAL	INVIAS	IDU	% de sobrecosto
SUBBASE GRANULAR	\$ 399,501,228	\$ 463,758,139	16.1%
BASE GRANULAR	\$ 354,757,251	\$ 424,750,182	19.7%
CAPA ASFALTICA	\$ 544,972,442	\$ 900,523,216	65.2%
CAPA DE RODADURA	\$ 279,210,718	\$ 469,612,130	68.2%
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	\$ 1,578,441,639	\$ 2,258,643,668	43.1%

Tabla 34. Sobrecosto porcentual de la norma IDU ET 2005 sobre la INVIAS 2002

Como se puede evidenciar, los costos en cuanto a material, transporte y control de calidad de la estructura de pavimento mediante la aplicación de estas dos especificaciones técnicas presentan unas diferencias porcentuales muy significativas. El costo de la construcción de la estructura de pavimento se incrementa en un 43% con la implementación de la normatividad IDU ET 2005.

4. CONCLUSIONES.

- Los materiales tradicionalmente utilizados en la construcción de pavimentos en la ciudad de Bogotá, presentan altos grados de plasticidad y su adecuación en las normas IDU ET 2005, requiere de la combinación de los agregados gruesos con finos de otras regiones como arena de peña de municipios como Guamo y Coello para posibilitar el suministro de los materiales con la calidad requerida.
- El incremento en los parámetros de control de calidad de los agregados finos que constituyen las bases, subbases granulares, generan incrementos en los costos de control de calidad de más del 200%, al incluir los ensayos de azul de metileno y terrones de arcilla y partículas deleznable con una frecuencia semanal.
- Tras analizar todos los cambios propuestos por las nuevas especificaciones de construcción se puede esperar que el comportamiento de la estructura de pavimento sea mucho mejor en cuanto a durabilidad, reduciendo así costos de mantenimiento de las vías que se construyan bajo ésta especificación.
- La espera de una durabilidad mayor basada en las exigencias de calidad de los agregados en las especificaciones IDU ET 2005 debe evaluarse en función del incremento económico generado por su implementación; en la medida en que la durabilidad pueda ser incrementada porcentualmente en la misma medida que se incrementen los costos será conveniente adoptar dichas especificaciones técnicas para la construcción de proyectos viales similares al analizado.

5. BIBLIOGRAFIA

- Especificaciones Técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y espacio público n Bogotá D.C.
- Especificaciones Generales de Carreteras Norma INVIAS 2002.