

# Análisis técnico para la producción de material BG y SBG según la norma IDU, en la cantera Monte de Sion en el municipio de Soacha

*Technical analysis for the production of BG and SBG material according to the IDU norm, in the Monte de Sion quarry in the municipality of Soacha*

John Eduardo Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, Escuela de Ingenieros Militares. Bogotá, Colombia. rojas.ing.civil@gmail.com

Fecha de Recepción: 10/07/2018

Fecha de Aceptación: 20/09/2018

Página  
82

ESING

-REVISTA INGENIEROS MILITARES  
Número 13, Año 2018, ISSN 2145-3144 / BOGOTÁ-COLOMBIA

## RESUMEN

En el estudio se analiza técnicamente la producción de material de base granular y subbase granular según la norma IDU, extraído en la cantera Monte De Sion en el municipio de Soacha. Se realizó un estudio de enfoque experimental, y de tipo descriptivo, ya que se realizan ensayos, pruebas y análisis de resultados, los cuales son interpretados para diseñar las posibles mezclas granulares que permitan el uso del material producido en la cantera objeto de estudio. Los resultados indican que el material granular es adecuado para realizar subbases granulares, pero no lo suficiente para fabricar bases granulares, por lo cual se realiza una propuesta para que la cantera pueda producir SBG\_A.

## PALABRAS CLAVE

Base granular, subbase granular, norma IDU, cantera Monte de Sion.

## ABSTRACT

This document analyses technically the production of granular base and subbase material according to the norm IDU, extracted from the Monte de Sion quarry in the municipality of

Soacha. An experimental and descriptive study was accomplished, realizing tests and analysis of results which were interpreted to prepare the possible granular mixes that allow to use the material produced in the studied quarry. The results indicate that the granular material is accurate to prepare granular subbases, but not enough to manufacture granular bases, for which a proposal is made to make the quarry to produce SBG\_A.

## KEYWORDS

Granular base, granular subbase, IDU norm, Monte de Sion quarry.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se desarrolló basado en las especificaciones técnicas de acuerdo al Instituto de Desarrollo Urbano - IDU, para hacer el estudio de producción de bases y subbases, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de estos agregados pétreos como componentes fundamentales en cuanto a su geometría, composición, dureza y limpieza que influyen en su desempeño.

Se tomaron muestras de los agregados extraídos de la principal fuente de explotación del municipio

*Para citar este artículo / To cite this article*

*J.E. Rojas. Análisis técnico para la producción de material BG y SBG según la norma IDU, en la cantera Monte de Sion en el municipio de Soacha. Revista Ingenieros Militares, No. 13, pp 82. 2018.*

de Soacha en la cantera monte de Sion, para iniciar el proceso de obtener un nuevo material a partir del existente se debe conocer las características físico-mecánicas del material. Actualmente sólo se cuenta con ensayos de laboratorio tomados en el año 2013, sin embargo se debe tener en cuenta que en el 2018 la explotación del predio ha continuado; por lo cual se requiere conocer qué características presenta la beta actualmente, este es uno de los primeros problemas identificado. Gracias a la implementación de una variedad de ensayos, se puede demostrar las características de los agregados con los cuales se trabaja para la elaboración de bases y subbases.

### Desarrollo teórico

#### Clasificación de suelos

Los suelos que cuentan con propiedades semejantes se pueden clasificar en grupos y subgrupos de acuerdo a sus características mecánicas y su comportamiento para los propósitos ingenieriles. Para esto, se han creado sistemas de clasificación, buscando con ellos facilitar un lenguaje común para formular concisamente las características

generales de los suelos. Así las cosas, hay que apuntar que actualmente existen dos sistemas de clasificación muy elaborados, utilizados para aplicaciones en ingeniería, los cuales usan la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos, estos son el AASHTO, que es la abreviatura en ingles de la “American Association of State Highway Officials”, y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos conocido por su siglas en ingles USCS (Unified Soil Classification System) [1].

#### Sistema de clasificación AASHTO

Este sistema se usa esencialmente en carreteras, se orienta en observar un indicativo de la calidad del material que puede ser utilizado como subrasante o base granular, el sistema de basa en el índice de grupo IG, el cual es una medida cuantitativa de la calidad del suelo. El sistema AASHTO, clasifica los suelos partiendo de los resultados del ensayo granulométrico, el límite líquido y el límite plástico [2]. Este método de clasificación tiene en cuenta los parámetros de porcentaje que pasa por tamiz No. 10, No. 40 y No. 200, así como el índice de plasticidad, el límite líquido, y por último el índice de grupo.

Tabla 1. Nomenclatura para el Sistema de Clasificación AASHTO. Fuente [3].

Clasificación general	materiales granulares (35% o menos pasa la No 200)						materiales limo arcillos (mas de 35% pasa la No 200)					
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
Clasificación de grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*	A-7-6**
Analisis de cernido porcentaje que pasa:												
NO. 10	50 max											
NO. 40	30 max	50 max	51 min	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	
NO. 200	15 max	25 max	50 max									
características de la fraccion que pasa la NO. 40												
Límite líquido				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	
Índice de plasticidad	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	
Índice de grupo	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max	
* A - 7 - 5 : IP < WL - 30      ** A - 7 - 6 : IP > (WL - 30)												
IG = 0.2(a)+0.005*(a*c)+0.01*(b*d)												

Este sistema de clasificación de los suelos entre los grupos A-4 y A-7, utiliza los límites plástico y líquido; como un factor fundamental de clasificación, se debe tener más de un 35% de material más fino que el tamiz No. 20, factor que igualmente se puede utilizar para obtener la

clasificación de un sub grupo de los suelos titulados A-2, estos deben tener un porcentaje pétreo más fino que el tamiz No. 200 inferior al 35% del material. Este grupo al igual que los grupos de A-4 a A-7 se caracterizan por contar con propiedades plásticas [4].

## Sistema de clasificación USCS

El USCS o Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que busca identificar y agrupar suelos de manera ágil. El USCS inicialmente divide los suelos en dos grandes grupos (granos finos y granos gruesos). Los primeros tienen más del 50% bajo tamiz 0,08 mm, perteneciendo a ellos los grupos de los limos (M), las arcillas (C) y limos o arcillas orgánicos (O). Los anteriores símbolos son seguidos por una segunda letra, debida a la magnitud del límite líquido, indicando la compresibilidad relativa: en caso que el límite líquido sea menor a 50 se escribe L o si es mayor de denota con la letra H.

De otro lado, el grupo de grano grueso tienen más del 50% en peso de granos superiores a 0,08 mm; y son representadas por el símbolo G, si en peso más de la mitad de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, así mismo se representan con el símbolo S en caso que más de la mitad pase por tamiz 5 mm. A estas letras se le adiciona una segunda letra encargada de describir la graduación: si cuenta con buena graduación con poco o ningún fino se agrega la W; cuando existe graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino se adiciona la P; la M es para aquellos suelos que contienen limo o limo y arena; y los suelos que contienen arcilla o arena y arcilla se identifican con la letra C [3].

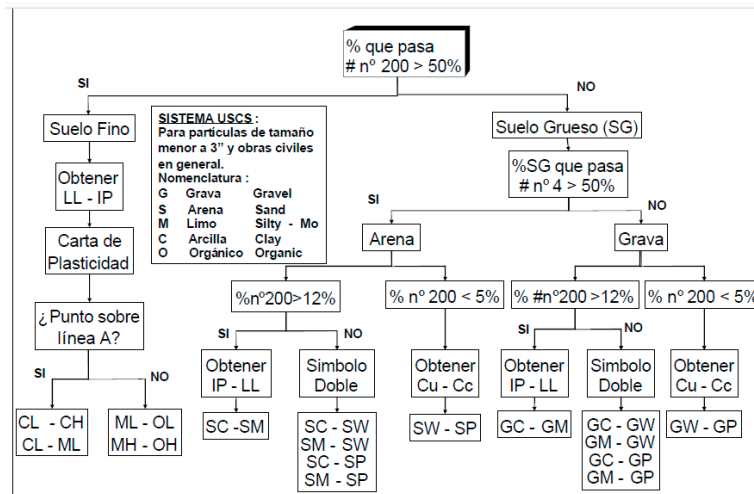


Figura 1. Clasificación de suelos USCS. Fuente [3].

## Base y Subbase granular

Es conocida como base granular a la capa de la estructura de pavimento que se ubica bien sea debajo de la carpeta asfáltica en un pavimento flexible, o subyacente a la losa de concreto en el tipo rígido, o a la capa de cemento hidráulico en pavimento semirrígido. Esta capa es posicionada por encima de la subbase, aunque puede ser construida directamente sobre la sub rasante en caso de presentar un buen comportamiento mecánico [5]. Su función se da en razón al tipo de pavimento en el que se utiliza, teniendo en

cuenta que en los pavimentos flexibles se encarga de transmitir las cargas impuestas por el tráfico, además contribuye al drenaje y a los procesos constructivos. En pavimentos rígidos su función principal es la de evitar el fenómeno de bombeo [4].

Igualmente el espesor de la capa varía al tipo de pavimento, puesto que en tipo flexible este oscila entre los 10 cm y 30 cm, así como uno rígido entre los 10 cm y 25 cm. Según INVIAS, las bases granulares se clasifican en BG-25, BG-27, BG-38 y BG-40, con especificaciones que se muestran en la tabla granulométrica de bases (ver tabla 1) [4].

## RESULTADOS

### *Caracterización de material granular proveniente de la cantera Monte de Sion*

Se inició con el proceso de caracterización de los materiales de la cantera Monte de Sion ubicada en la vereda Ciudadela Sucre, del municipio de Soacha (Cundinamarca), para este propósito, se suministró un material de rajón para evaluar las propiedades físicas y mecánicas, con el fin de poder encontrar agregados que pudieran ser de apoyo para la realización de un material granular tipo Subbase Granular SBG-A tipo IDU-ET-2011.

Al rajón se le realizaron pruebas de granulometría, límites de consistencia, humedad natural y desgaste en la máquina de Los Ángeles, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultados ensayos de laboratorio realizados al rajón.  
Fuente: Autor.

Ensayo	Especificaciones Técnicas Norma	Observación
<b>Granulometría por tamizado.</b>	INV-E-123-13	Cumple con la especificación IDU-ET-2011.
<b>Límites de consistencia.</b>	INV-E-125,126-13	Material No Plástico Cumple con la especificación IDU-ET-2011.
<b>Humedad Natural.</b>	INV-E-122-13	Óptima para una grava cumple con la especificación IDU-ET-2011.
<b>Desgaste máquina de Los Ángeles.</b>	INV-E-218,219-13	Se obtuvo un desgaste del 41.1% cumple con la especificación IDU ET 2011 ya que la norma constata que la muestra debe ser menor de <50%.

Los resultados obtenidos en laboratorio demuestran que en la Cantera Monte de Sion se extrae un rajón que cumple los requisitos de la norma específica, lo que se traduce en la posibilidad de contar con parte de material granular para producir Subbase Granular tipo IDU-ET-2011, siempre y cuando se use el material de rajón para un proceso de trituración para una obtención de mejores resultados a nivel individual y que a su vez sirvan de punto de referencia para poder producir más materiales granulares en esta cantera.

Se continua con el proceso de trituración del rajón, utilizando diferentes zarandas para analizar varias opciones que permitan una muestra Subbase Granular acorde a IDU-ET-2011, por lo cual el material fue pasado por las mallas de 1 1/2", 1", 3/4" y la obtención de una arena de trituración. Nuevamente se realizó en laboratorio el análisis de estos materiales, donde los ensayos demuestran que en la Cantera Monte de Sion al triturar el rajón, con la maquinaria existente en la propia cantera; se identifica así, que en este proceso se obtiene material de 1 1/2", 1", 3/4" y la arena de trituración, mineral que cumple con las especificaciones técnicas de INVIAS 2013 requeridas por la norma IDU-ET-2011 para producir Subbase Granular, en materia de granulometría, Límites de consistencia-Humedad natural y desgaste en la máquina de Los Ángeles.

*Alternativas de mezclas granulométricas que permitan alcanzar la matriz de diseño óptimo para cumplir las especificaciones IDU-ET-2011*

Teniendo las dosificaciones para la Subbase Granular, acorde a IDU-ET-2011, se procedió a elaborar las mezclas, para luego realizar los ensayos pertinentes que están descritos en las especificaciones técnicas de la norma objeto de estudio, en función de materiales granulares obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados de ensayos de laboratorio en función a requisitos de los agregados para Subbases Granulares SBG-GR 1, acorde a IDU-ET-2011. Fuente: Autor.

Ensayo Resultados laboratorio		Norma de ensayo SBG_A	SUBBASE GRANULAR		
			Cumple Si/No		
<b>Dureza</b>					
Desgaste Los Ángeles	- En seco, 500 revoluciones, % máx.	INV E-218-13	<b>31.6</b>	40	<b>SI</b>
Micro Deval, % máx.	- Agregado Grueso	INV-E-238-13	<b>29.3</b>	30	<b>SI</b>
10% de finos	- Valor en seco, kN mínimo - Relación húmedo/seco, % mín.	INV-E-224-13	<b>94,7</b>	60 75	<b>SI</b>
<b>Durabilidad</b>					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máx.	- Sulfato de Magnesio	INV E-220-13	<b>14,4</b>	18	<b>SI</b>
<b>Limpieza</b>					
Límite Líquido, % máx.		INV E-125-13	<b>NL</b>	25	<b>SI</b>
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126-13	<b>NP</b>	3	<b>SI</b>

Ensayo	Norma de ensayo Resultados laboratorio	SUBBASE GRANULAR		
		SBG_A	Cumple Si/No	
<b>Limpieza</b>				
Equivalente de Arena, % mínimo (1)	NV E-133-13	<b>21</b>	20	<b>SI</b>
Valor de Azul de Metileno, máximo	INV-E-235-13	<b>3.95</b>	10	<b>SI</b>
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo	INV E-211-13	<b>0.33</b>	2	<b>SI</b>
<b>Geometría de las partículas</b>				

Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mín.	-1 cara -2 caras	INVE-227-13	<b>No son Angulares</b>	50 30	<b>SI</b>
Índice de Aplanamiento, % máx. (2)		INV E-230-13	<b>NA</b>	NA	<b>SI</b>
Índice de Alargamiento, % máx. (3)		INV E-230-13	<b>NA</b>	NA	<b>SI</b>
Angularidad del Agregado Fino, % mínimo		INV-E-239-13	<b>NA</b>	NA	<b>SI</b>
<b>Capacidad de soporte</b>					
CBR, % mínimo - Referido al 100 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142-13 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión.		INV E-148-13	<b>65.8</b>	60	<b>SI</b>

Los resultados de los ensayos, presentados en la tabla 3 evidencian que la muestra de Subbase Granular SBG-GR I TIPO IDU-ET- 20II, cumple con las especificaciones de la norma, lo que permite realizar la explotación, distribución y venta de éste producto granular.

Por otro lado, se analizó la muestra granular mezclada para la producción de base granular BG-GR I TIPO IDU-ET-20II, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultados de ensayos de verificación sobre los agregados para las bases. Fuente Autor.

Ensayo	Especificaciones Técnicas Norma	Resultado obtenido	Obser.
<b>Granulometría por tamizado.</b>	INV- E-123-13	Fuera de la franja granulométrica material grueso.	NO Cumple
<b>Límites de consistencia.</b>	INV-E-125,126-13	Presento un Índice de plasticidad del 6%	NO Cumple
<b>Humedad Natural.</b>	INV-E-122-13	Se obtuvo una Humedad natural del 6.2%	NO Cumple
<b>Desgaste máquina de Los Ángeles.</b>	INV-E-218,219-13	Presento un Desgaste del 42.6%.	NO Cumple
<b>Equivalente de arena.</b>	INV-E-133 - 13	Presento un equivalente de arena del 16%	NO Cumple

De acuerdo a los resultados, tanto de la tabla 6 como de la tabla 8, se puede concluir que el actual material de la cantera Monte de Sion no cumple con los requerimientos de IDU-ET-2011 para BG-C; no obstante para poder suministrar base granular se debe realizar un mejoramiento de los materiales con un material de río para darle agregados finos al material.

*Análisis de las alternativas técnicas propuestas que permitan la utilización del material granulométrico que satisfaga la relación técnica del material óptimo para cumplir las especificaciones IDU-ET-2011*

Los resultados obtenidos permiten identificar que al material triturado cumple con los requerimientos para la producción de Subbase Granular SBG-A, de acuerdo a la norma IDU-ET-2011, por lo tanto no se requiere generar una alternativa granulométrica en este sentido.

Sin embargo, las dosificaciones realizadas y analizadas no cumplen con los requerimientos para la producción de Base Granular BG-C tipo IDU-ET-2011, considerando que los materiales presentan una granulometría a partir de  $1\ 1/2''$  y las bases granulares se diferencian de las Subbases en que la Base Granular es más fina que la Subbase Granular.

Es decir que para poder producir base granular se debe mejorar el material con un mineral que ayude a dar más finura al material y se pueda producir a la misma cantidad que la Subbase Granular, como es el caso de la arena de río.

Pues de acuerdo al artículo 320 los agregados de subbases y bases deberán estar conformados por partículas duras, resistentes y durables, limitando el exceso de partículas alargadas, planas, plantas o desintégraes.

Además, no debe contener materia orgánica u otras sustancias perjudiciales [6], características que son compatibles con el material de subbase obtenido a partir de la trituración de rajón proveniente de la

cantería Monte de Sion, no obstante este agregado no cumple con las necesidades para mezclas de BG-C, por lo que es necesario su complemento con material de arena de río.

Se propone utilizar arena de río, porque es un material, que una vez se compruebe que cumple con los requerimientos de IDU-ET-2011, mediante los ensayos correspondientes, se podrá mezclar con el agregado obtenido de la trituración del rajón; aunque hay que recordar que el mineral para esta mezclas puede proceder de la trituración de rocas y grava, sin embargo su combinación no está permitida [1].

De igual manera, para asegurar que la mezcla funcione es preciso realizar los ensayos porcentuales necesarios para identificar las cantidades idóneas para la BG-C; en consecuencia se recomienda realizar estudios posteriores en este sentido, no sólo que determine la mezcla óptima acorde a la normatividad (características físicas y mecánicas) sino también en cuanto a los costos y beneficios que le puede traer comprar material a la cantera Monte de Sion de Soacha.

## CONCLUSIONES

La caracterización del material granular proveniente de la cantera Monte de Sion, permitió identificar que el rajón extraído de este lugar cumple con los normas INVIAS en las pruebas de granulometría, límites de consistencia, humedad natural y desgaste en la máquina de Los Ángeles, las cuales son las exigidas por IDU-ET-2011.

Es más, al triturar este material, con la maquinaria existente en la propia cantera, se obtiene material de  $1\ 1/2''$ ,  $1''$ ,  $3/4''$  y arena de trituración pétreo, que también cumple con las especificaciones técnicas de INVIAS 2013 requeridas por la norma IDU-ET-2011, para producir Subbase Granular, en materia de granulometría, límites de consistencia-Humedad natural y desgaste en la máquina de Los Ángeles.

Con el ánimo de formular las alternativas de mezclas granulométricas que permitan alcanzar

la matriz de diseño óptimo para cumplir las especificaciones IDU-ET-2011, se procedió a realizar la pruebas INVIAS 2013 para Bases Granulares y Subbases Granulares, encontrando que tanto el material de 1 1/2", 1" y 3/4" como la arena de trituración cumplen con los requerimientos para fabricar SBG-A tipo IDU-ET-2011, en contraste los resultados ensayos de dureza, durabilidad, limpieza, geometría de partículas y capacidad de soporte, así como los ensayos de verificación fueron negativos para el diseño de Base Granular BG-C tipo IDU-ET-2011, porque se requiere agregados finos que mejoren las características físicas y mecánicas del material para cumplir con la norma.

Las alternativas técnicas que se proponen en este estudio permitirán la utilización del material granulométrico que satisfaga la relación técnica del material óptimo para cumplir las especificaciones IDU-ET-2011, en cuanto a Subbase Granular SBG-A. No obstante para la BG-C, no se puede asegurar con certeza si la alternativa técnica es confiable hasta que se realice otro estudio donde integre las posibles opciones de arena de río para que ser mezclado con el material producido en la cantera Monte de Sion, para su adecuada mezcla y cumplimiento de las normas.

Por lo tanto, finalmente se señala que con el uso del material producido en la cantera Monte de Sion del municipio de Soacha (Cundinamarca), es posible elaborar mezclas granulares para producir SBG-A ajustadas a especificaciones IDU-ET-2011, mediante procedimientos normalizados según norma INVIAS.

## REFERENCIAS

- [1] M. Braja, "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica". 4 Edición. 2013.
- [2] F. Borja, "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete-Lunahuaná". Universidad Nacional De Cajamarca, 2014.

- [3] J. E. Bowles. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Editorial. McGraw-Hill. VI Edición. 2002.
- [4] E. A. Delgadillo y A. F. Gómez, "Caracterización mecánica y petrográfica de materiales de base granular BG-25 a partir de normas IDU e INVIAS". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 2015.
- [5] P.M. Ramírez, "Clasificación de Suelos", *Universidad de Pamplona*, Villa del Rosario, 2015.
- [6] Instituto Nacional de Vías, "Artículo 320-2013, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Capítulo 3- Afirmados subbases y bases", INVIAS, Bogotá, 2013.