CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS DEL RÍO DOS MANGAS Y CANTERA DEL CERRO EL TABLAZO DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA PARA UTILIZARLO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Tania Sánchez Luna(1) , Silvia Hermenejildo De La A (2) , Julio Guzhñay Zurita(3) , Ing. Gastón Proaño Cadena(4)
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra(1) (2) (3) (4)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) (1) (2) (3) (4)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral(1) (2) (3) (4)
Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
tanysanc@espol.edu.ec (1),shermene@espol.edu.ec (2),jguzhnay@espol.edu.ec (3), gproano@espol.edu.ec (4)

Resumen

El trabajo que se describe en este proyecto de fin de carrera contiene información sobre los áridos extraídos de la cantera del cerro El Tablazo, localizada en el cantón Santa Elena, y del río Dos Mangas, ubicado en la parroquia Manglaralto, los mismos que son utilizados en diversas obras de ingeniería civil en toda la provincia de Santa Elena, tales como bases, sub-bases de carreteras, rellenos, mejoramiento de suelos para cimentaciones, escolleras y fabricación de hormigones y morteros. Así también se hace un estudio de la clasificación de estos materiales, normas que deben cumplir y aplicaciones en el campo de la construcción. Los materiales extraídos de las localidades anteriormente mencionados fueron sometidos a ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades y características físicas y mecánicas y conocer con ellos si son aptos para uso en la construcción de sub bases de carreteras y rellenos evaluándolos según las especificaciones MOP - 001F - 2002.

Palabras clave: *áridos, propiedades, clasificación, aplicaciones, ensayos.*

Abstract

The work that is presented in this project contains information about the arids extracted from the quarry of the hill El Tablazo, located in Santa Elena City, and the Dos Mangas river, located in Manglaralto , the same that are used in several works of civil engineering in all the province of Santa Elena, such as bases, sub bases of roads, landfills, improvement of soils for foundations, breakwaters and manufacture of concretes and mortars. Also there is a study of the classifications of these materials, procedure that must be accomplished and applications in the field of construction. The materials extracted from the locations previously mentioned were submitted to laboratory test programs in order to determinate their properties and physic and mechanical characteristics and then establish if they are suitable for use it in the construction of sub bases of roads and landfills evaluating them according the specifications MOP - 001F - 2002.

Keywords: *arid, properties, classification, applications, laboratory test.*

1. Generalidades

Desde la antigüedad, el árido ha sido una de las materias primas más importantes para la construcción. Antiguamente, la extracción de áridos se hacía con herramientas manuales como picos y palas; hoy en día se cuenta con diversas técnicas de extracción.

El uso masivo de los áridos comenzó durante la Revolución Industrial. Los usos de los áridos han crecido paralelamente al desarrollo de los países. Cuanto más desarrollado está un país, mayor cantidad de áridos consume.

Para la explotación de áridos primero se debe realizar un estudio para extrapolar la ubicación exacta del material. Luego se planifica el método más adecuado para la extracción. Debido a que ésta genera alteración en el medio, es adecuado hacer un estudio de Impacto Ambiental antes de la explotación.

1.1 Objetivos

- **Analizar** el material disponible en las riberas del río Dos Mangas y la cantera del Cerro El Tablazo, mediante la extracción de una muestra representativa de los mismos.
- **Describir** el medio del cual se tomaron las muestras tomando en cuenta sus valores geológicos, geográficos, geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos e hidrográficos.
- **Comparar** los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras teniendo en cuenta sus características físicas y mecánicas.
- **Evaluar** la calidad y posibilidad de uso de los materiales extraídos como sub base de carreteras y rellenos, utilizando como referencia la especificación MOP - 001F - 2002.

1.2 Clasificación

En el libro Manual de Carreteras de Luis Bañón Blázquez y José Beviá García [1], se establece la siguiente clasificación de los áridos.

Figura 1. Criterios de clasificación de los áridos

Se debe establecer una diferencia entre áridos y agregados. Así tenemos que:

- *Agregados* son aquellos elementos que al ser adicionados a un material aglomerante servirán para la futura fabricación de hormigones, morteros, asfaltos. No siempre son químicamente estables.
- *Árido* es material granulado extraído de rocas utilizado como materia prima en la construcción principalmente. Se diferencia de otros materiales por su estabilidad química y resistencia mecánica.

1.3 Extracción de áridos

1.3.1 Áridos extraídos de ríos. Para la extracción de áridos en río se utilizan balde volcador o "dragalina", bomba aspirante, y métodos mecánicos como retroexcavadoras y camiones trabajando dentro del cauce de los ríos. Esta actividad compromete la estabilidad de las estructuras civiles que se emplazan en sus cauces. Además aceleran los procesos de erosión.

1.3.2 Áridos extraídos de canteras. En un principio no suelen tener las propiedades que se le exigen en obra, por lo que deben ser sometidos a limpieza y triturado. Los materiales que no tienen ninguna utilidad se guardan para rellenar la cantera cuando se restaure. Una vez que los áridos han seguido el tratamiento adecuado, se agrupan según los tamaños y usos que tendrán. Luego se transporta hasta la obra que lo requiera.

1.4 Propiedades de los áridos como elementos granulares aislados

1.4.1 Propiedades físicas macroscópicas. Forma: Redondeada, cúbica, lajas y agujas.
Dimensiones: Determinan resistencias y facilidad de trabajo.
Redondez: Está relacionada con la energía de fluidos que erosionan y transportan las partículas y con la dureza del árido.
Densidad: Está definida por la relación entre el peso y el volumen de las partículas.
Permeabilidad: Capacidad del material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.
Propiedades superficiales: Textura rugosa o lisa.
Dureza: Dificultad para rayar la superficie con una punta de material muy duro. También se la relaciona con el comportamiento del material frente a la abrasión.

1.4.2 Propiedades mecánicas. Adherencia: Capacidad que tiene el árido de adherirse a cualquier material aglomerante.
Resistencia al desgaste: Su evaluación se lleva a cabo mediante ensayos. Los más usuales son el ensayo de desgaste de los Ángeles y de friabilidad.

1.4.3 Propiedades químicas. Presencia de materia orgánica, finos, sulfatos, sulfuros, cloruros, óxidos,

sílice: Se consideran como sustancias perjudiciales para los áridos. La materia orgánica en conjunto con partículas de baja densidad provoca disminución de la resistencia o pérdida de adherencia.
Reacciones que se pueden dar entre áridos y cemento: Se generan entre los álcalis del cemento y ciertos componentes de los agregados. Causan deformaciones, expansiones y agrietamiento en el hormigón. Las más conocidas son: reacción álcali – sílice, reacción álcali - sílice – silicato, reacción álcali – carbonato.

1.5 Propiedades de los áridos como conjunto de partículas

1.5.1 Distribución de tamaños. *Granulometría:* Es la distribución por tamaños de las partículas. Hay dos tipos de granulometrías: discontinua y continua.

1.5.2 Influencia de la redondez y esfericidad de las partículas. *Índice de lajas y agujas:* Se define como el porcentaje en peso, con respecto a una muestra de árido grueso, de las partículas que son lajas o agujas. No debe pasar del 30%.

2. Usos y aplicaciones de los áridos

2.1 Rellenos

Relleno es todo depósito de áridos procedentes de excavaciones, zonas de préstamo fuentes aprobadas. Su uso está principalmente asociado a la sustitución de suelos suaves, nivelación de topografías escarpadas y conformación de terrazas apoyadas en laderas.
Características del material para relleno

a) La calidad del material debe ser superior a la que se tiene en sitio.
b) Debe estar libre de desperdicios, materia vegetal u otro material inconveniente. No se emplearán suelos orgánicos, turbas y otros suelos similares.
c) Deben tener grava y arena, preferiblemente con un poco de arcilla.
d) Deben poseer una capacidad portante adecuada y no presentar expansividades mayores al 4%.

Procedimiento de construcción del relleno
Antes de la ejecución de los rellenos se deben realizar los trabajos topográficos necesarios. Para empezar, el terreno base deberá estar desbrozado y limpio. Luego, los materiales se extenderán en capas horizontales y de espesor uniforme y se procede a su humedecimiento. Después se procederá a la compactación mecánica.
Ensayos de Control

En todo relleno deben realizarse ensayos de densidad de campo con una frecuencia de uno por cada 300 m^3 de material colocado y compactado.

2.2 Carreteras

Los áridos constituyen un elevado porcentaje en la constitución de las capas de un pavimento, normalmente superior al 90% en peso.

Cada capa granular de un pavimento para llevar a cabo con éxito sus funciones debe presentar las siguientes características: estabilidad mecánica, compacidad, durabilidad, susceptibilidad al agua y permeabilidad.

Muchas veces el criterio económico se impone y determina la utilización de cierto árido. Por ello es importante la abundancia de afloramientos rocosos y que éstos se encuentren cercanos a la obra ya que el transporte puede disparar notablemente su precio.

2.2.1 Capa de base. Constituye el principal elemento portante de la estructura del pavimento, debiendo repartir y absorber la práctica totalidad de las cargas verticales por tanto su función es resistente, debiendo ser además compacta y duradera.

2.2.2 Capa de sub-base. Es una base de menos calidad, dado que no tiene que resistir cargas excesivas de tráfico y proporciona una buena capa de asiento a la base. Posee una importante función drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales empleados carezcan de finos de origen arcilloso. Además, debe de hallarse en contacto con el sistema de drenaje de la vía.

2.3 Confección de hormigones y morteros

El *hormigón* o concreto resulta de la mezcla de cemento con áridos (piedra, grava y arena) y agua. Su empleo es habitual en obras como edificios, puentes, túneles, etc. El *mortero* de cemento se obtiene al mezclar arena y agua con cemento. Se utiliza para obras de albañilería.

Se entiende como agregados a los materiales granulares inertes que no reaccionarán con el cemento. Constituyen aproximadamente el 80% del volumen del hormigón. Las principales funciones que deben cumplir son:

- Resistir esfuerzos internos y externos, abrasión, paso de la humedad y solicitaciones químicas.
- Proveer relleno de bajo costo a la pasta de cemento.
- Disminuir y evitar efectos de cambios de volumen.
- Aumentar la resistencia del hormigón.

De acuerdo a las características del árido, éste aportará diversas reacciones en el hormigón. Con áridos naturales rodados, los hormigones son más trabajables y requieren menos agua. Los áridos procedentes de trituración se adhieren mejor y dan mayores resistencias.

Los áridos que se emplean en hormigones se obtienen mezclando grupos de distintos tamaños.

Cuanto mayor sea el tamaño máximo del árido, menores serán las necesidades de cemento y de agua.

En cada caso, de acuerdo al material que se tenga y a los requisitos que se exijan hay que encontrar un balance entre las cantidades de sus componentes que sea sustentable tanto en costo como en resistencia.

2.3.1 Agregado grueso. Es aquel que queda retenido por un tamiz de 4,76 mm. También es llamado grava. Debe ser duro, resistente, limpio y sin polvo. Debe cumplir con las exigencias granulométricas, peso unitario y porcentaje de desgaste de acuerdo a las especificaciones del MOP.

2.3.2 Agregado Fino. Consiste en arena natural o arena producida artificialmente. No debe contener cantidades dañinas de arcilla, limo, álcalis, materiales orgánicos y otras sustancias. Además debe cumplir los requisitos de granulometría que se den en las especificaciones del MOP y tener un módulo de finura que no sea menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

2.4 Áridos para hormigón ciclópeo

Hormigón ciclópeo es aquel que tiene en su interior grandes piedras. Se realiza añadiendo piedras grandes del lugar. Generalmente es utilizado en cimentaciones y en lechos marinos o de río.

La especificación que en Ecuador regula este material es la MOP - 001F - 2002, sección 818 – 3, que en su texto dice lo siguiente:

"La piedra para hormigón ciclópeo deberá provenir de depósitos naturales o de canteras; será de calidad aprobada, sólida, resistente y durable y estará libre de material vegetal u otros materiales objetables."

2.5 Áridos para escolleras

Escolleras son obras hechas de bloques de roca irregulares con superficies rugosas y de gran tamaño, para formar diques de defensa contra el oleaje, o resguardar el pie de otra obra de la acción de las olas o las corrientes.

La especificación MOP - 001F - 2002 en la sección 511, donde se refiere a las escolleras de piedra suelta, dice lo siguiente: "Las piedras a utilizarse deberán ser duras y de calidad que no se desintegren al estar expuestas al agua y a la intemperie (…). Para el caso de piedras de defensa para escollera en riberas de mar, deberán utilizarse piedras de las siguientes características:

Tipo: Caliza Conchífera.
Peso Especifico: 2, 28 Ton/m3 mínimo
Peso promedio: 6 a 8 Ton/unidad
Tamaño: 1,5 m. de arista
Medición: Tonelada métrica (1.000 kg.)"

3. Marco geológico y determinación del área de estudio.

3.1 Antecedentes

La provincia de Santa Elena comprende alrededor de 3.762,8 km^2 de área, que en su mayor parte no se encuentra plenamente desarrollada. En la zona de estudio se han instaurado varias minas dedicadas a la explotación de no metálicos y minerales industriales.

3.2 Historia Geológica de la Provincia de Santa Elena

La península de Santa Elena da su nombre a la zona conocida como Levantamiento Santa Elena, comprendida entre la falla La Cruz y la Falla Posorja. Su principal característica es el alto grado de deformación y su carácter a veces claramente discontinuo.

3.3 Geología Histórica

En la Provincia de Santa Elena pueden apreciarse las siguientes formaciones geológicas: Socorro Grupo Ancón , Tosagua, Tablazo, San Pablo y depósitos aluviales, siendo predominante la formación Socorro.

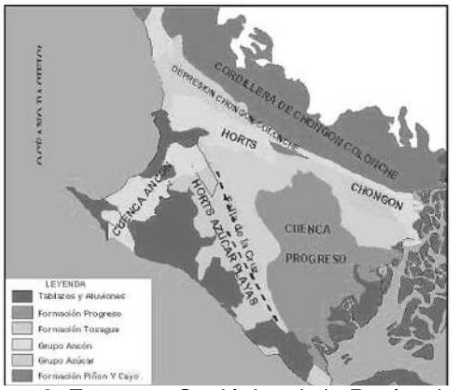

Figura 3. Esquema Geológico de la Península de Santa Elena [2]

Alrededor de Dos Mangas existe la formación Socorro (calizas arrecifales) dividida en dos miembros: la Caliza Javita en la parte interior y la Arenisca Dos Mangas en la parte superior. Además se encuentran las formaciones Zapotal, Tosagua, Angostura, Tablazo y Depósitos Coluviales.

En Santa Elena se tiene: Complejo Ígneo y las formaciones Cayo, Grupo Azúcar, Grupo Ancón, Zapotal, Tosagua, Tablazo y Depósitos Aluviales.

3.4 Descripción del medio físico de Santa Elena

En la cantera del cerro El Tablazo en Santa Elena se extrae caliza orgánica en forma de piedra base y relleno de baja plasticidad o sea, arena. Se ha utilizado este material en obras como el Registro Civil de Santa Elena, las escolleras del malecón de La Libertad, el muro protector de la pista del aeropuerto internacional de Salinas, el muro protector para el puerto pesquero de Santa Rosa (Salinas), entre otras.

.

3.4.1 Ubicación de la Cantera El Tablazo. Coordenadas UTM Zona 17S, Este: - 515772.24 m, Norte: - 9755414.49 m.

Figura 4. Imagen tomada del Google Earth, cerro El Tablazo

3.4.2 Precipitación y clima de Santa Elena. La precipitación anual están entre 200 a 300 mm concentradas en una sola estación lluviosa de enero a abril; entre julio y octubre predomina un clima seco y árido.

3.5 Descripción del medio físico de Dos Mangas (Manglaralto)

En las riberas de este río se extrae principalmente canto rodado y arena dulce que ha sido utilizado en varias obras de la península de Santa Elena como: revestimiento de taludes en Montañita, parque de San José de la parroquia Manglaralto, lastrado de calles en Cadeate y Libertador Bolívar, badén sobre el río Dos Mangas.

3.5.1 Ubicación del Rio Dos Mangas. Coordenadas UTM Zona 17S, Este: - 534147.69 m, Norte: - 9798010.06 m.

Figura 5. Imagen tomada del Google Earth, Rio Dos Mangas

3.5.2 Precipitación y clima de Dos Mangas. Presencia de garuas por la corriente fría de Humboldt. Por efecto de éstas, la precipitación anual alcanza un valor de 530 mm.

4. Ensayos de laboratorio

Para determinar la validez del material a utilizarse en construcción se establecen diferentes procedimientos normalizados de ensayo, cuyo fin es cuantificar cada una de las propiedades exigibles a un árido.

4.1 Recolección de muestras

La recolección de muestras para el presente estudio se realizó en los sitios indicados en el capítulo anterior, colocando el material en sacos para evitar la pérdida de humedad y con su respectiva etiqueta.

Figura 6. Cantera del Cerro del Tablazo y recolección de muestra.

Figura 7. Río Dos Mangas y recolección de muestra en la ribera.

4.2 Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

La especificación MOP - 001F - 2002 recomienda tanto para sub bases como para rellenos los siguientes ensayos.

4.2.1 Análisis granulométrico. La finalidad de este ensayo es determinar la granulometría del material empleando una serie normalizada de tamices de malla cuadrada y abertura decreciente, a través de los cuales se hace pasar una determinada cantidad de suelo seco. Se lo realiza según las normas ASTM D421-58, D422-63, AASHTO T-87-70, T-88-70.

Se determina la graduación de un suelo con la curva granulométrica y calculando el *Coeficiente de curvatura (Cc)* y el *Coeficiente de uniformidad (Cu).*

4.2.2 Estados de consistencia (Límites de Atterberg). El comportamiento de un suelo está muy influenciado por la presencia de agua en su seno. Es importante su estudio cuando hay partículas pequeñas con componente arcilloso.

Los estados de consistencia de un suelo son: *líquido, plástico, semisólido y sólido*. Las humedades correspondientes a los puntos de transición entre cada uno de estos estados definen los *límites líquido (LL), plástico (LP) y de retracción o contracción (LC)*. De estos interesan el límite líquido y plástico.

4.2.2.1 Límite líquido. El ensayo se basa en la determinación de la cantidad de agua mínima que puede contener una pasta de suelo seco que haya pasado por la malla 40 ASTM. Se realiza con la cuchara de Casagrande según la norma ASTM D4318 (AASHTO T-90, INEN 691)

4.2.2.2 Límite plástico. Es el menor contenido de agua con el cual el suelo permanece plástico. Este ensayo se lo realiza según la norma ASTM D4318 (AASHTO T-89, INEN 692).

4.2.3 Ensayo Proctor. Es un método para reproducir en el laboratorio unas condiciones dadas de compactación de campo. Este ensayo persigue la determinación de la humedad óptima, ya que la relación existente entre la densidad seca y el contenido en agua es de gran utilidad en la compactación.

Existen dos variantes: Proctor Standard y Modificado. El primero es para construcción de viviendas, carreteras de segundo orden, etc; el segundo es para carreteras de primer orden, aeropuertos, etc. En este estudio se utilizó el Proctor Modificado (Norma ASTM D 1557-91, AASHTO T 180, método D).

4.2.4 Capacidad portante (índice CBR). La capacidad portante de un suelo es la carga que éste es capaz de soportar sin que se produzcan asientos excesivos. La determinación de este parámetro se lo realiza según las normas ASTM D-1883.

El ensayo consiste en un procedimiento conjunto de hinchamiento y penetración. El índice CBR se define como la relación entre la presión necesaria para que un pistón penetre en el suelo una determinada profundidad y la necesaria para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada, expresada en tanto por ciento.

4.2.5 Abrasión de los Ángeles. La resistencia a la abrasión o desgaste de un agregado es un factor que cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos.

El ensayo se realiza de acuerdo a la norma AASHTO T-96, con una cantidad de muestra que se somete a la acción de la máquina de Los Ángeles con 500 vueltas.

5. Análisis e interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio

5.1 Resultados del análisis granulométrico

Un suelo bien graduado presenta valores de Cc comprendidos entre 1 y 3 mientras que según el coeficiente Cu, un suelo que arroje valores inferiores a 4 en el caso de gravas, o de 6 en el caso de arenas, se considera muy uniforme (mal graduado), mientras que un coeficiente Cu superior a esos valores define un suelo bien graduado.

En la muestra del río Dos Mangas se obtuvo valores de Cc = 2,62 y Cu = 26,88 lo que nos indica que el material es arena con grava bien graduado, es decir, con todos los tamaños intermedios.

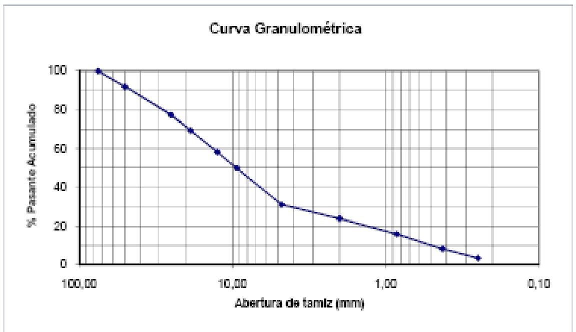

Figura 9. Curva granulométrica de la muestra del río Dos Mangas.

Para la muestra extraída de la cantera del Cerro del Tablazo, se obtuvo valores de Cu= 64,66 y un Cc= 0,41. Esto indica que existe gran variación de tamaños de partículas pero no es una distribución uniforme, no hay equilibrio entre los diversos tamaños. Por lo tanto es un material pobremente graduado.

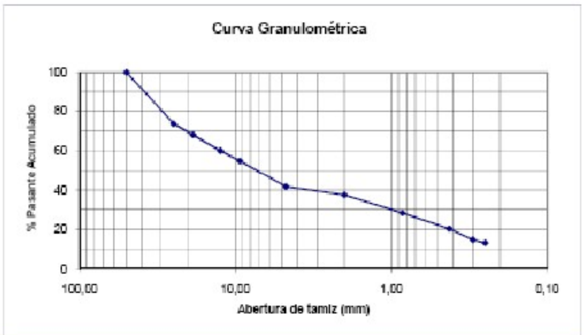

Figura 10. Curva granulométrica de la muestra de la cantera del cerro El Tablazo.

Comparando ambas granulometrías con las especificaciones del MOP del 2002 para sub-bases de agregados (Sección 816, Tabla 403–1.1) se puede concluir que el material del río se puede aproximar a la granulometría de la sub base tipo 2 pero la de cantera no se aproxima a ninguno de los descritos en la tabla.

Como material de relleno, las normas del MOP del 2002 no definen una granulometría específica que se deba cumplir. Sin embargo, ambas muestras presentan una buena variación de tamaños, haciendo que ambos materiales puedan ser aplicados como relleno.

5.2 Resultados de ensayos para estados de consistencia

De acuerdo con las especificaciones del MOP para sub-base, el árido deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6. La misma especificación MOP, en el caso de rellenos no indica valores numéricos, sin embargo, materiales orgánicos y sin buena capacidad portante suelen tener valores muy altos límite líquido e índice de plasticidad (Ip > 6) y éstos no son adecuados para rellenos.

La muestra de material de Dos Mangas nos da los siguientes valores: $W_L = 23,93$ % $I_P = 5,71$ %. Éstos cumplen con las normas para sub base de carreteras y para material de relleno.

En la muestra de material de la Cantera del Cerro del Tablazo no se pudo realizar el ensayo puesto que su mayoría está compuesto por material grueso con matriz arenosa donde no se puede determinar plasticidad. Por tanto, si su límite líquido e índice plástico son valores muy bajos, cumplen correctamente con la norma del MOP para sub bases y relleno.

5.3 Clasificación de suelo

Clasificar el suelo permite al ingeniero tener una primera idea acerca del comportamiento que cabe esperar de este material. En el presente estudio se utilizó la clasificación de Casagrande modificada (SUCS) que fue adoptada por la ASTM.

En la muestra del río Dos Mangas, al analizar el tamiz 200, se encontró que el 99,59% estaba retenido, por lo que el suelo es grueso. Según el tamiz No. 4, el porcentaje retenido fue de 68,93% (> 50%), lo que implica que el material es Grava. El porcentaje de finos (pasante malla 200) fue < 5% (0,41%) y se analizaron los índices Cu y Cc que indican un suelo bien graduado por lo tanto, se tiene una **GW (grava limpia bien graduada).**

Por otro lado, en la muestra de la cantera del Cerro del Tablazo, al analizar el tamiz 200, se encontró que el 98.82 % estaba retenido, por lo que el suelo es grueso. Según el tamiz No. 4, el porcentaje retenido fue de 58.32% (> 50%), lo que implica que el material es Grava. El porcentaje de finos (pasante malla 200) fue 1.18% (< 5%), y se analizaron los índices Cu y Cc que nos indican un suelo pobremente graduado por lo tanto, se tiene una **GP (Grava arenosa limpia pobremente graduada).**

5.4 Interpretación de resultados de la prueba Proctor

En el caso de la muestra del río Dos Mangas se obtuvo una densidad seca máxima de 1440,00 Kg/m^3 con una humedad óptima del 14%.

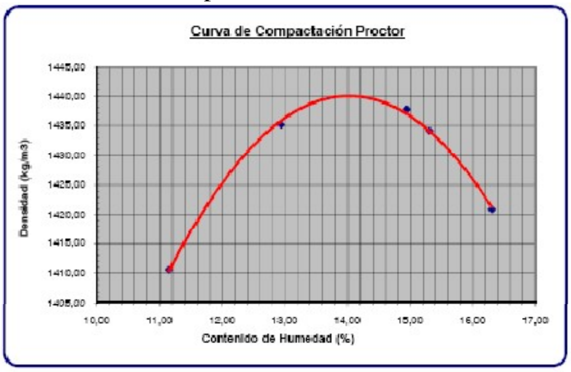

Figura 11. Curva relación humedad - densidad de la muestra del río Dos Mangas.

En la muestra de la cantera del Cerro del Tablazo se obtuvo una densidad seca máxima de 1835,00 Kg/m^3 con una humedad óptima del 5,9%.

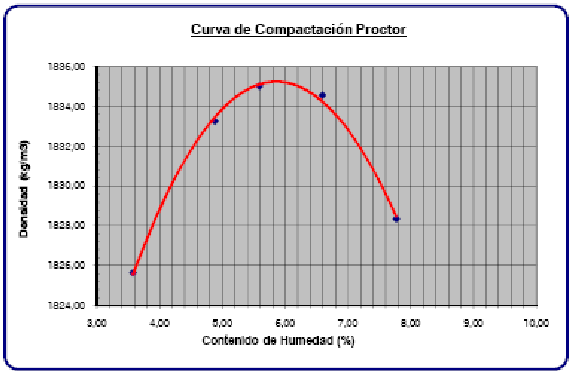

Figura 12. Curva relación humedad - densidad de la muestra de la cantera del cerro El Tablazo.

Si bien en las especificaciones del MOP no existen valores óptimos de compactación y humedad para sub bases de carreteras, sí los hay para material de relleno. Aquí se especifica que no se permite el empleo de suelos que presenten densidades máximas menores a 1.400 Kg/m^3 (Sección 817 – 2.02). Ambas muestras cumplen con esta norma, por lo que se puede concluir que sirven como material de relleno.

5.5 Interpretación de resultados del índice CBR

En el material del río Dos Mangas se obtuvo un valor de CBR igual a 24%. En el material de la cantera del Cerro del Tablazo se obtuvo un valor de CBR de 48%.

Para sub bases, la especificación MOP nos indica en la sección 403.1.02 que la capacidad de soporte corresponderá a un CBR mayor o igual al 30%. Para material de relleno, la especificación MOP no da valores específicos de CBR, sin embargo indica que deben construirse con los mejores suelos disponibles, y se exigirá que su capacidad de soporte sea igual o superior a la empleada en el diseño de un pavimento, es decir, para nuestro caso, el 30%. Por lo tanto, el material de cantera cumple con este requisito, no así el material del río.

5.6 Interpretación de resultados de Abrasión de los Angeles

Para la muestra del río Dos Mangas se obtuvo un porcentaje de desgaste igual a 45,38%, mientras que para la muestra de la cantera del Cerro del Tablazo se tiene un porcentaje de desgaste igual a 52,07%. Ambos materiales rondan el 50% de desgaste.

En la sección 816-2, la especificación del MOP para sub bases de agregados, señala que los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 50. En esta misma especificación no se dan valores de desgaste para rellenos, pero se puede considerar que un índice superior a 50 indica mala calidad y escasa resistencia al desgaste de un árido.

Por tanto, el material del río cumple con las normas mientras que el de cantera, no.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

A través de las pruebas y ensayos físicos realizados se obtuvo que **ambos materiales son de buena calidad y aptos para su uso en obra.**

Por un lado, el material del río Dos Mangas cumple con casi todas las normas para material de sub base, excepto por el índice CBR que es un 6% menor a lo especificado en la norma. Sin embargo, se lo puede utilizar en carreteras y como relleno puesto que cumple muy bien con los demás parámetros.

El material de la cantera del cerro El Tablazo como sub base no cumple ni con la granulometría ni con la abrasión, sin embargo se puede obtener la granulometría deseada mezclando con otro material. El porcentaje de abrasión pasa de lo especificado en el 2% y dado que cumple con los demás requisitos se puede utilizar muy bien como material de relleno y sub base.

6.2 Recomendaciones

- El material del cerro El Tablazo para utilizarlo como relleno, se recomienda confinarlo con muros puesto que este material es muy arenoso y de no haber una buena compactación es posible que pueda disgregarse por los lados.
- Es preciso realizar por lo menos dos veces el ensayo de granulometría de las muestras para poder comparar los resultados. También en el caso de carreteras se debe hacer el ensayo sólo con los tamices especificados para obtener una mejor comparación de los valores.
- En la compactación de suelos, la humedad juega un papel decisivo. Se agrega agua para que se comporte como un agente lubricante, sin embargo no es recomendable agregar tanta agua porque llegará un momento en el que el suelo se sature y no sea posible compactarlo adecuadamente. El ensayo Proctor nos indica cuánta agua se le debe agregar al material en obra.
- Para compactar bien un suelo es importante considerar también la granulometría del material ya que la diversidad de tamaños permite rellenar adecuadamente los espacios vacíos y así no permitir asentamientos posteriores.
- Las muestras deben tomarse en varios sitios ya que sea en un mismo río o una misma cantera el material no es igual en todos lados y es importante tener mayor cantidad de muestra tal que se puedan obtener correctamente sus propiedades.

7. Bibliografía.

[1] Manual de Carreteras. Tomo 2. Construcción y Mantenimiento
Autor: Luis Bañón Blázquez – José Beviá García.

[2] Fuente: VLIR ESPOL.

Internet:

- Wikipedia: http://es.wikipedia.org.
- Cátedras de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Parra/Materiales_Utilizados_como_Aridos.pdf
http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/LECCION3.MaterialesPetreosNATURALES.5-ARIDOS.HORMIGONES.Granulometria.pdf

Libros:

- Enciclopedia de la Construcción. Técnicas de la construcción.
Autor: A. Hugon, M. Serre
Edición española, traducida del francés por el Prof. Dr. Arquitecto BUENAVENTURA BASSEGODA MUSTÉ
Título de la obra original: ENCYCLOPEDIE DU BÂTIMENT
Publicada por: Editions Eyrolles y Editions Techniques – París
Barcelona 1982
- Polo de promoción minero ambiental en el contexto de la agenda local 21: Peninsula de Santa Elena, Ecuador
Autor: Mauricio Cornejo Martínez
- Mecánica de Suelos Práctica
Autor: Ing. Carmen Terreros de Varela
2da Edición Mejorada – Julio 2004
Centro de Difusión y Publicaciones – ESPOL
Guayaquil - Ecuador