CARACTERIZACION DE LA EXPLOTACION DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION EN EL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Kenny Fernando Escobar Segovia [1], David Olmedo Sumba Suarez [2], Alfonso Cristóbal Tapia Olmedo [3], Ing. Gaston Proaño Cadena, MsC [4]
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra [1] [2] [3] [4]
Escuela Superior Politécnica del Litoral [1] [2])[3] [4]
Km. 30,5 Vía Perimetral, 09-01-5863, Guayaquil-Ecuador [1] [2] [3] [4]
kescobar@espol.edu.ec [1], davsum78@hotmail.com [2], alfs5zizou@hotmail.com [3], gproano@espol.edu.ec[4]

Resumen

En la presente tesina de seminario de graduación se realiza la caracterización de la explotación de los materiales para la construcción en el sector oeste de la ciudad de Guayaquil, se seleccionaron algunos tipos de muestras de dos canteras del sector para determinar propiedades físicas, geomecánicas y químicas, como también datos específicos para base y sub-base usada en la construcción de carreteras, estos datos obtenidos se compararon con las especificaciones técnicas del MOP, para determinar si son materiales aptos para la construcción. Se realizaron mapas de ubicación de canteras y del área de concesión según información facilitada por la DINAMI, para la elaboración de mapas se utilizo software especializado en Sistema de Información Geográfica

Palabras Claves: *Materiales para la explotación, sector oeste ciudad de Guayaquil, caracterización de materiales, explotación de canteras.*

Abstract

In this seminar graduation thesis is the characterization of the holding of materials for construction in the western sector of the city of Guayaquil, we selected certain types of samples from two quarries in the sector to identify physical, chemical and geomechanical as well as specific data base and sub-base used in road construction, these data were compared with the technical specifications of the MOP to determine whether materials are suitable for construction. We map the location of quarries and the concession area according to information provided by the DINAMI, for the mapping software was used specialized geographic information system.

Key words: *Materials for the explotation, western city of Guayaquil, characterization of materials, quarrying.*

1. Introducción

El área seleccionada para el presente estudio se localiza en el sector geográfico de la ciudad de Guayaquil, la misma que esta ubicada en la parte sur-oeste del Ecuador en la provincia del Guayas, y preferentemente en la margen derecha del río Guayas.

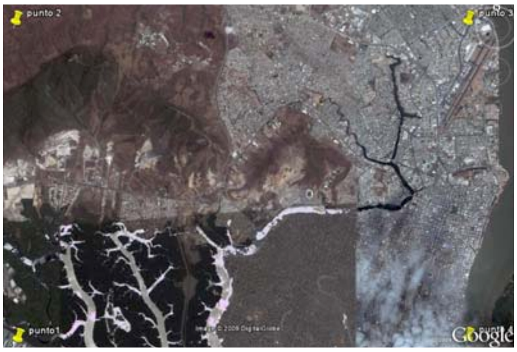


Fig. 1.1. Mapa de ubicación de la ciudad de Guayaquil
Fuente: Google Earth 2007

Uno de los rubros más importantes del desarrollo económico de la ciudad de Guayaquil representa la explotación, uso y aplicación de los materiales de construcción que se extraen de las canteras ubicadas en el área metropolitana de la ciudad. Poco se hace con relación al estudio del origen de los materiales, composición química, uso adecuado y mejoramiento de los materiales. Previo a las aplicaciones se realizan ensayos físicos de los agregados, arenas y otros materiales, sin embargo el estudio de la mineralogía, la composición química y la relación de estos con el comportamiento geomecánico poco se conoce. La presente tesina pretende hacer una descripción del origen de los materiales, efectos de la tectónica, proceso de alteración, composición química, caracterización geomecánica, análisis de las relaciones entre las propiedades físicas, químicas y mecánicas. Para la ejecución de esta tesis se utilizara la información de trabajos anteriores desarrollados en varias tesis de grado como ingenieros geotécnicos en la Espol, investigadores y profesionales del área, así como también la información obtenida en el trabajo de campo, análisis de los ensayos de laboratorio e interpretación de los resultados.

Objetivos:

La explotación de canteras para utilizar los materiales en la construcción de obras civiles y el desarrollo de la ciudad de Guayaquil, se incrementa considerablemente día a día. Con el propósito de hacer una caracterización de los materiales rocosos como materia prima en la industria de la construcción, se propone en el presente trabajo los siguientes objetivos:

- Actualizar el inventario de las canteras de donde se explota materiales de construcción dentro de un sector de la ciudad de Guayaquil.

- Determinar las propiedades índices de los macizos rocosos y de los materiales rocosos de mayor uso dentro del área de la ingeniaría civil.

- Caracterizar los materiales rocosos mediante ensayos de laboratorio.

- Interpretar los resultados obtenidos tanto en el campo como en el laboratorio y jerarquizar la importancia de dichos materiales.

- Proponer el uso de los materiales en base a sus propiedades físico, químico y geomécanicos.

Metodología:

Para la realización de la siguiente tesis es necesario seguir la siguiente metodología:

1. Describir el marco geológico regional con el uso de mapas geológicos e informes técnicos desarrollados por investigadores de la ORSTOM con la colaboración de profesores de la Espol.
2. Realizar un inventario detallado de las canteras del área descrita en

Guayaquil donde se explotan los materiales de construcción, para esto se visitara varios sitios.

3. Obtener muestras del macizo rocoso expuesto en las canteras de donde se explota el material, para realizar su respectivo análisis.
4. Analizar los resultados obtenidos en laboratorio y determinar las correspondientes conclusiones.

2. Marco Conceptual

Tectónica:

La geotectónica de la costa ecuatoriana rige a través de un modelo de subducción de placa oceánica, bajo litosfera continental. Dicha placa toma el nombre de Nazca que se desplaza en sentido Oeste-Este, chocando en el sector occidental del continente Sur Americano. Se sabe que este desplazamiento de la placa Nazca ha tenido lugar desde aproximadamente 70 Ma. En la actualidad esta placa se desplaza a una velocidad de 5 cm. por año en sentido perpendicular al perfil costero ecuatoriano y 8 cm. por año en dirección diagonal frente a Colombia, datos obtenidos de registros realizados por investigadores franceses. Este movimiento esta de alguna manera influenciado por las siguientes causas: cercanía de la placa de Cocos, zona de expansión de las Isla Galápagos, y el aporte friccionante inducido por el hundimiento de la cordillera submarina “Carnegie”. En la figura # 2.1 se representa la dirección de desplazamiento de la cordillera Carneigie que colisiona en sentido perpendicular con el perfil litoral.

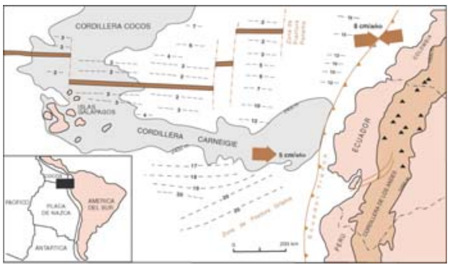


Fig. 2.1. Mecanismo de subducción en el Ecuador (Según I BGS, 1994)
Fuente: Texto “Geología del Ecuador”. Ing. Eugenio Núñez del Arco, 2003.

Litología:

Formación Piñón: La Fm. Piñón es esencialmente, una serie volcánica, y varía algo de área en área. Pequeños afloramientos de esta unidad pueden ser y probablemente han sido confundidos con emanaciones ígneas básicas, posteriores. Cerca de Guayaquil, la porción baja consiste principalmente en flujos de diabasa las cuales se hacen fuertemente amigdaloidales en esta sección. Unos pocos estratos de toba y arenisca tobácea, se observan entrelazados con la diabasa.

Formación Cayo: Yace sobre la Piñón, una serie amplia de estratos delgados, gruesos y masivos de areniscas, arcillita, conglomerados, cherts, tobas y aglomerados volcánicos, los cuales han tomado el nombre de formación Cayo. El miembro basal de la Cayo, cerca de Guayaquil, es llamado "Caliza Calentura" (piedra calcárea), el cual, ha sido reconocido solamente por su situación; y consiste de una estratificación delgada, de color gris oscuro a negro, dura, de lutitas calcáreas y de color habano a café, localmente ahuecadas, y parte de calizas silicosas. Está esparcida de foraminíferos y contiene algo de radiolarios.

La formación Cayo SS, aparece cerca de Guayaquil y se extiende hacia el noroeste, a lo largo de la cordillera Chongón–Colonche, hacia la provincia de Manabí. Las rocas cretáceas también se encuentran en el área de Esmeraldas, e incluyen una parte de la Fm. Cayo. Se presentan además algunas areniscas y lechos tobáceos de origen volcánico, que han sido incluidas en la formación Piñón.

Formación Guayaquil - Chert: Sobre la formación Cayo SS, hay una serie de horizontes de lutitas altamente silicosas o “horstenos” conocidos como la formación Guayaquil Chert. Esta formación, representa la mayor parte de los sedimentos del Cretáceo Superior de la costa. Consiste de estratificaciones delgadas a masivas, de color gris, habano, verdoso oscuro, gris, y negro, con ínter estratificaciones de lutitas silicosas, arcillita y tobas localmente deformadas, con estructuras sin-sedimentarias y rizaduras (slumps). Los horstenos son generalmente bien estratificados, pero frecuentemente distorsionados. Aparecen unos pocos estratos delgados de color café, a café verdoso, de gránulos finos de areniscas calcáreas. La parte superior de la formación es calcárea y contiene más lutitas y arcilla que la parte baja. Su carácter calcáreo puede ser secundario, debido, a la presencia de las calizas San Eduardo. La formación Guayaquil, se caracteriza por concreciones de cherts en bandas alternantes de color gris claro a gris oscuro y negro de aproximadamente 0.5 centímetros de ancho. Estas concreciones varían en su tamaño, de unos pocos centímetros, a por lo menos 1 metro de diámetro.

Formación San Eduardo: Las calizas de la Formación San Eduardo yace sobre la Fm. Cayo. Al Oeste de Guayaquil se observa la formación en la parte sur de la cordillera Chongón Colonche. Esta compuesta por calizas compactas, turbiditicas bien estratificadas, clásticas compuestas de fragmentos, granos de arrecifes de algas interestratificadas, con escasas lutitas calcáreas y silíceas, margas y cherts.

Geomorfología

La ciudad de Guayaquil se encuentra situada en la cuenca del río Guayas, una extensa área de la costa ecuatoriana bañada por el río del mismo nombre y toda su red de afluentes. Los dos ríos mas importantes son el Daule y el Babahoyo que se unen al norte de la ciudad formando la ría Guayas que descarga el volumen de agua en el Golfo de Guayaquil, considerado como el accidente geográfico mas grande en la vertiente del Pacifico Sur con un promedio anual de 30.000 millones de metros cúbicos de agua. La ciudad esta atravesada por una sección del sistema montañoso Chongón-Colonche. Los cerros Santa Ana y del Carmen (ubicados prácticamente junto al río) y los cerros Azul y Blanco, en su limite occidental; son algunas de las elevaciones que conforman el relieve de Guayaquil.

Características del clima: El clima de Guayaquil es el resultado de la combinación de varios factores. Por su ubicación en plena zona ecuatorial, la ciudad tiene una temperatura cálida casi todo el año, no obstante, su proximidad al Océano Pacifico hace que las corrientes de Humboldt (fría) y de El Niño (cálida) marquen dos periodos climáticos bien diferenciados. Uno lluvioso y húmedo, con calor típico del trópico, que se extiende desde diciembre a abril (conocido como invierno); y el otro seco y un poco más fresco (conocido como verano), que va desde mayo a diciembre.

3. Inventario de los sitios de explotación y elaboración de mapas

Según estudios realizados por la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico - Minero – Metalurgia en Octubre de 1998, sobre un Diagnostico Ambiental de la Explotación de Canteras de Materiales para la Construcción en la Provincia del Guayas; se obtuvo un inventario de canteras cuyo detalle se indica en la tabla 4.1

CODIGO	NOMBRE	MATERIAL	SITUACION	ACTIVIDAD	COORX	COORY
A1	s/n Municipio de Gye	Cascajo	Ilegal	Explotación	619100	9758750
A2	s/n	Cascajo	Ilegal	Abandonada	618000	9758650
A3	s/n	Cascajo	Ilegal	Abandonada	621600	9758670
A4	s/n	Cascajo	Ilegal	Abandonada	622600	9758850
A5	s/n	Cascajo	Ilegal	Abandonada	622200	9758900
A6	Mancheno Cesar	Ripio	Ilegal	Explotación	617000	9759000
A7	Portete Agrecali	Cascajo	Legal	Explotación	617100	9758700
A8	s/n	Cascajo-Ripio	Ilegal	Abandonada	617280	9759500
A9	s/n Edgardo Abolu	Cascajo	Ilegal	Abandonada	617550	9759220
A10	s/n	Cascajo	Ilegal	Abandonada	617650	9759330
A11	s/n C. Ripalda	Cascajo	Ilegal	Abandonada	619000	9761000
A12	Polo	Cascajo	Legal	Explotación	616700	9758870
A13	Comandante Duro	Cascajo	Legal	Explotación	616200	9758720
A14	N° 6 Consejo Provinc	Cascajo	Legal	Explotación	616450	9758520
A15	Country Club	Cascajo	Ilegal	Abandonada	616200	9758700
A16	San Luis	Ripio	Legal	Explotación	615100	9759700
A17	Santa Mónica	Caliza	Legal	Explotación	614700	9759300
A18	Consorsa Picasa	Caliza	Legal	Explotación	614200	9759500
A19	Huayco	Caliza-Ripio	Legal	Explotación	612500	9759800
A20	Huayco II	Caliza	Legal	Explotación	612600	9759800
A21	Huayco IV	Caliza	Legal	Explotación	612450	9760000
A22	Canver	Ripio	Legal	Explotación	612150	9759850
A23	Terraplen-Progran	Caliza	Legal	Explotación	612000	9759800
A24	Terraplan Nisansa	Caliza	Legal	Explotación	611860	9759700
A25	Tres Ceibos	Cascajo	Legal	Explotación	612000	9759400

Tabla 4.1 Inventario de canteras dentro del área de estudio.
Fuente: Estudio de la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico - Minero – Metalurgia, Octubre de 1998.

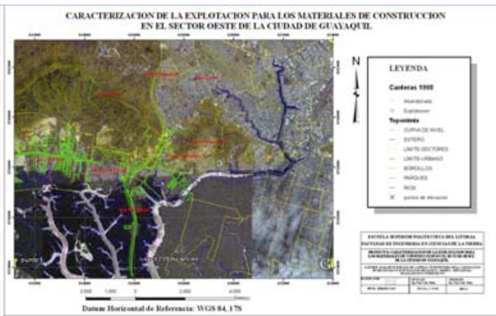
Después de realizar salidas de campo, se obtuvo una lista de canteras que continúan en explotación, las cuales se detallan en la tabla 4.2

N_CANTERA	NOMBRE	MATERIAL	SITUACION	ACTIVIDAD	COORX	COORY
A9	Borcons	Cascajo	Ilegal	Explotación	617550	9759220
A16	San Luis	Ripio	Legal	Explotación	615100	9759700
A17	Santa Monica	Caliza	Legal	Explotación	614700	9759300
A19	Huayco	Caliza-Ripio	Legal	Explotación	612500	9759800
A20	Huayco II	Caliza	Legal	Explotación	612600	9759800
A21	Huayco IV	Caliza	Legal	Explotación	612450	9760000
A23	Terraplein	Caliza	Legal	Explotación	612000	9759800
A24	Lerida	Caliza	Legal	Explotación	611600	9759000
A25	Fraga	Cascajo	Legal	Explotación	611400	9759200
A26	Explosa	Caliza	Legal	Explotación	611800	9759500
A27	Decal	Ripio	Legal	Explotación	611600	9759700
A29	La Lorena	Caliza	Ilegal	Explotación	613700	9760000
A30	Evadriana	Cascajo	Legal	Explotación	613400	9759500

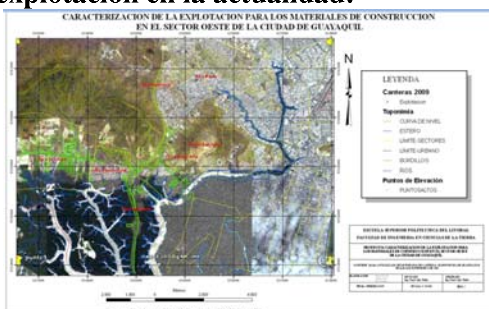
Tabla 4.2 Inventario de canteras dentro del área de estudio
Fuente: Tesina de Seminario de Graduación, Febrero 2009

Elaboración de mapas: Para la elaboración de los respectivos mapas fue necesario de un Sistema de Información Geográfica. Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

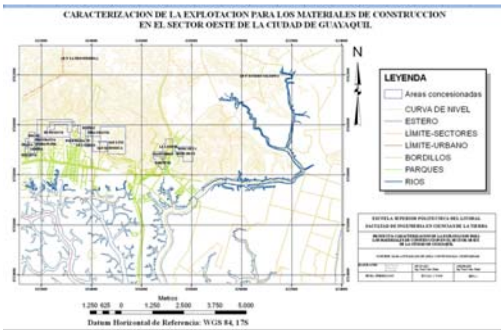
Mapa de inventario de canteras de 1998:



Mapa de ubicación de canteras en explotación en la actualidad:



Mapa de áreas concesionadas para la explotación de material para la construcción:



4. **Análisis de las muestras de los materiales para la construcción.**

En mecánica de rocas existen dos conceptos fundamentales que constituyen la definición del macizo rocoso y el material rocoso. En el primer caso se habla de un volumen de material que involucra la escala de una obra de ingeniería, así por ejemplo un macizo atravesado por una carretera; y otro concepto que tiene que ver con los distintos tipos de roca o litología que pueden ser estudiados individualmente y que en todo caso son parte estructural del macizo rocoso.

Determinación de propiedades físicas: Las propiedades intrínsecas o físicas son las propiedades que caracterizan al material rocoso y no se requiere de ningún agente externo para determinarlo.

Dentro de estas propiedades se analizan las siguientes:

- Análisis petrográfico
- Granulometría
- Gravedad especifica aparente
- Gravedad especifica verdadera
- Porosidad
- Relación de vacios
- Índice de absorción
- Peso unitario de las rocas
- Peso unitario seco
- Peso unitario sumergido

Determinación de propiedades geomecánicas: Las propiedades extrínsecas de las rocas, son aquellas que se las obtienen bajo la acción de agentes

externos conocidos como solicitaciones; las que pueden ser cargas mecánicas, cuando se aplican a las rocas esfuerzos en diferentes sentidos; o pueden ser agentes químicos, cuando se someten estas a la acción de soluciones químicas para probar su resistencia.
Entre las propiedades extrínsecas se analizan las siguientes:

- Resistencia al desgaste por abrasión
- Resistencia a la compresión simple
- Modulo de deformación
- Coeficiente de Poisson

Determinación de propiedades químicas: Resistencia al Desgaste por Solución de Sulfatos (AASHTO T – 104, ASTM C – 88). Este determina o mide la resistencia de la sustancia rocosa, en forma de fragmentos de roca, a la desintegración cuando se sumerge en una solución de sulfato de sodio (SO4Na2), o sulfato de magnesio (SO4Mg), dando un buen criterio para juzgar la resistencia de los agregados cuando estén bajo la acción del intemperismo y meteorización; así como la acción de las aguas contaminadas o desechos industriales. Es de anotar que los resultados obtenidos con el uso del sulfato de sodio son diferentes, de los que se obtienen cuando se usa el sulfato de magnesio. Para determinar el porcentaje de desgaste se utiliza la siguiente relación:

$$D.S.\% = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

D.A. % = porcentaje total de desgaste al sulfato
Pi = peso inicial de la muestra
Pf = peso final de la muestra

Propiedades de agregados para base y sub-base:

Base.- Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitirlas en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un VRS (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima; además se recomienda no compactar materiales en las bases que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico.

Sub-base.- Es una capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante, La sub base consiste en el suministro, transporte, colocación, sobre la subrasante definida en los diseños, conformación y compactación de grava, piedra partida, arenilla u otro material granular. El material para sub-base se compondrá de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos. En cada caso, sean suelos naturales o mezclados, debe obtenerse una capa uniforme, compacta, libre de terrones de arcilla, materia orgánica, basuras, escombros, u otros elementos objetables a juicio del Interventor.

Proctor: Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en laboratorio las condiciones dadas de compactación en terreno. Históricamente, el primer método, respecto a la técnica que se utiliza actualmente, es el debido R.R. Proctor y que es conocido como Prueba Proctor estándar. También para algunas condiciones se utiliza el que se conoce como Proctor de 15 golpes. Todos ellos consisten en compactar el suelo, con condiciones variables que se especifican a continuación:

Método Proctor	N	Tamaño molde (cm)	Volumen molde $(cm)^3$	Pisón (kg)	Nº Capas	Altura caída (cm)	Nº Golpes	Energía compac. / volumen $(kg*m/m^3)$
ESTÁNDAR	1	11.64*10.16	943.33	2,49	3	30.48	25	60.500
ESTÁNDAR	2	11.64*15.24	2123.03	2,49	3	30.48	56	60.500
MODIFICADO	3	11.64*10.16	943.33	4,53**	5	45.72	25	275.275
MODIFICADO	4	11.64*15.24	2123.03	4,53**	5	45.72	56	275.275
15 GOLPES	5	11.64*10.16	943.33	2,49	3	30.48	15	36.400

Tabla 5.4. Descripción de los métodos Proctor con sus respectivas energías de compactación. (Universidad Católica del Norte, Chile)
** Pisón de 10 lbs.

CBR: El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con el número ASTM D 1883-73. Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub – bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%. Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado. El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kg/cm2 ó libras por pulgadas cuadrada, (psi.) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 cm2) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada, en ecuación, esto se expresa:

$$CBR = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo de la muestra patron}} * 100$$

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son:

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm^2	psi
2,54	0,1	6,90	70,00	1000
5,08	0,2	10,30	105,00	1500
7,62	0,3	13,10	133,00	1900
10,16	0,4	15,80	162,00	2300
12,7	0,5	17,90	183,00	2600

Tabla 5.5 Valores de carga unitaria en la muestra patón. (Universidad Católica del Norte, Chile)

Selección de sitios de explotación: El sitio de selección de muestras para su análisis de calidad de agregado, se lo realizó en la cantera San Luis ubicada en las coordenadas geográficas 615100E; 9759700N donde se explota y tritura lutitas y en la Cantera Santa Mónica ubicada en las coordenadas geográficas 614700E; 9759300N donde se explota caliza.

Imagen 5.1 Cantera San Luis, recolección de muestras de lutitas

Selección de sitios de obtención de material para base y sub-base: El material utilizado para los respectivos análisis de calidad de agregados para base y sub – base se lo obtuvo de las canteras de San Luis y de la cantera de Calcáreos Huayco ubicada en las coordenadas geográficas 612500E; 9759800N.

5. Interpretación de los resultados de campo y laboratorio

Los resultados obtenidos en las muestras de rocas son las siguientes:

Propiedades físicas:

Muestra	G	Gv	n %	E	A %	γd g/cm^3	γ' g/cm^3	γsat g/cm^3	H Dureza
Lutita (San Luis)	2,55	2,570	0,631	0,246	0,248	2,553	2,537	3,537	2,1
Arenisca (San Luis)	2,48	2,540	2,09	0,83	0,839	2,487	2,435	3,435	2,1
Caliza (Santa Mónica)	2,66	2,677	0,717	0,268	0,245	2,660	2,640	3,640	2,85

Tabla 6.1 Resultados de los análisis de las propiedades físicas de las muestras de rocas de la Cantera San Luis y Santa Mónica

Propiedades Geomecánicas y Químicas

Muestra	Rc kg/cm^2	Et kg/cm^2 10^5	Es kg/cm^2 10^5	D.A %	D.S %
Lutita (San Luis)	769,22	5,0	2,88	19,5	8,43
Arenisca (San Luis)	498,81	3,4	2,35	20,3	12,4
Caliza (Santa Mónica)	506,78	3,13	2,05	35,6	2,58

Tabla 6.2 Resultados de los análisis de las propiedades geomecánicas y químicas de las muestras de rocas tomadas de la Cantera San Luis y Santa Mónica.

Los resultados obtenidos de los ensayos de suelo para base y sub-base son los siguientes:

Muestra	Abrasión %	W %	WL %	WP %	IP %	Proctor (Humedad Optima) %	Densidad máxima Kg/m³
Sub–Base*	19,36	2,9	22	19	3	6.65	1850
Base**	23,8		20,4		Np	5	2250

Tabla 6.3 Resultados de los análisis de calidad del material destinado para base y sub - base
*Sub base clase 1 extraída de la cantera San Luis
**Base clase 1 extraída de la cantera Calcáreos Huayco
* Np no plástico

Muestra	CBR 56 golpes	Hinc %	CBR 25 golpes	Hinc %	CBR 12 golpes	Hinc %	CBR 95 %	CBR 100 %
Sub –base*	35,04	0,0	25,04	0,04	14,30	0,10	22,30	35,20
Base**	52,04							

Tabla 6.4 Resultados de los análisis de calidad del material destinado para base y sub – base (CBR)
*Sub base clase 1 extraída de la cantera San Luis
**Base clase 1 extraída de la cantera Calcáreos Huayco
* Np no plástico

6. Conclusiones y Recomendaciones:

- En la actualización del inventario de canteras se constato que muchas de ellas están abandonadas, en comparación con un estudio de 1998.

- Realizando los ensayos en el material para Base clase 1 obtenido de la Cantera Calcáreos Huayco se obtuvo un desgaste a la abrasión del 23,8 % y las especificaciones del MOP nos recomienda que sea no mayor al 40%, también obtuvimos un limite liquido del 20,4% y no obtuvimos el limite plástico, y el MOP sugiere que tenga un limite liquido no mayor al 25% y un índice de plasticidad menor al 6%. En cuanto a la granulometría, estos están dentro de las especificaciones recomendadas por el MOP según la tabla 404-4.1.

- Realizando los ensayos en el material para Sub-Base clase 1 obtenido de la Cantera San Luis se obtuvo un desgaste de abrasión del 19,36 % y las especificaciones del MOP nos recomienda que no sea mayor al 50 %, también obtuvimos un limite liquido del 22 % y un índice de plástico del 3 %, y el MOP sugiere un limite liquido no mayor al 25 % y un índice plástico no mayor a 6. En cuanto a la granulometría, estos están dentro de las especificaciones recomendadas por el MOP según la tabla 403-1.1

- Se recomienda realizar más ensayos en otras canteras para poder determinar si los demás materiales que se explotan cumplen con las especificaciones técnicas.

- Se recomienda realizar un mapa de acuerdo al tipo de material que se explota en cada concesión.

7. Bibliografía:

a) ING. EUGENIO NUÑEZ DEL ARCO, Geología del Ecuador, 2003, 5 p
b) RODOLFO MENDOZA RODRIGUEZ, Comportamiento geomecánico de los materiales rocosos de la Formación Cayo, 1989, 20 p
c) TERREROS CARMEN, Materiales de construcción, 2006, 29 p
d) RODRIGUEZ YARIN, Arqhys, México, 2008
e) TERREROS CARMEN, Mecánica de suelos Laboratorio, 1995