

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOLGÍA

Trabajo Especial de Grado

CARACTERIZACIÓN Y MAPEO DE LA METEORIZACIÓN DE LA ZONA: EL HATILLO AL SUR – ESTE DE CARACAS.

TUTOR ACADEMICO: Prof. Armando Díaz Quintero

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al Título
de Ingeniero Geólogo
Por el Br. Carlos Gregorio
Zambrano Gallardo

Caracas, Junio del 2007.

ACTA

El día ____ 18 de Junio de 2007 _____ se reunió el jurado formado por los Profesores.

Omar Márquez
Jurado

Víctor León
Jurado

Armando Díaz Q
Tutor

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado:

CARACTERIZACIÓN Y MAPEO DE LA METEORIZACIÓN DE LA ZONA: EL HATILLO AL SUR – ESTE DE CARACAS.

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de: **INGENIERO GEOLOGO.**

Una vez oída la defensa oral que el bachiller hizo de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió la siguiente calificación:

Nombre	Calificación	
	Número	Letras
Br. Zambrano Gallardo Carlos Gregorio.		

RECOMENDACIONES:

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, __18__ de __junio__ de 2007

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por siempre acompañarme,
A mis padres y hermano: Francisca de Zambrano Gallardo,
Hermenegildo Zambrano y José A. Zambrano G.
quienes no están aquí físicamente, pero sé que desde donde estén
serán felices de ver una parte de mis metas Realizadas.
A mis hermanos que colaboraron siempre conmigo en esta tarea:
Carmen, Cira, Denis, Francis, Héctor, Reina, Lucy y Luis.
Muy en especial a mi hijo Alejandro Luciano, quien es la luz de mi vida
Y mí querida esposa Urihachi,
Por ser quien me da la fuerza y energía para superarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor Armando Díaz Quintero, por su valiosa colaboración de manera desinteresada para lograr esta meta en mi vida.

Porque su profesionalismo, comprensión y sus aportes en conocimientos fueron claves para mi investigación.

A los Ingenieros: Bernabé Aguado, Sergio Rodríguez, Ghary R. Escandon, Jesús Portilla y al pana Uzcategui, por su valiosos aportes.

A mis hermanos y esposa por su motivación constante, preocupación y apoyo hasta lograr la culminación de este trabajo, y a todas aquellas personas que contribuyeron a que esta investigación culminara exitosamente, en especial a Ivón Pereira por preocuparse por su nieto.

Br. Carlos G. Zambrano G.

**CARACTERIZACIÓN Y MAPEO DE LA METEORIZACIÓN DE LA ZONA:
EL HATILLO AL SUR – ESTE DE CARACAS.**

Tutor Académico: Armando Díaz Quintero.

Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Departamento de Geología. Año 2007.

Palabras claves: Edo. Miranda, El Hatillo, taludes, cortes, meteorización, geotecnia, afloramientos, esquistos.

RESUMEN. Se realizó un estudio geológico superficial en una zona de El Hatillo, al sureste de Caracas donde se identificaron los esquistos cuarzo-micáceos de la Formación Las Brisas los cuales fueron caracterizados desde el punto de vista geotécnico, a cuyos efectos se elaboraron perfiles en los cuales se expresa el grado de meteorización presente en las rocas.

Con estos perfiles fue posible conocer la disposición de las capas que los conforman y determinar las condiciones de erosionabilidad y estabilidad de los taludes. Con la ayuda de fotografías de los afloramientos y mapas fue verificado la disposición y espesor de los diferentes intervalos identificados. El uso de piqueta y navaja permitieron establecer las variaciones en la dureza de las rocas, con lo cual establecimos el nivel de erosión y estabilidad; así como el contacto geológico entre el suelo residual y las rocas metamórficas.

El nivel de estabilidad de los cortes fue establecida por la orientación preferencial de los planos de foliación y de las familias de diaclasas que están presentes. Se formulan entonces recomendaciones para la preservación de los taludes en el futuro.

INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IV
INDICE DE FOTOS	IV
INDICE DE TABLAS	V
INDICE DE APENDICES	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
I.2.OBJETIVOS	3
I.2.1 OBJETIVO GENERAL	3
I.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
I.3 UBICACIÓN	4
I.4 METODO DE TRABAJO	5
I.4.1 GEOLOGÍA DE CAMPO	5
I.4.2 ETAPA DE LABORATORIO	8
I.4.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS MISMOS	8
I.5 TRABAJOS PREVIOS	9
CAPITULO II	
II.1 GEOGRAFIA Y FISIOGRAFIA	11
II.1.1 ASPECTOS GENERAL	11
II.2 CLIMATOLOGIA	11
II.3 RELIEVE	12
II.4 DRENAJES	13
II.5 GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA	14

CAPITULO III	
III.1 GEOLOGIA REGIONAL	16
III.1.1 ESTRATIGRAFIA REGIONAL	16
III.1.2 CONSIDERACION HISTORICA	16
III.1.3 LOCALIDAD TIPO	17
III.1.4 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	17
III.2. UNIDADES LITODÉMICAS	18
CAPITULO IV	
IV.1 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE ROCAS	20
IV.1.1 GRADO DE METEORIZACIÓN	20
IV.1.2 ESTADO DE LA RESISTENCIA	22
IV.1.3 ELEMENTOS PLANARES Y LINEALES	24
IV.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS	28
IV.2.1 PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE GRANO GRUESO	28
IV.2.2 PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE GRANO FINO	30
CAPITULO V	
V.1 GEOLOGÍA LOCAL	34
V.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS TALUDES	36
V.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	49
V.3.1 FOLIACIONES	51
V.3.2 DIACLASAS	52
V.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS METAMORFICAS AFLORANTE	55
V.4.1 PERFILES DE METEORIZACIÓN DEL ÁREA	55
V.5 INTERPRETACIONES GENERALES	58

V.5.1ANÁLISIS DE LAS PROPIEDAS FÍSICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS	58
VI.5.1.1 DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA	58
VI.5.1.2 CONSISTENCIA DE LOS SUELOS	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66
GLOSARIO DE TERMINOS	68
ANEXOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ZONA DE ESTUDIO EL HATILLO	4
FIGURA 2. ESTACIONES CON DESCRIPCIÓN DE PERFILES Y MUESTRAS TOMADAS	6
FIGURA 3. CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS	28
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LOS TALUDES ESTUDIADOS	36
FIGURA 5. UNIDADES METAARENISCAS, METACONGLOMERADOS Y ESQUISTOS-CUARZO-MICACEOS-FELDESPATICOS	48
FIGURA 6. MAPA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	54
FIGURA 7. MODELO DE PERFIL DE METEORIZACIÓN TÍPICO	58
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS MUESTRAS	60

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1.PRESENCIA DE CARCAVAS	14
FOTO 2. GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA. COLINAS REDONDEADAS	15
FOTO 3. TALUD 25	37
FOTO 4. TALUD 24	38
FOTO 5. TALUD 23	39
FOTO 6. TALUD 22	39
FOTO 7. TALUD 21	40
FOTO 8. TALUD 20	41
FOTO 9. TALUD 19	41
FOTO 10. TALUD 16	42
FOTO 11. TALUD 13	43
FOTO 12. TALUD 11	43
FOTO 13. TALUD 02	44
FOTO 14. TALUD 01	44
FOTO 15. TALUD 15	45
FOTO 16. TALUD 16	46
FOTO 17. TALUD 10	47
FOTO 18. TALUD 08	47
FOTO 19. UBICACIÓN DE LA PROBABLE FALLA DESTRAL PRESENTE	49
FOTO 20. FAMILIA DE DIACLASAS PRESENTE EN LA ZONA SUR	53

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MUESTRAS RECOLECTADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO	7
TABLA 2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE ROCAS	27
TABLA 3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN USCS, A. CASAGRANDE	33
TABLA 4. LITOLOGIA DE LOS AFLORAMIENTOS	34
TABLA 5. COORDENADAS UTM DE CADA TALUD	35
TABLA 6. ORIENTACIONES DE LAS FAMILIAS DE DIACLASAS	50
TABLA 7. ORIENTACIONES DE LAS FOLIACIONES MÁS REPRESENTATIVAS DE LA ZONA NORTE	51
TABLA 8. ORIENTACIONES DE LAS FOLIACIONES MÁS REPRESENTATIVAS DE LA ZONA SUR	52
TABLA 9. ORIENTACIONES MÁS REPRESENTATIVAS DE LAS DIACLASAS, ZONA SUR	52
TABLA 10. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LSO SUELOS	59
TABLA 11. PORCENTAJE GLOBAL DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ESTACIONES CON DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES Y MUESTRAS TOMADAS	
ANEXO 2. DESCRIPCIÓN Y MAPEO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS NO FORMALES	
ANEXO 3. PERFILES DE METEORIZACIÓN	
ANEXO 4. PLOTEO DE POLOS DE LAS ORIENTACIONES DE FOLIACIONES Y DIACLASAS	
ANEXO 5. RESULTADOS DE LABORATORIO. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA	
ANEXO 6. RESULTADOS DE LABORATORIO. CONSISTENCIA DE SUELOS	

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza como Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo; el cual está orientado a la determinación de las características Geotécnicas de una zona que está experimentando un proceso de desarrollo urbano como una prolongación del área metropolitana al sureste de Caracas.

Este estudio comprende los siguientes aspectos:

- 1.1 Geología de superficie; cuya finalidad es determinar las características geológicas de la zona que inciden directamente sobre las propiedades físicas de las rocas, tales como diaclasas, fallas, foliaciones y respectivamente por las condiciones geotécnicas que presenta.
- 1.2 Análisis de los cortes de carretera realizado con el fin de determinar la influencia de los cambios de litología, grado de meteorización, buzamiento de la foliación sobre la inestabilidad de dichos cortes.
- 1.3 Descripción en forma secuencial de los horizontes que lo constituyen, según sus características de meteorización y litología. Para lograr la caracterización de los perfiles se empleó el método del perfil típico de meteorización establecido por Deere & Patton (1971).

CAPÍTULO I

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Justificación de la investigación.

Dada la problemática de sobrepoblación en la ciudad de Caracas, es necesario estudiar la estabilidad de los terrenos en zonas aledañas a la ciudad. Para poder construir urbanizaciones en estos sectores, es necesario realizar estudios geológicos y geotécnicos que nos permitan inferir en que condiciones están los terrenos y así poder dar paso a la construcción de obras civiles que aliviarían la problemática habitacional existente en el país.

A través de esta investigación se pretende realizar una evaluación completa de la geotecnia de la zona, con la ayuda de estudios detallados de la geología local y regional, con la recolección de muestras para realizar los ensayos correspondientes y dar una respuesta a la situación plantada en el estudio.

Es importante señalar que se han hecho investigaciones en zonas cercanas al área de estudio, pero en dicho lugar no. Es por esto que la información generada en este Trabajo es importante, ya que la densidad de la población sigue en ascenso y se necesitan viviendas dignas y seguras donde vivir.

Finalmente, es de vital importancia la realización de este Trabajo Especial de Grado, ya que es el último requisito académico necesario para obtener el Título de Ingeniero Geólogo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

I.2 OBJETIVOS

I.2.1 Objetivo general

El objetivo fundamental del presente estudio es: “Establecer la caracterización litológica de un sector en la zona del Hatillo, ubicada en el Estado Miranda, al sureste de Caracas, para definir la intensidad del proceso de meteorización que las han afectado y caracterizar dicho perfil desde el punto de vista geotécnico”.

I.2.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información bibliográfica preexistente de naturaleza geológica, geotécnica y aerofotográfica que pueda existir de la zona.
- Procesar y reinterpretar la información recopilada en función del objetivo general.
- Realizar el estudio geológico de superficie con levantamientos detallados del área a través de la vialidad existente, quebradas, picas y calicatas.
- Definir el perfil de meteorización en la zona y sus variaciones para establecer las propiedades físicas y geotécnicas de la secuencia de capas que constituyen dicho perfil, con énfasis en los procesos de inestabilidad que lo afectan.
- Hacer una interpretación integrada de toda la información generada para tratar de establecer las relaciones entre el perfil de meteorización y las inestabilidades observadas y llegar a conclusiones prácticas aplicables al proceso de urbanismo que se está dando en la zona.

I.3 UBICACIÓN

El área en estudio está en el Municipio Autónomo “El Hatillo”, Estado Miranda, en la región centro-norte – costera de Venezuela, al sureste de Caracas (figura 1). Los puntos de interés son los afloramientos de taludes en las vías y carreteras de este municipio, los cuales están ubicados en la parte posterior de la Urbanización Lomas de La Lagunita, en una vía que nos hace pasar por el cerro “Mi Chiquita” hasta llegar al cerro Topo Tiama, y la otra vía nos lleva directo al río Guaire. La zona se encuentra entre las coordenadas (UTM):

E741500 a E743500

N115250 a N115400

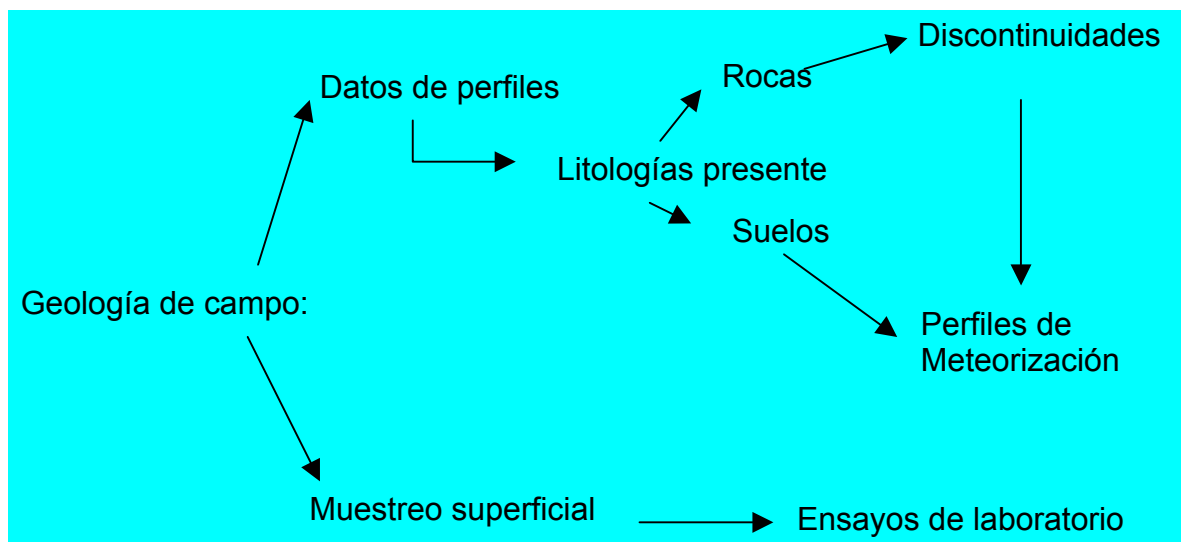


Figura 1. Zona de Estudio El Hatillo. (Fuente: [http:// www.puebloelhatillo.gov.ve](http://www.puebloelhatillo.gov.ve))

I.4 MÉTODO DE TRABAJO

El levantamiento de campo fue realizado con base al mapa topográfico a escala 1:5000 con la finalidad de identificar las litologías presentes, determinar sus características estructurales, describir y caracterizar el perfil de meteorización presente, identificar y ubicar las inestabilidades de ladera presentes.

El área de estudio fue dividida en dos zonas de acuerdo a la geometría presentada: zona norte y zona sur, las cuales fueron estudiados para evaluar la calidad de las rocas que afloran en los presentes taludes. El siguiente diagrama resume la estrategia desarrollada para la geología de campo:



I.4.1 Geología de campo

Partiendo del objetivo general de este estudio geológico y basado en la geología de superficie, así como en la fotointerpretación del área donde están definidos los sistemas de drenajes y unidades litodémicas, se decidió designar 25 estaciones de trabajo en los Esquistos Las Brisas, las cuales están repartidas: 10 en la zona norte y 15 en la zona sur. Estas estaciones fueron ubicadas en taludes

tanto naturales como artificiales cercanos a la carretera, donde se puede observar el perfil de meteorización ligado al suelo residual. En la figura 2 y anexo 1 son representadas las estaciones de muestreo.

Al ubicar las estaciones de trabajo, se inició la fase de exploración y muestreo, en la cual fue establecido 33 puntos de muestreo repartidos en los 25 taludes, 17 en la zona norte y 16 en la zona sur, tal y como es mostrado en la figura 2, anexo 1 y tabla 1. El propósito principal de la exploración, consistió en la descripción del perfil de meteorización, así como la toma de muestras imperturbadas de suelos residuales.

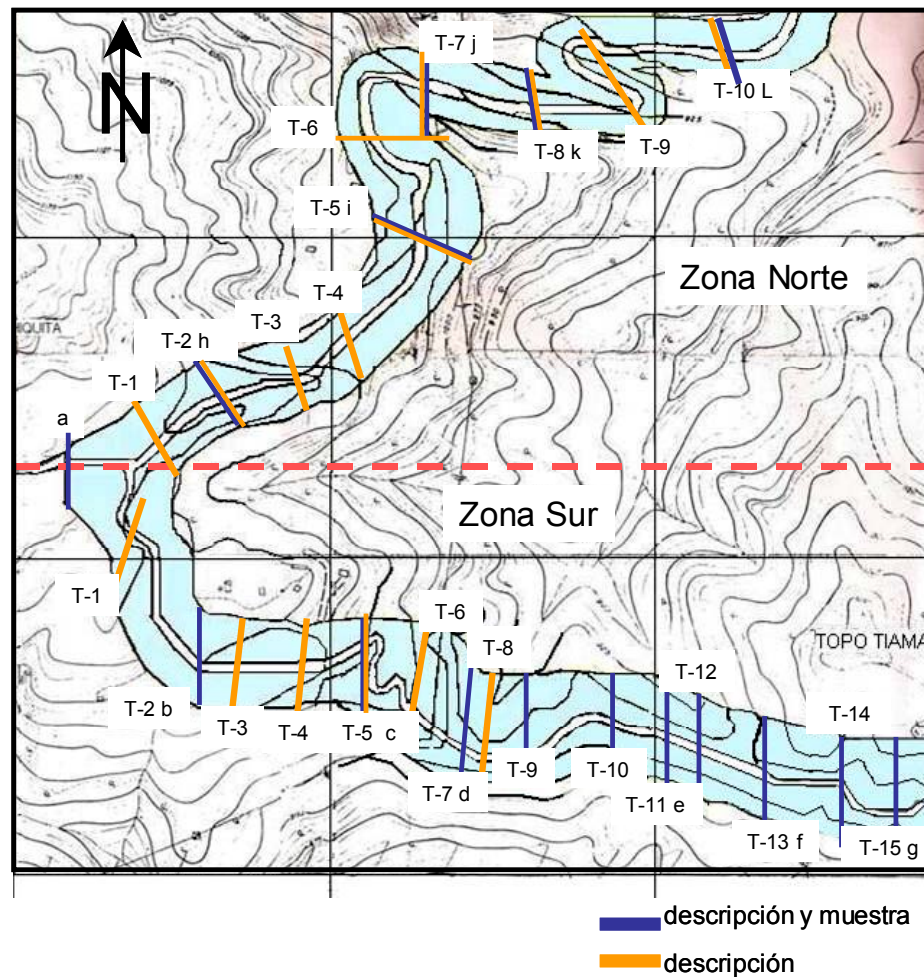


Figura 2. Estaciones con descripción de perfiles y muestras tomadas

Tabla 1. Muestras recolectadas en la zona de estudio.

Muestra	Contenido	Muestra	Contenido	Muestra	Contenido
1	Suelo	12	Saprólito	23	Saprólito
2	Suelo	13	Saprólito	24	Saprólito
3	Saprólito	14	Saprólito	25	Saprólito
4	Saprólito	15	Saprólito	26	Saprólito
5	Suelo	16	Saprólito	27	Saprólito
6	Saprólito	17	Suelo	28	Suelo
7	Saprólito	18	Suelo	29	Saprólito
8	Suelo	19	Saprólito	30	Saprólito
9	Saprólito	20	Suelo	31	Saprólito
10	Saprólito	21	Saprólito	32	Saprólito
11	Saprólito	22	Saprólito	33	Saprólito

Del total de las muestras recolectadas, solo una proporción equivalente al 25 % son suelo residual, el resto es saprólito por lo tanto, no se le realizaron ensayos de suelos, ya que son rocas. Las primeras 6 estaciones están en la zona norte y contiene desde la muestra 1 hasta la muestra 17. En la zona sur están las muestras restantes desde la 18 hasta la 33.

El método de recolección se basó en muestras de afloramientos tomadas a los bordes de la carretera, las cuales fueron guardadas en bolsas, sellándolas lo más herméticamente posible, para evitar que perdieran humedad.

Para la descripción del perfil de meteorización fue considerado el diagrama propuesto por Litle (1969), donde la zona rocosa del perfil fue descrita de acuerdo al modelo de Williamson, incluyendo direcciones de estructuras geológicas microscópicas como planos de foliación, diaclasa y vetas de material precipitado y cuarzo.

I.4.2 Etapa de laboratorio.

Las muestras obtenidas en campo fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Escuela Técnica Robinsoniana Gran Colombia, a fin de precisar sus propiedades físicas y mecánicas para determinar las características de los suelos.

Los ensayos realizados son enumerados a continuación.

Clasificación de suelos de acuerdo a las normas ASTM.

- Granulometría
- Límites de Atterberg. (Límite plástico - límite líquido).
- Hidrometría.

Los resultados obtenidos de esta fase sumados con la descripción de los perfiles en campo fueron la base del proyecto y los mismos fueron vaciados en un mapa descriptivo de los perfiles (ver anexo 2).

I.4.3 Resultados y análisis.

En esta etapa del trabajo se realizó la agrupación e integración de los datos obtenidos en campo -geología de superficie- y los resultados de los análisis de laboratorio. Los análisis de laboratorio permitieron establecer los parámetros necesarios para hacer la caracterización integral de los perfiles de meteorización de la zona en estudio.

Los resultados obtenidos están dispuestos en un mapa descriptivo de los perfiles de meteorización (anexo 2), con el fin de plantear una posible solución a la problemática existente en los terrenos para la construcción de obras civiles en la zona.

I.5 TRABAJOS PREVIOS

En la zona del Hatillo específicamente, no se encontraron indicios de trabajos de grado referidos a estudio de taludes, caracterización y meteorización, que son los que se han tomado como punto de partida para este estudio. Sin embargo sí se hallaron estudios geológicos previos realizados en zonas circundantes, estos son:

- Borges, Cesar. Estudio Geotécnico de Algunas Rocas en la Formación Las Brisas en el Sector La Guairita (Estado Miranda). UCV, Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología y Minas. Departamento de Geología. Caracas, 1972.

Realizó un estudio geotécnico de las rocas pertenecientes a los Esquistos de Las Brisas en el sector de la Guairita, donde agrupo esta litología de acuerdo al grado de meteorización, el cual dependía de la mineralogía presente. Así mismo trabajó con la geometría de las cárcavas y con el material presente en las mismas.

- Marcano, Fernando. Observaciones Preliminares de las Características Geotécnicas de la Zona: Minas de Baruta – Cerro Verde. UCV, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología y Minas. Caracas, 1974.

En este trabajo son estudiados los esquistos de las Brisas; basándose en las características micropetrográficas, físicas y mecánicas, a fin de precisar las características composicionales y texturales de acuerdo al grado de meteorización y su relación con las propiedades físicas del material litológico.

- Carballo, Xiomara. Caracterización del perfil de meteorización para la Fm. Las Mercedes. UCV, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología y Minas. Caracas, 2000.

Caracterizó los perfiles de meteorización en algunas rocas de la Formación Las Mercedes, Grupo Caracas; los cuales fueron comparados con el perfil típico de meteorización propuesto por Deere y Patton (1971).

CAPÍTULO II

II.1 GEOGRAFIA Y FISIOGRAFIA

II.1.1 Aspectos generales

Los patrones regionales de esfuerzos y deformaciones han configurado un cuadro caracterizado por fuertes plegamientos que siguen una dirección preferencial aproximadamente de este-oeste. El anticlinal de Baruta atraviesa la zona y define al centro una serie de colinas con alturas de 1400 m, las cuales son responsables de la fisiografía de la zona.

En la dirección norte y sur existen numerosas elevaciones, desplazadas algunas del lineamiento este-oeste antes expuesto, debido a la erosión diferencial que actúa sobre las diferentes litologías presentes y no por efectos estructurales.

II.2 CLIMATOLOGÍA

La temperatura media anual registrada en El Hatillo en los últimos 50 años oscila entre 18 a 22 °C, con una mínima de 12 °C en el mes de febrero y la máxima entre 20-22 °C en los meses de julio-agosto, la cual se ubica en el piso térmico subtropical.

El área en estudio presenta dos periodos bien definidos, la temporada de lluvia que cubre los meses de mayo a noviembre y la época seca que abarca los meses de enero a abril. La precipitación media anual es 1115 mm., siendo la humedad relativa entre 732 a 974 mm con un promedio anual de 851mm (información suministrada por Lic. Fernando de Carli).

Estas condiciones permiten clasificar climatológicamente la región como bosque sub-húmedo a semi-seco, tropófilos, con alternancia de sabanas, los cuales favorecen la evolución de los procesos de meteorización química, causante parcial a su vez, de la vulnerabilidad en los taludes de corte expresada en formas de socavación y de derrumbes.

La vegetación es otro factor importante en la estabilidad de los cortes ya que su presencia protege la superficie del terreno de la acción erosiva de las aguas (por impacto o arrastre); también favorece la infiltración de las mismas a las capas inferiores. La vegetación está condicionada por los microclimas y en menor medida por las características litológicas. La cobertura vegetal contribuye a la fragmentación de las rocas (meteorización mecánica) ya que las raíces de las plantas se introducen a lo largo de los planos de debilidad de éstas, y en consecuencia contribuyen al debilitamiento de los taludes.

II.3 RELIEVE

El relieve es el producto de la interacción de una serie de agentes naturales de carácter estático y dinámico. Las formas del relieve son clasificadas en:

Formas de primer orden

Formas de segundo orden

Formas de tercer orden.

En el rango de las Formas del primer orden son enumerados los continentes y los océanos. Dentro de las Formas del segundo orden tenemos las que se distinguen dentro de los continentes es decir, las cadenas montañosas y las llanuras. En el rango de las Formas del tercer orden incluimos los detalles a fondo que caracterizan las formas del segundo orden tales como los valles, las filas y laderas de montañas.

El relieve predominante en la zona de estudio es del tercer orden con desniveles de 300 m, posee una línea de cresta de forma sinuosa, con un arreglo caótico y rumbo general E-O.

La zona de la cresta es ancha, en ella esta ubicada la Urbanización Lomas De La Lagunita, desde donde se aprecia una elevación mayor a las demás, la cual es el cerro Mi Chiquita. Las laderas son casi simétricas y tienen casi la misma pendiente.

La forma que presenta estas colina es de tope redondeadas, muy bien definidos, con filas alargadas, un punto de referencia en el área de estudio es la del topo Tiama, que se ubica en la parte sur este del la zona.

II.4 DRENAJE

El sistema de drenaje de la zona está controlado por el Río Guaire, al cual confluyen todos los cauces del sector a través de una red de forma transicional. Los drenajes tributarios, a su vez, presentan un patrón de drenaje dendrítico (por su semejanza a las ramas de un árbol), y confluyen con el cauce principal de acuerdo a un amplio rango de ángulos. Este patrón en el drenaje siempre está asociado a la homogeneidad litológica de la zona.

Estos tributarios parten de las cabeceras o cuencas altas de montañas, son denominados de primer orden, estos se unen a otro formando el drenaje de segundo orden hasta descargar en el Río Guaire.

II.5 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA

Como mencionamos anteriormente la zona de estudio, se encuentra bajo la influencia de un clima tropical húmedo, caracterizado por periodos de sequía y lluvia. El micro clima presente en la zona, induce cambios en la temperatura y la humedad, así como también disminuyen los procesos de insolación y radiación. De acuerdo a estos aspectos podemos decir que el modelador principal de las tofoformas presentes en el área de estudio, es el factor climático.

El factor climático, conjuntamente con la acción de los agentes erosivos afecta o controla la variable litológica. La variable litológica posee una mineralogía definida, la cual será clave en la evolución de los procesos de desintegración y alteración física, química, de las rocas en el paisaje, por lo que rocas con un alto contenido de sílice generaran modelados más resistentes a los procesos mencionados anteriormente.

La acción de los agentes erosivos los podemos ver con los procesos geodinámico activos, tomando como ejemplo la formación de surco de erosión esto lo podemos apreciar en la foto 1.

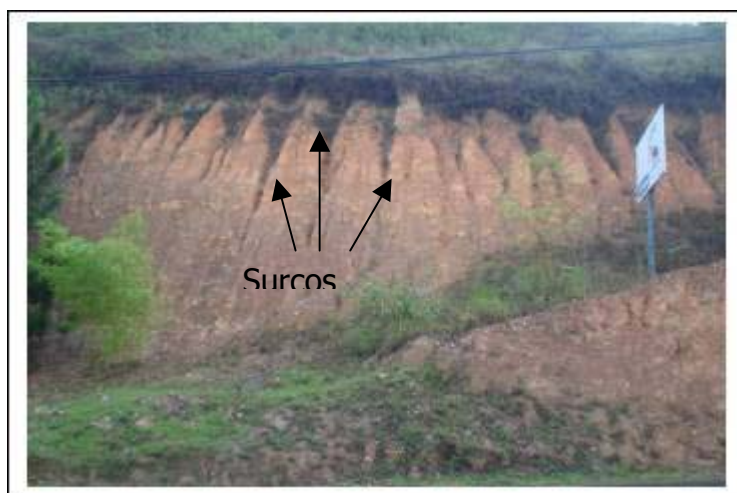


Foto 1. Presencia de surco de erosión

De acuerdo a estos factores se identifico una unidad que esta compuesta por colinas redondeadas en forma compacta perteneciente al esquistos Las Brisas. Las alturas promedios sobre el nivel del mar son de 1050 metros de elevación.

Esta unidad esta constituida por colinas homogéneas compactas, bien distribuidas, ocupa un 100% de la zona. Estas colinas, se presentan con topos redondeados con filas alargadas, crestas con una orientación E-W como se muestra en la foto 2, se exhiben redondeadas y anchas, con laderas simétricas de pendientes suaves, se aprecian una red de quebradas tributarias, con un patrón de drenaje dendrítico, estos se encuentran adaptados a estas topo formas.



Foto 2. Geomorfología de la zona. Colinas redondeadas

El aspecto de las colinas es redondeada, esto se debe a su constitución mineralógica, los niveles de desgastes y erosión son mínimos, ya que estas colinas están compuestas por una litología permeable que permite la infiltración del agua a través de ella, limitando la escorrentía.

CAPÍTULO III

III.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio pertenece a la Formación Las Brisas (Unidad Litodémica Esquistos Las Brisas).

III.1.1 Estratigrafía regional

Las características litológicas de la zona de trabajo nos permite ubicarlas dentro de la Formación Las Brisas, la cual ha sido estudiada en varias oportunidades por diferentes investigadores (Aguerrevere y G. Zuloaga, 1937).

III.1.2 Consideraciones históricas

Aguerrevere y Zuloaga (1937), denominan a esta formación como Conglomerado Basal de Las Brisas y agregan una breve descripción. Dengo (1951) amplía la descripción y propone incluir en la formación los esquistos comprendidos entre la caliza de Zenda y la caliza de Antímano. Dentro de la formación destaca a la caliza de Zenda como miembro y el gneis microclínico, sin rango. Smith (1952) divide la formación en dos miembros: superior e inferior. La formación es descrita por Mc Lachlan *et. al.* (1960), Feo-Codecido (1962), Oxburgh (1965), Seiders (1965), Morgan (1969), Wehrmann (1972), González Silva (1972) y Rodríguez (1972) sin mayores cambios en las diversas localidades; Talukdar y Loureiro (1982), introducen nuevos conceptos en la estratigrafía general de la Cordillera de la Costa. Urbani et al., (2000), para adaptar los nombres a las normas de unidades litodémicas contenidas en NACSN (1983).

III.1.3 Localidad tipo

La localidad tipo está ubicada en el sitio de Las Brisas, en el Km. 10 de la antigua carretera Caracas-Ocumare del Tuy, cerca de la represa de la Mariposa. (Hoja 6847, escala. 1:100.000, Cartografía Nacional).

III.1.4 Descripción litológica

La descripción original de Aguerrevere y Zuloaga (*op. cit.*), menciona un conglomerado basal arkósico, con cantos rodados derivados de la roca basal de Sebastopol, redondeados a subangulares, hasta de 30 cm de diámetro, cantos de cuarzo y cemento principalmente silíceo. Dengo (*op. cit.*) observa que la mayor parte de la formación está constituida por esquistos cuarzo-micáceo, en el que se incluye: gneis microclínico, esquistos granatíferos, cuarcitas y calizas.

Smith (*op. cit.*), divide la formación en dos miembros: miembro inferior, constituido por gneises y esquistos microclínicos conglomeráticos y miembro superior formado casi completamente por esquistos sericíticos. Este autor opina que los grupos litológicos de los miembros inferior y superior, fueron originados de conglomerados y lutitas respectivamente, y que las calizas son de origen biohermal.

Seiders (*op. cit.*) encuentra en el tope de la formación conglomerados gnéisicos y areniscos esquistosos, con cantidad menor de caliza negra en capas delgadas y grandes guijarros de granito. Resalta la ausencia de los esquistos sericíticos de Smith. Morgan (*op. cit.*) añade anfibolitas estratificadas concordantes, que interpreta como tobas, sills o flujos metamorfizados.

Wehrmann (*op. cit.*) afirma que la Formación Las Brisas está constituida en un 90% de esquistos cuarzo-feldespático-moscovíticos; el 10% restante lo constituyen en orden de abundancia, esquistos cuarzo-feldespáticos, epidóticos o cloríticos, calizas, cuarcitas y metaconglomerados. Menciona igualmente, mineralizaciones pobres de cobre en algunas calizas, en forma de sulfuros y sulfatos. Este autor no menciona el gneis microclínico de Dengo, pero hace referencia a conglomerados y areniscas intraformacionales, ricas en microclino (15%), sin hacer referencia a su relación con los gneises del mismo género.

Talukdar y Loureiro (*op. cit.*) analizan exhaustivamente los tipos litológicos, en un área reducida de la Cordillera de la Costa, sin relacionarla con las formaciones tradicionales, estableciendo la dificultad e inconveniencia en el uso de unidades litoestratigráficas en estudios detallados de rocas metamórficas. El grado de metamorfismo es bajo, aunque existen diferencias entre las opiniones de Dengo, Smith y Seiders, quienes opinan que predomina la facies de la anfibolita y el glaucofano, mientras que Wehrmann le asigna grados más bajos de presión (facies del esquistos verde).

III.2 UNIDADES LITODÉMICAS

En 1997, (Urbani et al., 2000), contribuyó con los textos de 87 unidades de la Cordillera para el Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela dirigido por PDVSA-INTEVEP (CIEN, 1997). Posteriormente procedió a actualizarlas, siguiendo los lineamientos acordados entre la UCV, FUNVISIS e INGEOMIN-MEM (Urbani et al., 2000), para adaptar los nombres a las normas de unidades litodémicas contenidas en NACSN (1983). En el pasado, el articulado de esta publicación fue la base del trabajo de las comisiones ahora inexistentes, como el Comité Venezolano de Estratigrafía y Terminología (CVET), dirigido por el MEM, y el Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura (CIEN) de PDVSA. Como

resultado, se cambiaron los nombres de: Grupo, Formación y Miembro previamente utilizados, por nombres apropiados para unidades litodémicas e igualmente, tomando en consideración los nombres correctos para los tipos de rocas mayoritarios presentes (Urbani, 2000).

A raíz de lo anterior, el principal cambio en la nomenclatura fue el sustituir los grupos por asociaciones. Por ello, a título de ejemplo, el conocido “Grupo Caracas” fue sustituido por “Asociación Metasedimentaria Caracas”, por estar constituido por metasedimentos, mientras que el anterior “Complejo Ávila”, se sustituye por “Asociación Metamórfica Ávila”, dado que la palabra genérica “metamórfica”, abarca tanto a rocas metaígneas plutónicas e hipoabisales (ultramáficas a félsicas), como a las rocas metasedimentarias que la constituyen.

Esta nueva nomenclatura se está utilizando en los trabajos de INGEOMIN (e.g.: Bravo y Vilas, 2002), UCV y FUNVISIS (e.g.: Urbani y Rodríguez, 2003, Urbani, 2004a), Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (e.g.: IGVS, 2003), y en el nuevo mapa geológico digital de Venezuela a escala 1:750.000, que se está elaborando conjuntamente con el U.S. Geological Survey (Hackley et al., 2004).

En estos momentos ya se ha culminado una nueva y exhaustiva actualización del texto de todas las entradas de unidades ígneo-metamórficas de la Cordillera, incluyendo aquellas de la zona de El Tinaco no consideradas en la versión anterior, para un total de 143 unidades (propuestas como válidas, informales e inválidas) donde se utilizan 409 referencias bibliográficas (Urbani, 2004b). Este texto servirá de complemento al Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa de Urbani y Rodríguez (2003).

CAPÍTULO IV

IV. 1 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE ROCAS

El sistema de clasificación Unificada de Rocas (URCS) fue desarrollado originalmente por Williamson en 1960 y luego redefinido por Williamson y Kuhn, en 1988 se fundamenta en el grado de meteorización, la estimación de la resistencia y los elementos planares y lineales.

IV. 1.1 Grado de meteorización

Este sistema de clasificación evalúa el perfil de meteorización, tomando solo en cuenta la meteorización química y establece cinco categorías a saber:

- A. Estado micro fresco (MFS).
- B. Estado visualmente fresco (VFS).
- C. Estado decolorado (STS).
- D. Estado parcialmente descompuesto (PDS).
- E. Estado completamente descompuesto (CDS)

A). Estado micro fresco (MFS).

Es la condición en la cual los agentes meteóricos aun no han actuado sobre ninguno de los minerales que constituyen la roca y la determina directamente el geólogo en el campo con la lupa de mano.

B). Estado visualmente fresco (VFS).

Está referido a un grado de meteorización incipiente, en la cual los agentes químicos han comenzado a ejercer su acción sobre algunos de los minerales -los

más vulnerables- se establece con la simple observación visual de la roca, ya que el material presenta una coloración uniforme con matices entre gris, verde, azul o negro. Al hacer una observación más detallada con la lupa de mano, es posible detectar evidencias del inicio del proceso de alteración química, sobre todo en las superficies de discontinuidad. Sin embargo, desde el punto de vista de sus propiedades geotécnicas, éstas se siguen manteniendo dentro de los rangos máximos.

C). Estado decolorado (STS).

Esta condición refiere un grado más avanzado de meteorización, donde el material rocoso presenta decoloración total o parcial, debido a los procesos de oxidación, pero no puede desagregarlo y suele presentar tonalidades amarillas a marrón. En esta condición las propiedades geotécnicas ya muestran un deterioro con relación a los estados precedentes.

D). Estado parcialmente descompuesto (PDS).

Refiere un grado de meteorización avanzado que el material puede ser desagregado a grava, arena, limo y arcilla o a mezclas de dos o más rangos de tamaño con la simple presión de los dedos. De hecho, más de la mitad de la roca está descompuesta o desintegrada a suelo, por lo que puede ser tipificado según el sistema de Clasificación Unificada de Suelos.

E). Estado completamente descompuesto (CDS).

En este caso, el proceso de meteorización ha avanzado a tal grado de que todo el material rocoso está descompuesto y desintegrado, pudiendo ser desagregado con los dedos para producir un material con tamaños: arenas, limos

y arcilla, donde los fragmentos con tamaño de grava o mayores no están presentes. Es significativo que las estructuras originales del macizo se mantienen intactas. Esta condición se correlaciona con lo que usualmente se denomina roca descompuesta.

IV. 1.2 Estimación de la resistencia

La estimación de la resistencia se refiere al grado de cementación o de adhesión entre los granos minerales independientemente de los elementos planares o lineales.

Se identifican cuatro reacciones diferentes cuando es golpeada la roca con un martillo de cabeza redondeada de 450g. Independientemente de la intensidad del golpe, dentro de los rangos implícitos a los esfuerzos humanos, estas reacciones tienen las siguientes denominaciones:

- A. CALIDAD DE REBOTE (RQ).
- B. CALIDAD DE FRAGMENTACIÓN (PQ).
- C. CALIDAD DE DENTADA (DQ).
- D. CALIDAD DE CRÁTER (CQ)
- E. CALIDAD MOLDEABLE (MBL).

A). Calidad de Rebote (RQ).

En este caso la roca se comporta como un material frágil y elástico en sentido mecánico de tal forma que la reacción al impacto del martillo consiste en que éste rebota sin causar daño alguno a la roca. Esta condición tiene una resistencia a la compresión sin confinar, estimada en más de 103 Mpa. En términos prácticos, esta condición produce materiales que pueden emplearse

como agregados para carreteras, sin embargo presenta el problema de generar fragmentos con bordes afilados debido a la fragilidad. Requiere de explosivos para su remoción.

B). Calidad de fragmentos (PQ).

En esta categoría se produce una fragmentación de los granos de la roca en el sitio del impacto, generando una pequeña depresión, irregular y poco profunda. La resistencia a la compresión sin confinar estimada varia entre 55 y 103 Mpa y es considerada como una roca dura a los fines de la industria de la construcción. También produce agregados para carreteras. Al igual que el anterior requiere de explosivos para su remoción.

C). Calidad dentada (DQ).

En este caso se produce una cavidad o depresión de forma dentada en el sitio del impacto e implica la presencia de espacios porosos entre los granos que constituyen la roca. La resistencia a la compresión simple se ha estimado entre 21 - 55 Mpa y se le considera aproximadamente equivalente al concreto.

D). Calidad de Cráter (CQ).

Bajo esta condición se produce en el sitio del impacto un flujo de material formando una depresión similar a la forma de un cráter lunar. Tiene una resistencia a la compresión sin confinar estimada entre 7 - 21 Mpa. Cuando es perforado por rotación suele producir núcleos rocosos, tiene una apreciable capacidad de absorción y produce materiales pobremente drenables para terraplenes. No es usado como agregado en carreteras.

E). Calidad moldeable (MBL).

Esta calidad se presenta cuando un material visualmente similar a una roca puede ser remoldado por la presión de los dedos. Se le estima una resistencia a la compresión menor de 7 Mpa, lo cual se puede hacer determinando los valores o índice de consistencia de Atterberg. El material puede ser examinado y ensayado tal como si fuese un suelo y se le puede asignar una clasificación dual. Usualmente no se le recupera con perforaciones a rotación, pero puede ser fácilmente excavado con maquinaria convencional.

IV. 1.3 Elementos planares y lineales

Las debilidades direccionales de los macizos rocosos suelen denominarse características planares y lineales las cuales usualmente requieren del uso de las voladuras o de medios mecánicos intensos para lograr el fracturamiento. Se les define en términos de la continuidad, superficie y forma de la muestra intacta entre las discontinuidades y se han establecido cinco categorías a saber:

- A. ROTURA DE SÓLIDO RANDOM
- B. ROTURA DE SÓLIDO PREFERENCIAL.
- C. PLANOS LATENTES DE SEPARACIÓN.
- D. PLANOS DE SEPARACIÓN EN DOS DIMENSIONES.
- E. PLANOS DE SEPARACIÓN EN TRES DIMENSIONES.

A). Sólido de Rotura de Random.

Representa una condición ideal en la cual no existen los efectos de los elementos planares, lineales y la resistencia de la muestra intacta igual a la del macizo rocoso.

B). Sólido de rotura preferencial.

Se presenta cuando no existen elementos planares o lineales, pero el material tiende a romperse a lo largo de un ángulo o una dirección constante, debido al alineamiento de los granos minerales o de esfuerzos internos. Es una condición significativa para evaluar la producción de agregados para carreteras.

C). Planos latentes de separación.

Esta definida por la presencia de alineamientos minerales visibles, se reconocen como líneas o alineaciones en el macizo rocoso y pueden ser más fuertes o más débiles que el macizo mismo. Tales planos ocurren según un patrón, pueden ser continuos o discontinuos y de espesor variable. La reacción de un plano latente a una fuerza aplicada, tal como el golpe del martillo, definiría la resistencia estimada. En todos los casos, la resistencia del material en el plano latente de separación es mayor de 7 Mpa. Cuando se les aplica voladura, la rotura se producirá preferencialmente a lo largo dichos planos.

D). Planos de separación en dos dimensiones.

Los planos de separación en dos dimensiones indican la presencia de un plano paralelo o de una serie de planos paralelos a través del macizo rocoso. Las separaciones planares pueden variar en espaciamientos y frecuencia pero no se interceptan. La posición y la superficie del o los planos son motivo de consideraciones fundamentales para el análisis de los mismos. Se puede establecer la circulación de agua entre los planos mediante perforaciones o por la presencia de manantiales naturales.

E). Planos de separación en tres dimensiones.

Los planos de separación en tres dimensiones indican la presencia de dos o más discontinuidades planares interceptándose a través del macizo rocoso. Tales discontinuidades en su ocurrencia pueden presentar un patrón Random. Muchas de ellas terminan contra el macizo rocoso, otras lo cortan enteramente y se consideran elementos infinitos a los fines del diseño. Esas tres dimensiones definidas por planos forman una figura que frecuentemente se denomina “un bloque definido por Diaclasas”, cuyo tamaño y peso pueden ser estimados. El grado de cementación entre tales bloques es el factor para definir su capacidad portante, en el caso de fundaciones, o estabilidad, en el caso de excavaciones. Si se presentan planos de separación numerosos, su posición con respecto al talud a construir será uno de los factores de mayor relevancia que habrá de considerarse. En este caso, también es importante determinar la presencia o no de flujos de agua o la posibilidad de su ocurrencia. En la tabla 2 es resumido este sistema:

Tabla 2. Sistema de Clasificación Unificada de Rocas

Notación para el Sistema de Clasificación Unificada de Rocas		
Símbolos de las Categorías	Abreviación	Significado
Grado de Meteorización		
A	MFS	Estado micro fresco, con ayuda de una lupa de mano
B	VFS	Estado visualmente fresco.
C	STS	Estado decolorado
D	PDS	Estado parcialmente descompuesto
E	CDS	Estado completamente descompuesto
Estimación de la Resistencia		
A	RQ	Reacción de rebote ante los golpes del martillo.
B	PQ	Fragmentación ante los golpes del martillo
C	DQ	Cavidad dentada ante los golpes del martillo
D	CQ	Cráter con los golpes del martillo
E	MBL	Puede ser remoldada con la presión de los dedos
Elementos lineales y planares		
A	SRB	Sólido con rotura Random
B	SPB	Sólido de rotura preferencial
C	LPS	Planos de separación latentes
D	2-D	Planos de separación en dos dimensiones.
E	3-D	Planos de separación en tres dimensiones

La notación AAA indica condiciones de roca muy sana, la notación EEE indica que las rocas son muy malas para las condiciones geotécnicas.

IV.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS USCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra.

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, uno en granos gruesos y el otro en granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que el pasante 200 (0,08 mm); se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz # 4 (5 mm), y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz # 4 (5 mm).

A las letras G o S se les agrega una segunda letra que describe la gradación: W, buena gradación con poco o ningún fino; P, gradación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla. Los suelos finos, con más del 50 % bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H si es mayor.

IV.2.1 Procedimiento de Clasificación de Suelos de granos gruesos (más de 50% retenido en pasante 200 (0,08 mm))

Una vez efectuados los ensayos de clasificación, determine la distribución acumulativa de los tamaños de partículas y clasifique la muestra como grava (G), si el 50%, o más de la fracción gruesa ($> 0,08$ mm) es retenida en tamiz #4 (5 mm), como arena (S), si más del 50% de la fracción gruesa ($> 0,08$ mm) pasa por

tamiz # 4 (5 mm). Si menos del 5% en peso de la muestra pasa por tamiz 0,08 mm, calcule:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ y } C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$$

Clasifique la muestra como grava bien gradada (GW), o arena bien gradada (SW), si C_u es mayor que 4 para las gravas y mayor que 6 para las arenas, y C_c está comprendido entre 1 y 3. La muestra es clasificada como grava pobremente gradada (GP), o arena pobremente gradada (SP), si no se satisfacen simultáneamente los criterios de C_u y C_c para bien gradada.

Si más del 12%, en peso, de la muestra de ensayo pasa por 0,08 mm, analice los valores del límite líquido (wL) e índice de plasticidad (IP) mediante la línea "A" de la carta de plasticidad mostrada en la figura 3. Clasifique la muestra como grava limosa (GM), o arena limosa (SM), si los resultados de los límites de consistencia muestran que los finos son limosos, es decir, si al dibujar wL versus IP, este punto cae bajo la línea "A" o el IP es menor que 4.

Clasifique la muestra como grava arcillosa (GC), o arena arcillosa (SC), si los finos son arcillosos, es decir, si al dibujar el wL versus IP, cae sobre la línea "A" y el IP es mayor que 7. Si el punto del límite líquido versus índice de plasticidad cae sobre en la línea "A", pero el índice de plasticidad está comprendido entre 4 y 7, dé clasificación doble tal como GM-GC o SM-SC.

Si pasa por tamiz 0,08 mm del 5-12% de la muestra, el suelo llevará clasificación doble, basada en los criterios de gradación y límites de consistencia, tales como GW-GC o SP-SM. En casos dudosos, la regla es favorecer a la clasificación de menos plasticidad. Por ejemplo una grava con 10% de finos, un C_u de 20, C_c de 2,0 y un índice de plasticidad de 6, será clasificado como GW-GM en vez de GW-GC.

IV.2.2 Procedimiento de clasificación de suelos de granos finos (50% o más pasa por 0,08 mm)

Clasifique el suelo como una arcilla inorgánica (C), si al dibujar el punto del límite líquido versus índice de plasticidad, éste cae sobre la línea "A" y el índice de plasticidad es mayor que 7.

Si el límite líquido es menor que 50 y el punto wL versus IP cae sobre la línea "A" y el IP es mayor que 7, clasifíquela como arcilla inorgánica de baja a media plasticidad (CL), y como arcilla de alta plasticidad (CH) si el límite líquido es mayor que 50 y el punto wL versus IP cae sobre la línea A (figura 3). En caso que el límite líquido exceda a 100 o el IP exceda a 60, expanda la carta de plasticidad manteniendo las mismas escalas y pendiente de la línea "A".

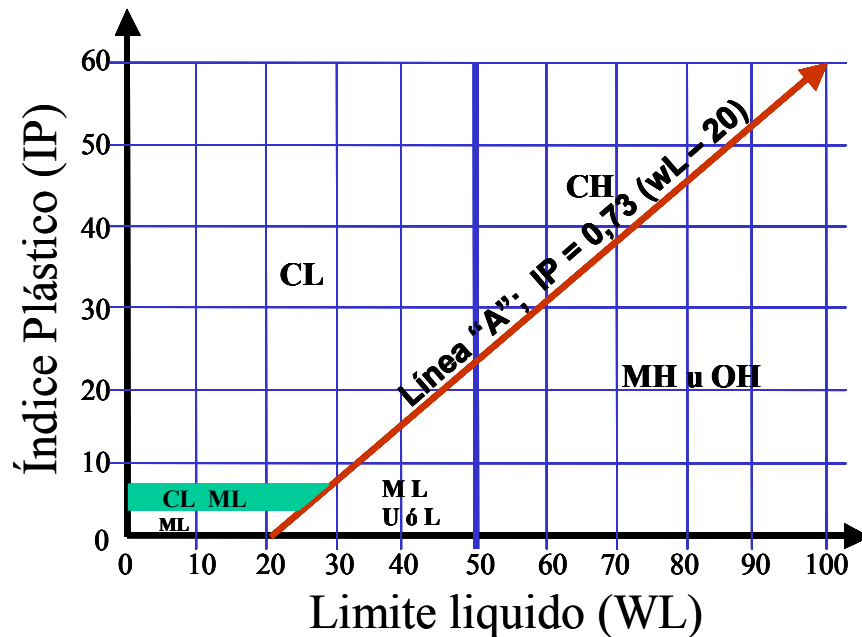


Figura 3. Carta de Plasticidad para la clasificación de suelos.

Clasifique el suelo como limo inorgánico (M), si al dibujar el punto wL versus IP cae bajo la línea "A" o el IP es menor que 4, a menos que se sospeche

que hay materia orgánica presente en cantidades suficientes como para influir en las propiedades del suelo (suelo de color oscuro y olor orgánico cuando está húmedo y tibio), en cuyo caso se debe efectuar un segundo límite líquido con la muestra de ensayo secada al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Se clasifica como limo o arcilla orgánica (O), si el límite líquido después del secado al horno, es menor que 75% del límite líquido de la muestra original determinado antes del secado.

Clasifique el suelo como limo inorgánico de baja plasticidad (ML), o como limo o limo arcilla orgánicos de baja plasticidad (OL), si el límite líquido es menor que 50 y al dibujar wL versus IP cae bajo la línea "A" o el IP es menor a 4. Clasifique el suelo como limo inorgánico de media a alta plasticidad (MH), o como una arcilla o limo arcilla orgánico de media a alta plasticidad (OH), si el wL, es mayor que 50 y el punto dibujado de wL versus IP cae bajo la línea "A" o el IP es menor a 4.

Con el fin de indicar sus características de borde, algunos suelos de grano fino deben clasificarse mediante simbología doble. Si el punto dibujado del wL versus IP cae prácticamente en la línea "A" o sobre la línea "A" donde el Índice de Plasticidad tiene un rango de 4 a 7, el suelo debe tener clasificación doble tales como CL-ML o CH-OH. Si el punto dibujado de wL versus IP cae prácticamente en la línea del límite líquido igual a 50, el suelo deberá tener clasificación doble tales como CL-CH o ML-MH.

En casos dudosos la regla de clasificación favorece al más plástico. Por ejemplo, un suelo fino con un wL \approx 50 y un índice de plasticidad de 22 se deberá clasificar como CH-MH en lugar de CL-ML. Este sistema fue adoptado por el U.S. Army Corps of Engineers en 1942 y en 1947 le introdujo algunos límites para evitar doble clasificación. En 1952, el Cuerpo de Ingenieros en conjunto con el

Bureau of Reclamation y asesorados por el Dr. Casagrande efectuaron las últimas modificaciones.

Basados en observaciones de terreno y ensayos de Laboratorio de materiales de base para caminos y aeropuertos, el Cuerpo de Ingenieros subdividió los grupos GM y SM en dos grupos, designados por los sufijos "d" y "u", que han sido escogidos para representar a materiales que son convenientes o no, respectivamente, para ser empleados en bases de caminos y aeropuertos. Símbolos típicos son GM, y SM.

Se emplea el sufijo "d" cuando el límite líquido es menor o igual a 25 y el índice de plasticidad menor o igual a 5.

En la tabla 3 está resumida la clasificación descrita anteriormente, junto con la simbología apropiada.

SISTEMA CLASIFICACION USCS

Tabla 3. Sistema de Clasificación USCS, A. Casagrande

DIVISIONES PRINCIPALES		símbolo del grupo	NOMBRES TÍPICOS			
SUELOS DE GRANOS GRUESOS Mas de la mitad del material queda retenida sobre el tamiz N° 200	GRAVAS Mas de la mitad de la fracción grueso es retenido por el tamiz N°4	GRAVAS LIMPIAS (Pocos o no finos) Pasa 200 < 5%	GW Gravas bien gradadas, mezclas grava-arenal pocos o sin finos			
			GP Gravas mal gradados, mezclas grava-arenal pocos o sin finos			
		GRAVAS CON FINOS (considerable cantidad de finos) Pasa 200 > 12%	GM Gravas limosas, mezclas grava-arenal limo			
			GC Gravas arcillosa, mezcla grava-arcilla			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N°4	ARENAS LIMPIAS (Pocos o no finos) Pasa 200 < 5%	SW Arenas bien gradadas, mezclas grava, pocos o sin finos			
			SP Arenas mal gradados, arenas con grava, pocos finos o sin finos			
		ARENAS CON FINOS (considerable cantidad de finos) Pasa 200 > 12%	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo			
			SC Arenas arcillosa, mezclas arena arcilla			
	Símbolos Litológicos para Representar los Suelos		GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
	SUELOS DE GRANOS FINO Mas de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LIMOS Y ARCILLAS DE BAJA PLASTICIDAD WL < 50%	ML Limos inorganicos y arenas muy finas, limo limpio, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosa con ligera plasticidad			
CL Arcillas inorganicas de plasticidad baja o media, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas						
OL Limos organicos iy arcillas organicas limosas, de plasticidad reducida						
LIMOS Y ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD WL > 50%		MH Limos inorganicos, suelos cronosos finos o limosos, con micas o distomrtesas, limos elasticos				
		CH Arenas inorganicos de platuicidad elevada				
		OH Arcillas organicas de plastircidad media a elevada, limos organicos, muy compresibles				
SUELOS DE ESTRUCTURAS ORGÁNICAS		PI Suelos turbosos u otros de alto contenido organico en estado de descomposicion				

CAPÍTULO V

V. 1 GEOLOGÍA LOCAL

La geología local es el resultado del trabajo de campo, donde esta es descrita sobre la base de la identificación y mapeo de las unidades litológicas. Siendo el objetivo principal de esta investigación la caracterización litológica para definir los procesos de meteorización, basándose en el perfil de meteorización desarrollado en los taludes de carreteras, al sur este de caracas “El Hatillo”.

Generalidades

Las rocas son agregados de minerales, por lo tanto, la condición necesaria para su reconocimiento es la identificación de las especies mineralógicas que cada una contiene

Los afloramientos de carretera estudiados los vamos a dividir en tres grupos, un grupo de litología metaconglomerados, otro metaareniscas y el último grupo esquistos-cuarzo-micáceos-feldespático como se muestra en la figura 5. En la tabla 4 son agrupados los talud de acuerdo a la litología presente. La ubicación de cada talud esta descrita en la tabla 5 y figura 4.

Tabla 4. Litología de los afloramientos

UNIDAD LITODEMICA	TIPO DE LITOLOGIA	TALUD
Esquistos De Las Brisas	Metacomglomerados	16,19,22,23,24,25,7,3,2
Esquistos De Las Brisas	Metaareniscas	11,12,13,14,15,17,18, 10,9,8,5,4
Esquistos De Las Brisas	Esquisto-cuarzo-micáceo-feldespático	20, 21

Tabla 5. Coordenadas UTM de cada talud

Datum Prov SovAmricn '56				
Huso	19			
TALUD	GPS	COORDENADAS		COTA
		ESTE	NORTE	
25	174	744.444,00	1.152.342,00	958,00
24	175	744.196,00	1.152.413,00	950,00
23	176	743.971,00	1.152.381,00	952,00
22	177	743.839,00	1.152.393,00	950,00
21	178	743.476,00	1.152.623,00	966,00
20	179	743.369,00	1.152.612,00	966,00
19	180	742.595,00	1.152.784,00	998,00
18	181	742.596,00	1.152.833,00	1.009,00
17	182	742.551,00	1.152.804,00	1.011,00
16	183	742.567,00	1.152.887,00	1.023,00
15	184	742.203,00	1.152.935,00	1.090,00
14	185	742.147,00	1.153.063,00	1.104,00
13	186	742.358,00	1.153.278,00	110,00
12	187	742.513,00	1.153.336,00	1.083,00
11	188	742.651,00	1.153.606,00	1.029,00
10	189	742.940,00	1.153.703,00	931,00
9	190	743.047,00	1.153.714,00	918,00
8	191	743.137,00	1.153.727,00	905,00
7	192	743.199,00	1.153.627,00	888,00
6	193	743.169,00	1.153.547,00	877,00
5	194	743.142,00	1.153.427,00	863,00
4	195	743.154,00	1.153.343,00	876,00
3	196	743.139,00	1.153.338,00	878,00
2	197	743.089,00	1.153.156,00	906,00
1	198	743.098,00	1.153.148,00	906,00

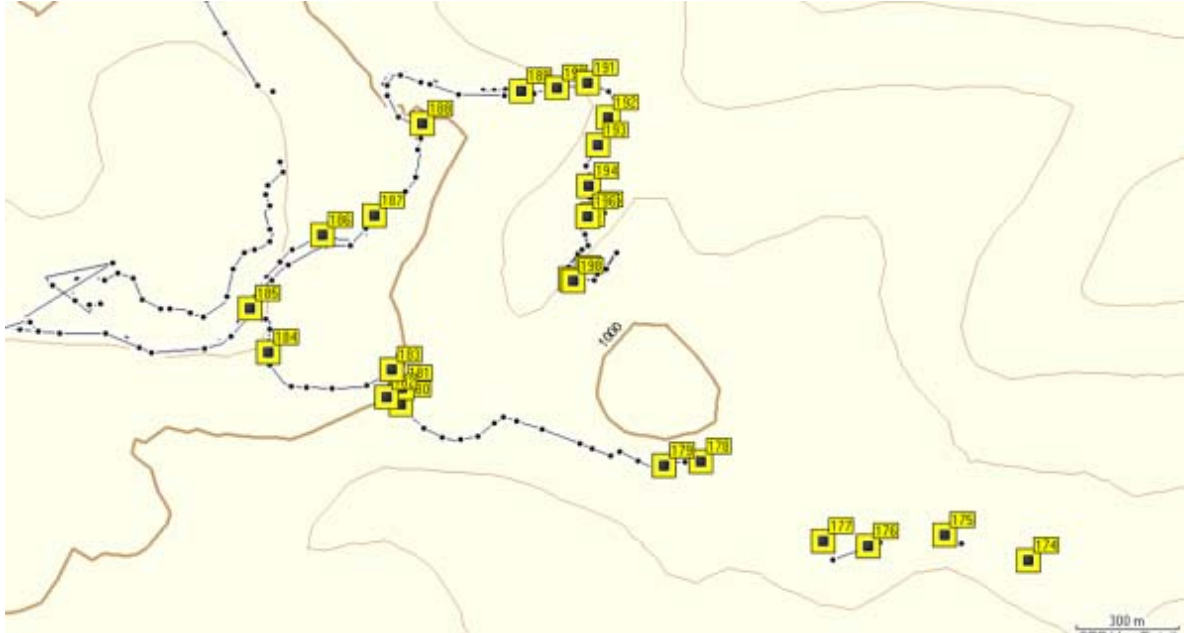


Figura 4. Ubicación de los taludes estudiados.

V.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS TALUDES

Talud N°25. Metaconglomerados

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 3), homogéneas, de color rojizo; se aprecia la orientación preferencial de los planos de foliación N70E65N, una apariencia bien friable, vetillas de cuarzo las cuales están muy fracturadas, abundancia de micas claras muscovíticas, presencia de micas verdes cloritas (foto 3). Proceso de erosión antrópico inducido por corte de carretera. Se encuentran 3 familias de diaclasas.

Los fragmentos de cuarzos se encuentran en una matriz fina, que les hace como adherencia entre los granos minerales.

El perfil de meteorización presenta una capa vegetal de 40 cm, sigue de una capa de saprólitos de 4 m, estos descansan sobre una roca meteorizada de espesor 4,39m.



Foto 3. Talud 25. Metaconglomerados (izquierda). Muestra de mano, se aprecia vetillas de cuarzo (derecha).

Talud N°24. Metaconglomerados.

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 4), homogéneas, de color crema; se aprecia la orientación preferencial de los planos de foliación N70E60N, bien friable, los cuarzos se aprecian con estructuras de boudines, las vetas de cuarzo por tracción se fracturan, por estar muy meteorizado se dice que es muy feldespática, pliegues bien grande acostado, rumbo del ápice del pliegue N40E50S. Presencia de micas verdes cloritas, micas muscovitas (foto 4). Proceso de erosión antrópico. Se encuentra diaclasada con 2 familias de diaclasas. D1: N40E60N y D2:N75E18N.

En el perfil de meteorización no se observó el horizonte I de suelo residual, solo las rocas meteorizadas y plegadas.



Foto 4. Talud 24. Metaconglomerados (izquierda). Muestra de mano, se aprecia fragmentos de cuarzo (derecha).

Talud N°23. Metaconglomerados

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 5), homogéneas, de color crema; se aprecia la orientación preferencial de los planos de foliación N74W60S, bien friable, los cuarzos se aprecian con estructuras de boudines paralelos a la foliación, las vetas de cuarzo por tracción se fracturan. Por estar muy meteorizado se dice que es muy feldespática, micas muscovitas. Proceso de erosión antrópico, se encuentra diaclasada con 4 familias de diaclasas. D1: N40E60N D2:N75E18N, D3: N55W82N, D4: N5W55S.

En la fotografía podemos observar una falla normal, donde los pliegues de la parte izquierda están truncados por la línea de falla y los de la derecha están en dirección contraria, la orientación de la falla es N35W 67N. La zona esta muy plegada.



Foto 5. Talud 23. Metaconglomerados, pliegues asociados a plano de falla (izquierda). Muestra de mano, se aprecia fragmentos de cuarzo, mica muscovita (derecha).

Talud N°22. Metaconglomerados

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 6), homogéneas, de color naranja; se aprecia la orientación preferencial de los planos de foliación N74E59S, bien friable, los cuarzos no tienen una orientación preferencial. Dado el alto grado de meteorización se dice que es muy feldespática, presenta micas verdes cloritas y micas moscovitas bien desarrolladas. Proceso de erosión antrópico. Se encuentra diaclasada con 2 familias de diaclasas. D1: N30W90, D2 N53E60S. En el perfil de meteorización los suelos residuales (capa vegetal) es muy pobre su espesor. En la parte oeste del talud hay presencia de un relleno artificial.



Foto 6. Talud 22. Metaconglomerados (izquierda). Muestra de mano, se aprecia fragmentos de cuarzo y micas cloritas y muscovitas (derecha).

Talud N°21. Esquisto-cuarzo-micáceo-feldespático

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 7), homogéneas, de color naranja. La orientación preferencial de los planos de foliación es N65W80S, la foliación esta muy finamente laminada, paralelas a las micas muscovíticas, hay delgados fragmentos de cuarzo y presencia de micas verdes cloritas bien desarrolladas (foto 7). Proceso de erosión, se encuentra diaclasada con 1 familia de diaclasas. D1: N50W80S, las capas se encuentran muy plegadas. En el perfil de meteorización, el espesor de los suelos residuales es muy pobre (capa vegetal).



Foto 7. Talud 21. Esquisto-cuarzo-micáceo-feldespático (izquierda). Muestra de mano, se aprecia foliación de los estratos (derecha).

Talud N°20. Esquisto-cuarzo-micáceo-feldespático.

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 8), homogéneas, de color naranja. La orientación preferencial de los planos de foliación es N60E80S. Los cuarzos no tienen una orientación preferencial, hay presencia de micas verdes cloritas en abundancia y micas muscovitas (foto 8). Proceso de erosión, se encuentra diaclasada con 1 familia de diaclasa. D1: N30E80N. En el perfil de meteorización, el espesor de los suelos residuales es muy pobre (capa vegetal).



Foto 8. Talud 20. Esquisto-cuarzo-micáceo-feldespático (derecha). Muestra de mano, se aprecia foliación de los estratos y micas cloríticas (izquierda).



Talud N°19. Metaconglomerados.

El afloramiento se caracteriza por ser suelo residual sumamente saprolitizado, de color naranja, se aprecian fragmentos de cuarzos sin orientación preferencial (ver foto 9).



Foto 9. Talud 19. Metaconglomerado (derecha). Muestra de mano, se aprecia granos de cuarzo sin orientación (izquierda).



Talud N°16. Metaconglomerados

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 10), homogéneas, de color naranja. La orientación preferencial de los planos de foliación N30E80S, los cuarzos no tiene una orientación preferencial como se muestra en la foto 10, presencia de micas cloríticas y micas muscovitas. Esta muy meteorizado se dice que es muy feldespática, se encuentra diaclasada con 1 familia de diaclasa. D1: N50E30N. En el perfil de meteorización el espesor de los suelos residuales es muy pobre (capa vegetal).



Foto 10. Talud 16. Metaconglomerado (izquierda). Detalle, granos de cuarzo sin orientación preferencial (derecha).

Talud N°13. Metaconglomerados

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 11), homogéneas, de color crema; se aprecia la orientación preferencial de los planos de foliación N20W45S. Los cuarzos no tienen orientación preferencial. Proceso de erosión antrópica. En la foto11 se aprecia 1 familia de diaclasa. D1:N60E80S, hay pocas micas muscovitas. En el perfil de meteorización los suelos residuales presentan un espesor muy pobre (capa vegetal).



Foto 11. Talud 13. Metaconglomerado (izquierda). Detalle, granos de cuarzo sin orientación preferencial, familia de diaclasas en el rectángulo (derecha).

Talud N°11. Metaconglomerados

Como se muestra en la foto 12, el afloramiento se caracteriza por ser suelo residual sumamente saprolitizado, de color marrón, con fragmentos de cuarzos sin orientación preferencial.



Foto 12. Talud 11. Metaconglomerado suelo residual muy saprolitizado.

Talud N°02. Metaconglomerados.

El afloramiento se caracteriza por ser suelo residual sumamente saprolitizado (ver foto 13), de color marrón, con fragmentos de cuarzos sin orientación preferencial.

Foto 13. Talud 02.
Metaconglomerado
suelo residual con
fragmentos de cuarzo
sin orientación
preferencial



Talud N°01. Metacomglomerados

El afloramiento se caracteriza por ser suelo residual sumamente saprolitizado de color marrón, se aprecian fragmentos de cuarzos sin orientación preferencial, como se muestra en la foto 14.

Foto 14. Talud 01.
Metaconglomerado
suelo residual.



Talud N°15. Metaareniscas.

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 15), homogéneas, de color crema. La orientación preferencial de los planos de foliación es N60E85N, por estar muy meteorizado se infiere que es muy feldespática, tiene micas muscovitas. Proceso de erosión antrópico, se encuentra diaclasada con 1 familia de diaclasa. D1: N30E80N. En el perfil de meteorización son apreciados los horizontes I y II.



Foto 15. Talud 15. Metaareniscas (izquierda). Detalle de los fragmentos de cuarzo (derecha)

Talud N°14. Metaareniscas.

Como se aprecia en la foto 16 es un suelo residual; por encima de la roca esta muy descompuesta debido a la erosión y los procesos geodinámicos presentes. No se pudo determinar la orientación preferencial por el estado descompuesta que presenta el talud, hay fragmentos de cuarzos en disposición caótica sin una orientación preferencial. En el perfil de meteorización se aprecian los horizontes I y II.



Foto 16. Talud 14. Metaareniscas suelo residual (izquierda). Detalle de fragmentos de cuarzo

Talud N°10. Metaareniscas.

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 17), de color rojizo, es difícil apreciar los planos de foliación. Por estar muy meteorizado se dice que es muy feldespática y contiene micas muscovíticas, hay un proceso de erosión evidente. En el perfil de meteorización son apreciados los horizontes I y II.

Talud N°08. Metaareniscas.

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas (foto 18), de color crema; es difícil apreciar los planos de foliación, por su estado de alteración muy meteorizado se dice que es muy feldespática, pueden apreciarse micas muscovíticas bien desarrolladas, proceso de erosión evidente. En el perfil de meteorización se aprecian los horizontes I y II.



Foto 17. Talud 10. Metaareniscas, rocas de color rojizas.



Foto 18. Talud 08. Metaareniscas, rocas de color marrón claro.

Con toda esta información litológica podemos dividir la zona de estudio en tres unidades:

Unidad Metaconglomerados: ocupa el 70% de la totalidad

Unidad Metaareniscas: ocupa el 25% de la totalidad

Unidad Esquistos-cuarzo-micáceo-feldespático: ocupa el 5% de la totalidad.

Unidad Metaconglomerados. Esta unidad está constituida por cuarzos, micas muscovíticas y una porción pequeñas de micas cloritas, por presentar indicios de erosión se puede decir que esta unidad es feldespática, ya que estos minerales son muy erosionables.

Unidad Metaareniscas. Esta unidad es de grano fino, constituida principalmente por cuarzos, micas moscovíticas y micas cloritas en muy baja proporción, por presentar indicios de erosión se puede decir que esta unidad es feldespática, ya que estos minerales son muy erosionables.

La diferencia entre ellas esta en el tamaño de grano, lo que podemos inferir, que al momento de la sedimentación los granos gruesos son depositados primeros y los más finos van en suspensión hasta depositarse.

Unidad Esquistos-cuarzo-micáceo-feldespático. De las observaciones de campo y muestreo se encontró que los minerales presentes en esta unidad son principalmente micas cloríticas en abundancia, las cuales se puede confundir con grafitos, los cuales son descartados al hacer la prueba de raya ya que no mancha al rayar, también hay cuarzos muy finos y feldespatos. Esta unidad se caracteriza por poseer foliación finamente laminada de micas cloríticas y paralelos a ellas cuarzos muy finos. Esta unidad se encuentra muy plegado, como se aprecia en la foto 7. Estas unidades son representadas en la figura 5

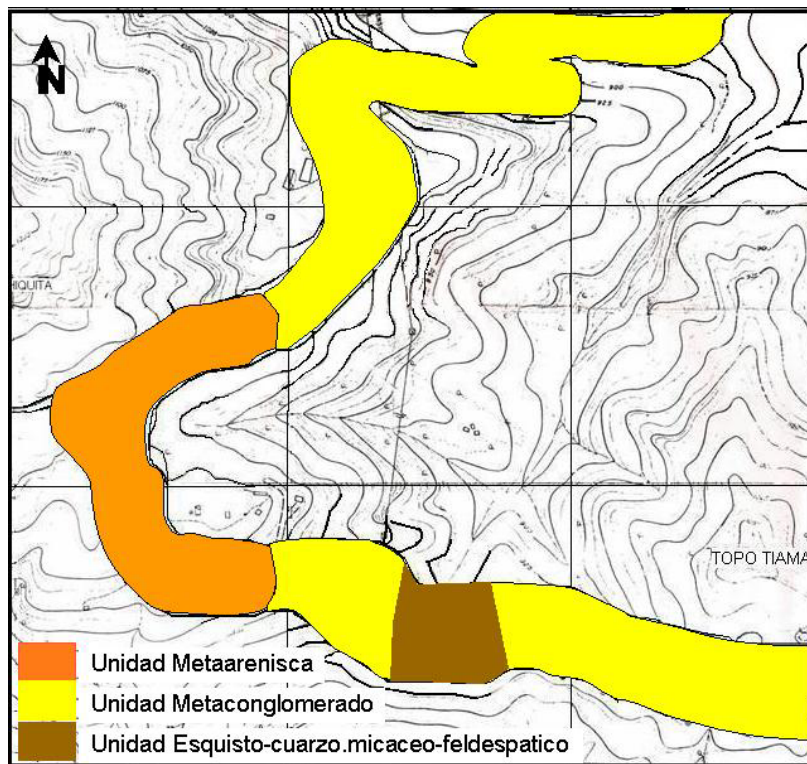


Figura 5. Unidades Metaareniscas, Metaconglomerados y Esquistos –cuarzo-micáceos-feldespáticos.

V.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona de estudio se encuentra en el flanco sur del anticlinal de Baruta, y se caracteriza por la presencia de plegamientos locales. La presencia de una falla destral se puede deducir del ortofotomapa representado en la foto 19, ya que la quebrada forma una línea recta y se nota movimiento en el afloramiento causado por la presencia de una falla de componente normal-destral (ver foto 5). En consecuencia, la falla aflorante pudiera ser originada por la falla que da tales características a la quebrada, como se demuestra en la foto 19.



Foto 19. Ubicación de la probable falla Normal destral presente.

En la zona en estudio, encontramos que la foliación de los estratos presenta una orientación general de rumbo NE y buzamiento al norte; también se aprecian buzamientos hacia el sur. Esto nos permite identificar plegamientos, los cuales son producto de los esfuerzos a que esta confinada dicha zona.

Las mediciones de los planos estructurales muestran una cierta dispersión que enmascara inicialmente el establecimiento de su tendencia general, por eso y a fin de lograr la comprensión de estas tendencias, para las principales estructuras planares medidas en campo (foliación y diaclasas) se presentan las orientaciones de las diaclasas por talud estudiado en la tabla 6.

Tabla 6. Orientación de las familias de diaclasas.

TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
25	D1	N85E	12N	2	4	BAJA
	D2	N75E	59S	3	3	RUG.
	D3	N35W	90	8	4	BAJA
24	D1	N70W	60N	6	2	RUG.
	D2	N40E	60N	10	5	BAJA
	D3	N55W	82N	7	3	BAJA
	D4	N5W	55S	3	1	BAJA
23	D1	N65E	70S	2	4	BAJA
	D2	N55W	82N	2	5	BAJA
22	D1	N53E	60S	1	3	BAJA
	D2	N30W	90	3	2	BAJA
21	D1	N50W	80S	1	2	BAJA
20	D1	N50W	80S	1	2	BAJA
18	D1	N25W	85N	1	2	BAJA
17	D1	N30E	80N	1	3	BAJA
16	D1	N50E	80N	1	2	BAJA
15	D1	N30W	65S	1	2	BAJA
14	D1	N30W	70S		2	BAJA
13	D1	N25W	80S	1	1	BAJA

Las foliaciones y las diaclasas fueron graficadas utilizando la técnica de proyección estereográfica polar, la cual consiste en proyectar una orientación determinada de un plano en el hemisferio interior de una esfera; de tal forma de integrar todos los valores tomadas en campo. Sobre la base de estas observaciones es posible comparar las orientaciones entre los taludes, cada una de las cuales presenta sus características intrínsecas en cuanto a la orientación del frente de exposición o rumbo y el grado de pendiente y sentido de la misma, con la orientación de los planos estructurales

V.3.1 Foliaciones

En la zona Norte (anexo 4) se muestra en proyección hemisférica la densidad de concentración de polos de todas las superficies medidas de foliación. Las foliaciones no obstante de encontrarse plegadas muestran una orientación general NE con un buzamiento hacia el Norte. Las direcciones preferenciales son presentadas en la tabla 7.

Tabla 7. Orientaciones de las foliaciones más representativas de la zona Norte.

FOLIACIÓN	RUMBO	BUZAMIENTO
F1	N55E	70N
F2	N30W	65S

En la zona Sur (anexo 4) se muestra en proyección hemisférica la densidad de concentración de polos de todas las superficies de foliación medidas para este sector. Esta zona se encuentra muy plegada. Las direcciones preferenciales son presentadas en la tabla 8.

Tabla 8. Orientaciones de las foliaciones más representativas de la zona Sur.

FOLIACIONES	RUMBO	BUZAMIENTO
F1	N30E	80S
F2	N70E	60N
F3	N55E	70N

V.3.2 Diaclasas

Las diaclasas son discontinuidades representadas por una fractura en la roca, que no muestra ningún tipo de movimiento a lo largo de sus planos. La orientación puede ser establecida en base a su rumbo y buzamiento.

Los datos de rumbo y buzamiento tanto de las diaclasas como de las foliaciones fueron graficadas utilizando la técnica de las proyecciones hemisféricas. En el anexo 4 se observa la agrupación de los polos de todas las lecturas obtenidas de las diaclasas para la zona sur, ya que en la zona norte no se observaron planos de diaclasas. Se definieron 5 familias de diaclasas principales. Sus rumbos y buzamientos son presentados en la tabla 9.

Tabla 9. Orientaciones más representativas de las diaclasas, zona sur.

FAMILIA DE DIACLASAS	RUMBO	BUZAMIENTO
D1	N30W	65S
D2	N25W	80S
D3	N65E	60S
D4	N50W	80S
D5	N80E	18N

Las familias de diaclasas D1, D2, D3 muestran una frecuencia 1 por metro y aberturas entre 2 a 5 mm, sus direcciones están expresadas en la tabla 5. En ocasiones presentan relleno de arenas limosas y fragmentos de cuarzo, pueden estar sin relleno alguno, las cuales se muestran secas sin presencia de agua libre. Las familias de diaclasas D4 y D5, se muestran con frecuencias de 1 a 5 por metro con aberturas de 2 mm, algunas con relleno de arenas limosas y fragmentos de cuarzo, también están presentes sin relleno alguno. Las diaclasas dominantes son las que tienen orientaciones N65E60S (D3), su frecuencia es 1 por metro, su abertura es de 2 mm a 5mm. Los buzamientos predominantes se encuentran al sur y los rumbos presentan una orientación al NW.

Los perfiles de meteorización más representativos son los identificados como 14 y 15 de la zona sur (anexo 3). En los perfiles son reflejadas dos familias de diaclasas: La primera con orientaciones N40E60S con una frecuencia de 3 por metro, y la segunda que esta orientada N75E18N con frecuencia de 1 por metro. En la foto 20 es mostrada una familia de diaclasas presente en la zona de estudio.

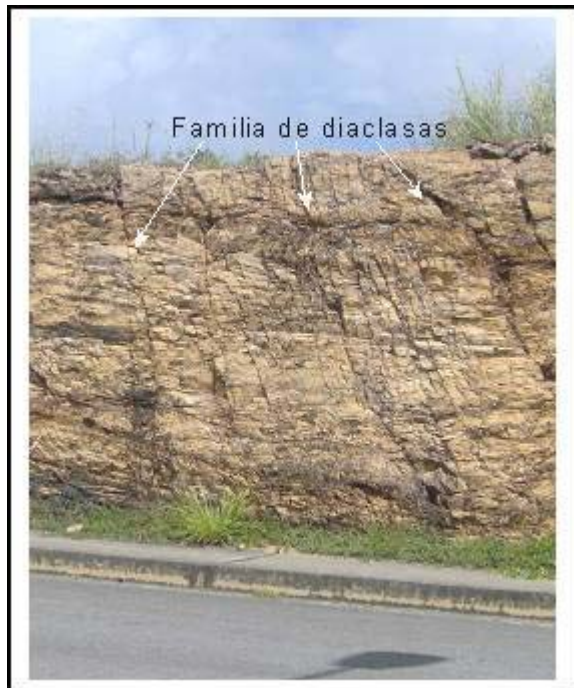


Foto 20. Familia de diaclasas presente en la zona sur.

Al hacer una comparación entre la zona norte y sur del área en estudio, podemos apreciar que la zona sur está diaclasado, mientras que el norte no presenta estas discontinuidades. Esta diferencia indica una estabilidad favorable en la zona norte

A continuación en la figura 6 es presentado un mapa con las principales estructuras identificadas y ya discutidas anteriormente.

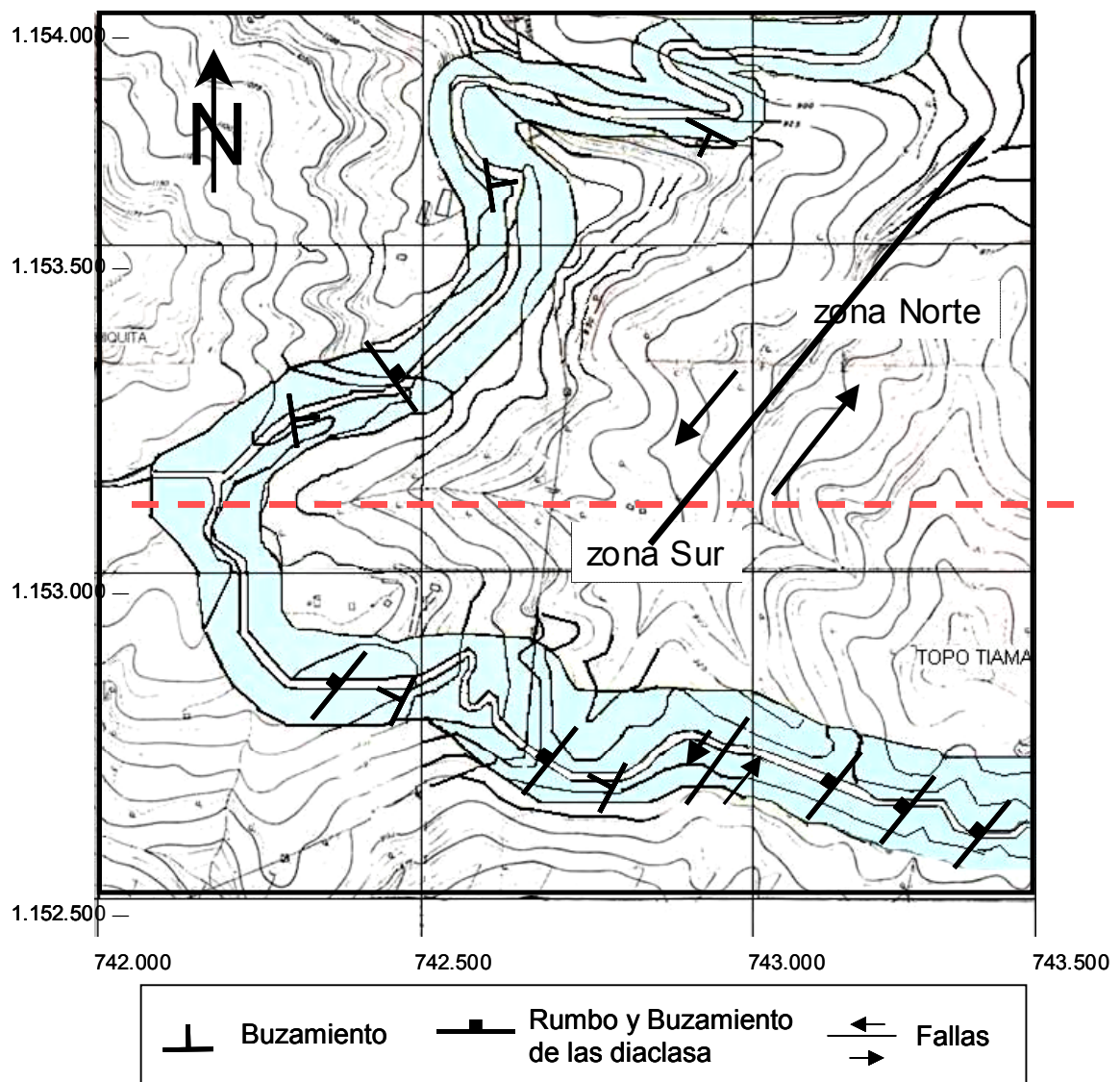


Figura 6. Mapa estructural de la zona de estudio.

V.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS METAMORFICAS AFLORANTES

Para la clasificación de las rocas metamórficas aflorantes, nos basaremos en el sistema de clasificación de rocas URCS de Williamson y Kuhn.

Con las características de los taludes reflejadas en campo podemos decir que las rocas presentes se pueden clasificar como: Una roca que presenta un grado de meteorización parcialmente descompuesto (D), a la resistencia se forma cráter con golpes con el martillo (D), y por ultimo presenta planos de discontinuidades en dos dimensiones (D), esto nos lleva a decir que se clasifican con la nomenclatura (DDD).

V 4.1 Perfiles De Meteorización Del Área

El área en estudio esta ubicada al sureste de Caracas. Se encuentra influenciada por un clima tropical húmedo, el cual esta caracterizado por periodos de sequía y lluvia, donde la época de lluvia es variable. El régimen de precipitación acompañado de nubosidad, induce cambios en la temperatura, la humedad, así como también la disminución de los procesos de insolación y radiación, factores climatológicos que favorecen la evolución del perfil de meteorización. El factor climático es el primer control morfológico modelador de los perfiles de meteorización. Este control, en conjunción con la acción erosiva de otros agentes atmosféricos tales como el agua y el viento, traen consigo la disgregación física y alteración química, tanto externa como interna del material litológico que sustenta las topofomas del paisaje.

La variable litológica posee una composición definida, la cual es clave en la evolución de los procesos de desintegración y alteración física y química de las rocas. Por ejemplo, las rocas con un alto contenido de sílice generan más

resistencia a los procesos climáticos. Los elementos y variables anteriormente descritos, poseen una relación de dependencia entre si, ya que actúan en conjunto para la formación del perfil de meteorización, el cual no es más que una degradación de la roca hasta llegar a la constitución del saprólito.

El perfil de meteorización es la secuencia de capas presentes en el subsuelo, producto de la meteorización química de un material parental o roca preexistente. Estos perfiles pueden ser formados “insitu” o ser transportados. El perfil formado “insitu” es aquel que no ha sufrido transporte, es una secuencia ordenada de capas dispuestas en el subsuelo. El perfil de meteorización de un suelo transportado es caótico, irregular y muy posiblemente inestable.

El desarrollo del perfil de meteorización comienza con la formación de la capa vegetal, sobre la cual se desarrollan los sistemas bióticos. La acumulación de la materia orgánica y los procesos de lavado superficial producen la diferenciación del horizonte de suelo residual, dando lugar a perfiles de meteorización. Los procesos de meteorización mecánica y química son más intensos en el momento de transporte y arrastre de los sedimentos.

Los perfiles de meteorización fueron descritos siguiendo el Método del Perfil Típico de Meteorización establecido por Deere & Patton (1971), el cual es esquematizado en la figura 7 y contiene los siguientes intervalos, mencionados de tope a base:

- ♣ HORIZONTE I. Suelo residual.
 - I-A. Saprólito: 0% de roca sólida.
 - I-B. Capa Vegetal.
- ♣ HORIZONTE II Roca meteorizada.
 - II-A. Roca parcialmente meteorizada: más del 90% es roca sólida.
 - II-B. Roca meteorizada: entre el 50-90% de roca sólida.

♣ HORIZONTE III. Roca sana: 100% roca.

El Horizonte I es el más superficial, está compuesto por la cobertura vegetal, donde ocurren los procesos de disolución y precipitación de sales debido a la interacción entre los componentes bióticos y abióticos del medio. Los iones de los minerales y sales disueltos son arrastrados hacia horizontes más profundos, debido a procesos de lixiviación.

El saprólito es el horizonte de acumulación de los iones lixiviados de la capa superior donde encuentran las condiciones fisicoquímicas favorables para la formación de nuevos minerales o sales que precipitan. Está caracterizada por la abundancia de componentes minerales producto de la meteorización de la roca, como arcillas, óxidos y oxihidróxidos precipitados (óxido férrico Fe_2O_3).

El horizonte II puede ser dividido en profundo y superficial. El más profundo es considerado como el reflejo de la meteorización de la roca. El más superficial es un horizonte de transición que yace sobre la roca meteorizada y esta constituido mayoritariamente por fragmentos regularmente alterados y estructurados de la roca subyacente.

El horizonte III es el más profundo y se encuentra en taludes expuestos que constantemente están siendo afectados por agentes exodinámicos. En los afloramientos que estudiamos no se encontró evidencia de este horizonte. En el anexo 3 están descritos a detalle todos los perfiles de meteorización evaluados en este trabajo.

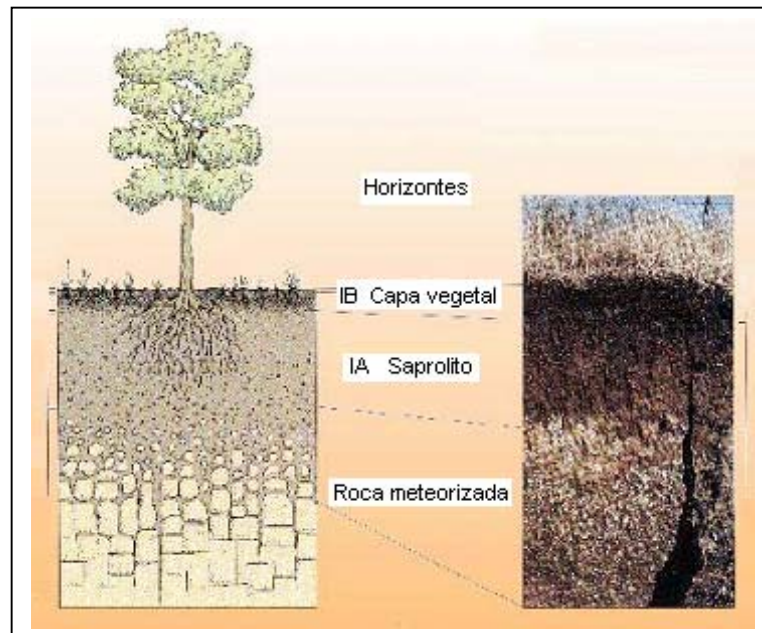


Figura 7. Modelo de perfil de meteorización típico

V.5 INTERPRETACIONES GENERALES

V.5.1 Análisis de las Propiedades Físicas de los Suelos Estudiados

V.5.1.1 Distribución Granulométrica

El intemperismo de la roca aunado a los procesos químicos, son los responsables de la gradación granulométrica. En la fracción gruesa de las muestras analizadas se identifican restos de material rocoso proveniente de la meteorización de la roca madre. La fracción media la constituyen arenas bien gradadas que van desde arenas gruesas a finas. La fracción más fina presenta un porcentaje considerable de limos.

En la tabla 10 se presentan los datos de distribución porcentual granulométrica de las muestras de suelos tomadas en las zonas Norte y Sur y el detalle de los resultados experimentales son presentados en el anexo 5

Tabla 10. Distribución granulométrica de los suelos.

	Muestras	% grava	% arena	% finos
Zona Norte	M17	5,9	44,1	50,0
	M18	8,8	43,2	48,0
	M20	4,4	48,0	47,6
	M28	6,1	40,1	53,8
Zona Sur	M1	10,4	67,6	22,6
	M2	15,0	47,1	38,0
	M5	15,3	40,6	44,0
	M8	11,2	38,8	50,0
Zona Norte	total	6,3	43,9	49,9
Zona Sur	total	13,0	48,5	38,5

V.5.1.2 Consistencia de los suelos.

La figura 8 muestra la distribución granulométrica de las muestras suelo tomadas en las zonas norte y el sur. En dicho grafico se puede notar que el número de muestras ensayadas fue bajo, debido a que en los taludes lo que afloraban mayoritariamente eran rocas meteorizadas y saprólitos.

La distribución granulométrica en la zona norte, está constituida en mayor proporción por finos ($\approx 50\%$) y arenas ($\approx 45\%$), siendo la fracción de gravas alrededor del $\approx 5\%$.

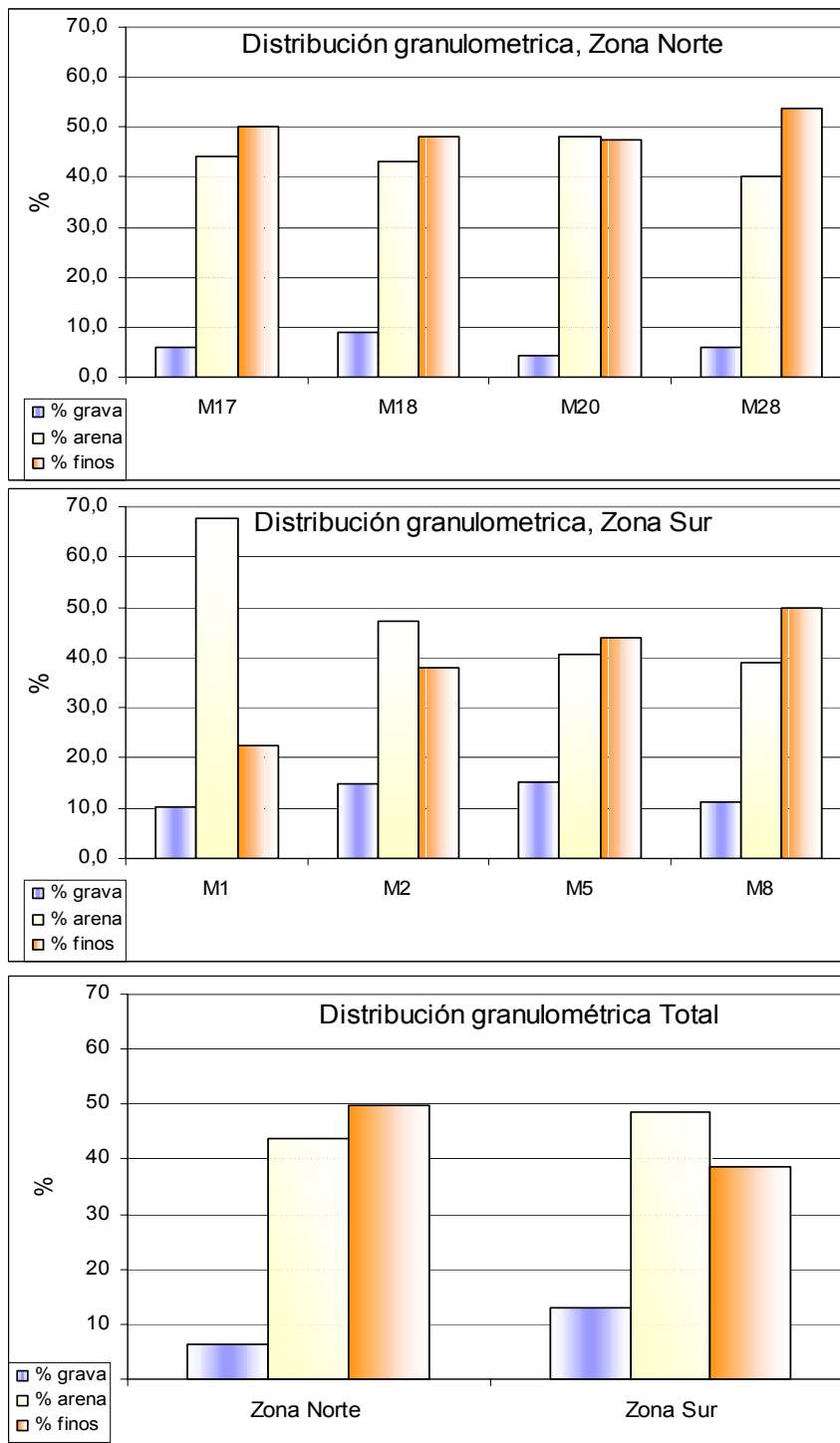


Figura 8. Distribución granulométrica de las muestras.

La distribución granulométrica de las muestras en la zona sur, indica que está constituida –aproximadamente- por arenas en 50%, finos 40% y gravas un 10%; siendo entonces mayoritario el contenido de arenas. Esta distribución es muy parecida a la de la zona sur, de lo que podemos inferir que no hay diferenciación textural desde este punto de vista. Se puede interpretar que en la zona de estudio los suelos presentan muy pocas cantidades de gravas (material importante para la construcción de carreteras) y su contenido principal son arenas y finos pasa 200 en proporciones similares.

Los parámetros Cu y Cc no se pudieron calcular para estas muestras usando la clasificación de suelos propuesta por Casagrande ya que estos parámetros sólo pueden ser determinados cuando el contenido de finos es menor al 5 % y los resultados obtenidos muestran que el contenido de finos es mayor al 30% en todas las muestras.

V.5.1.2 Consistencia de los suelos.

Los resultados de las mediciones de los límites de Atterberg (tabla 11) reportan un promedio del 30% de humedad para los suelos analizados, que es cantidad de agua necesaria para que los suelos alcancen un límite líquido viscoso. Esto permite usar el argumento de que estos suelos poseen una buena capacidad para absorber el agua.

Tabla 11. Porcentaje global de los límites de Atterberg.

Limite liquido	30.04%
Limite plástico	14.78%
Índice de plasticidad.	15.26%

La humedad necesaria para que las muestras llegaran a alcanzar un estado plástico de acuerdo a los resultados obtenidos es aproximadamente de un 14%. (ver anexo 6).

Apoyándonos en el sistema de clasificación de suelos USCS y la carta de plasticidad de A. Casagrande, podemos decir que los resultados obtenidos agrupan a los suelos presentes como arcillas arenosas de baja plasticidad. Con esta información generada, sabemos que el índice de plasticidad es relativamente bajo, lo que nos permite decir que con un pequeño incremento de la humedad el suelo pasa desde un estado semisólido al de uno de consistencia líquida.

De acuerdo a los resultados generados en este estudio, tanto los granulométricos como los ensayos de consistencia de los suelos, permiten deducir que la fracción predominante en toda el área de estudio es la de tamaño arcilla y arenas.

Interpretando la escasa información obtenida con el índice de plasticidad y el límite plástico de los suelos, podemos inferir de estos, que con el aumento de la humedad, los poros intersticiales entre partículas (finos) se llenan de agua por poseer un límite líquido intermedio, entonces al aproximarse una temporada lluviosa los poros constituyentes del material del suelo se saturan de agua, haciéndolo más líquido y los taludes se hacen inestables.

CONCLUSIONES

La información obtenida en el estudio de los afloramientos de cortes de carretera en el sector “El Hatillo”, Estado Miranda permitió concluir lo siguiente:

- ♣ Presenta rocas foliadas, clasificadas como esquistos, pertenecientes a la unidad litodémicas Esquistos Las Brisas, se encuentran algo deformadas y diaclasadas con aberturas variables, algunas con relleno y otras no, sin presencia de agua libre.
- ♣ El perfil de meteorización típico de las unidades litológicas, está constituido por una secuencia de capa vegetal, seguido por saprólitos y finalmente las rocas metamórficas.
- ♣ La geología local fue descrita en tres unidades litológicas de componentes litológicas parecidas con diferentes tamaños de grano y foliaciones.
- ♣ Las unidades litológicas como Metaconglomerados, metaareniscas y Esquistos-cuarzo-micáceo-feldespático.
- ♣ Con el sistema de clasificación de rocas unificadas los afloramientos estudiados son rocas DDD.
- ♣ Hay una posible falla presente que pasa en por la quebrada en disposición rectilínea.
- ♣ Las diaclasas son apreciadas en las Unidades Litológicas, los buzamientos predominantes son al sur y los rumbos con orientación al NW. Entre la zona norte y el sur podemos decir que el sur esta más diaclasado y el norte no posee estas discontinuidades, esto nos indica que la zona norte seria más estable.
- ♣ Granulometricamente están compuestos por una fracción gruesa poco representativa, siendo las fracciones medias y finas verdaderamente dominantes en estos suelos.

- ♣ El suelo residual es generalmente areno limoso, con poca fracción gruesa, hay que tener mucho cuidado ya que las arenas son muy finas y pueden confundirse con limos.
- ♣ Por no poder hallarle índice de plasticidad para algunas muestras tomadas, se deduce que estas no pasan por el estado plástico, por lo tanto necesita poca cantidad de agua para que estos asuman una consistencia líquida.
- ♣ El suelo residual y la capa vegetal, va disminuyendo desde la zona norte hacia el río Guaire.

RECOMENDACIONES

- ♣ Es conveniente realizar un trabajo de investigación complementario, que implique la toma de muestras imperturbadas en los horizontes de suelos residuales, saprólitos y de capas rocosas infrayacentes, a fin de establecer los parámetros de resistencia al corte y en general parámetros geotécnicos.
- ♣ Realizar perforaciones, a fin de cuantificar los espesores del perfil de meteorización, así como ensayos geotécnicos que permitan determinar propiedades físicas y mecánicas de la zona estudiada.
- ♣ Realizar un estudio de la capa vegetal con el fin de determinar el contenido de materia orgánica.
- ♣ Se recomienda realizar análisis petrográficos de los horizontes meteorizados así como los de roca sana.
- ♣ En vista de la importante influencia del grado de meteorización de las rocas, es recomendable tomar muy en cuenta este factor en cualquier proyecto de edificaciones o vialidad.
- ♣ En este sentido es importante destacar que no basta con determinar las propiedades físicas de las rocas para el momento de realizar el proyecto, sino que deben tomarse en cuenta que estas propiedades cambian con el tiempo debido a la meteorización.
- ♣ La descomposición de las rocas por efecto de la meteorización produce efectos negativos sobre los esfuerzos resistentes de la masa que de no tomarse en cuenta puede ocasionar la ruptura de los cortes o de las fundaciones proyectadas al cabo de cierto tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Berry, P.L. y Reid, D. (1993). Mecánica de suelos. McGraw Hill. Traducción al español en Colombia por Caicedo y Arrieta. 1993. Bogotá. 415 p.
- Borges, C. (1972). Estudio Geotécnico de Algunas Rocas de la Formación Las Brisas en el sector de La Guairita (Estado Miranda): Trabajo Especial de grado (inédito). Escuela de Geología y Minas. Departamento de Geología. UCV. Caracas. 150p.
- Caraballo, X. (2000). Caracterización del perfil de meteorización para la Formación Las Mercedes Grupo Caracas, en las Subcuencas: Santa Mónica - Los Chaguaramos Bello Monte: Trabajo Especial de grado (inédito). Escuela de Geología y Minas. Departamento de Geología. UCV. Caracas. 200p.
- CIEN –Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura-. (1997). Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela. INTEVEP-PDVSA, edición electrónica www.pdvsa.com/lexico y en CD. Última consulta marzo 2007.
- Lambe, T. W. & Whitman, R. V. (1976). Soil Mechanics. Ed. Wiley. New York. 553p. Versión en español: Ed. Limusa, México.
- Marcano, F. (1974). Observaciones Preliminares de las Características Geotécnicas de la Zona: Minas de Baruta-Cerro Verde: Trabajo Especial de grado. Escuela de Geología y Minas. Departamento de Geología. UCV. Caracas. 188p.
- Sgambatti, José. (1976). Estudio geotécnico de una zona ubicada en los alrededores del Hatillo Estado Miranda: Trabajo Especial de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas. 98p.

Tovar, M. (2006). Estudio Geológico – Geotécnico basado en la caracterización de suelos residuales y del perfil de meteorización en las zonas de Influencia del área Metropolitana de Caracas. Escuela de Geología y Minas. Departamento de Geología. UCV. Caracas. 180p.

Urbani, Franco (2005). Synthesis of the nomenclature of the igneous and metamorphic rocks units of the cordillera de la Costa, Venezuela. *IMME*. [online]. June 2005, vol.43, no.2 [cited 25 May 2007], p.1-10. Available from WorldWideWeb:http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2005000200001&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0376-723X.

Urbani, F. (1969). Primera localidad fosilífera del Miembro Zenda de La Formación las Brisas: Cueva el Indio, La Guairita, Estado Miranda. *Asoc. Venezuela. Geol., Min. y Petrol. Bol. Inform.*, Vol. 12, N° 12

Franklin, J. A. (1971). Triaxial strength of rock materials. *Rock Mechanics*, Vol. 3, N° 2, Pág. 86 –98.

Referencias Electrónicas.

<http://www.http.puebloelhatillo.gov.ve>. (Fecha de consulta marzo 2007)

<http://www.geomorph.org/gt/regional/nam.html>. (Fecha de consulta enero 2007)

GLOSARIO DE TERMINOS

Anisotrópito.

Cuerpo cuyas propiedades físicas no son idénticas en todas las direcciones.

Asociación.

Corresponde a la traducción de suite en inglés.

Cárcavas.

Curso de agua incisivamente inscrito en la ladera y que esta sujeto a avenidas bruscas e intermitentes.

Cohesión.

Es la propiedad derivada de las características de resistencia al corte de un material, la cual permite que éste mantenga su forma bajo una carga, aun cuando no se encuentre confinado.

Diaclasa.

Las diaclasas son discontinuidades en la roca, representada por una fractura que no muestra ningún tipo de movimiento a lo largo de sus planos. Sí existe algún plano, el movimiento del bloque es en sentido perpendicular al plano, o sea una abertura. La orientación de estas puede ser establecida en base a su rumbo y buzamiento.

Estabilidad.

Es la ausencia de acciones erosivas significativas que puedan modificar un terreno o generar riesgos para la seguridad de un proyecto y el medio ambiente.

Erosión.

Proceso de remoción o nivelación, en el que el suelo y las partículas rocosas son transportados, rodados o arrastrados. Los principales agentes que intervienen son el viento y el agua.

Erosión Superficial.

Remoción de los materiales que conforman los horizontes superficiales por efectos de los agentes erosivos, principalmente el agua.

Foliación

Los planos de foliación son características propias de las rocas metamórficas, donde los minerales están ordenados con mayor facilidad en la dirección de menor esfuerzo.

Familia de Diaclasas.

Grupo de diaclasas paralelas llamadas también sets en inglés.

Geomorfología.

Es la ciencia que tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y submarino.

Geodinámica Superficial.

Término que engloba los procesos de inestabilidad que afectan las capas superficiales de la corteza terrestre.

Inestabilidad Cinética.

Fenómeno que implica un posible movimiento de rocas, que conforman un talud, debido a que presentan una posición relativa favorable a ello, con respecto al frente de exposición del talud.

Inestabilidad Mecánica.

Proceso mediante el cual ocurre movimiento de un bloque o cuña cinemáticamente inestable debido a que se vence los parámetros de resistencia al corte para los planos de apoyo.

Isótropo.

Cuerpo cuyas propiedades físicas son idénticas en todas las direcciones.

Límite Líquido.

Es el contenido de humedad que define, la frontera entre los estados líquidos y plásticos.

Límite Plástico.

Es el contenido de humedad que define, la frontera entre los estados plásticos y sólidos.

Meteorización Mecánica.

Desintegración de la estructura original de la masa rocosa, por agentes de naturaleza física.

Meteorización Química.

Descomposición de los materiales originales de una masa rocosa, por fenómenos de naturaleza química.

Perfil De Meteorización.

Es la secuencia de capas de materiales con diferentes propiedades físicas, formadas en el mismo sitio en donde se encuentran y que yacen sobre la roca no meteorizada.

Permeabilidad.

Es la propiedad que presenta los materiales de permitir el paso de fluidos a través de sí mismos.

Proceso de Inestabilidad.

Fenómeno que implica un eminente deslizamiento, caída de bloques, u otro fenómeno que implique deterioro de una ladera o talud.

Saprólitos.

Término que comúnmente se aplica al horizonte C, tipificado como suelo, el cual retiene las estructuras heredadas de la roca original.

Suelo Coluvial.

Es el horizonte constituido por materiales derivados de la degradación de cualquier roca madre, los cuales han sido transportados por la gravedad con o sin la participación del agua; este horizonte es a menudo más permeable que el horizonte de suelo residual, y eso hace posible la existencia de niveles freáticos suspendidos. Siendo su heterogeneidad granulométrica una de sus características más notorias.

Suelo Residual.

Es el horizonte producido mediante el proceso de descomposición o intemperismo en sitio de las rocas, pudiendo ser estas rocas de origen ígneo sedimentario u metamórfico.

RDbf.

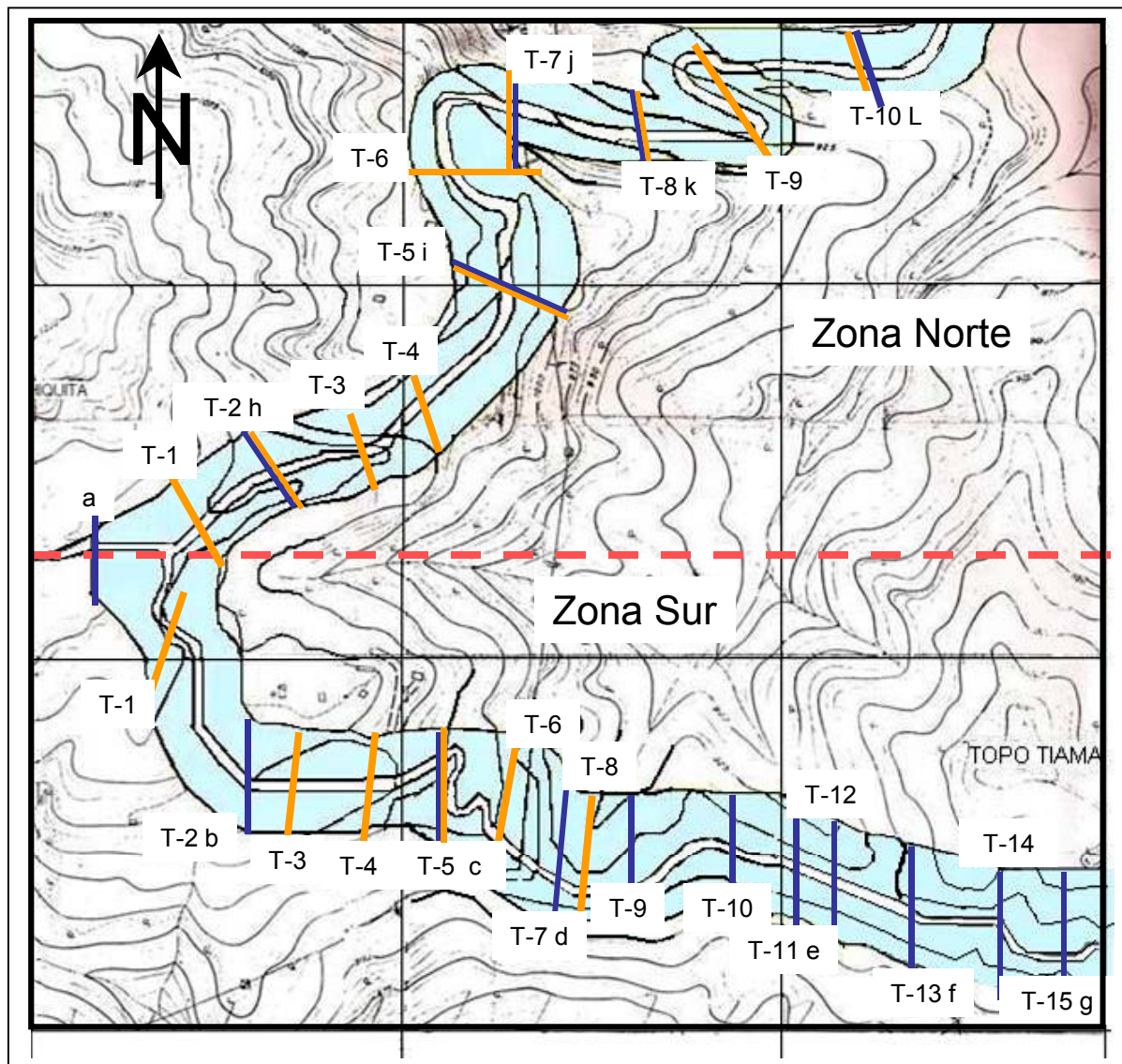
Roca descompuesta blanda fracturada.

RMbf.

Roca metamórfica blanda fracturada.

Anexo 1

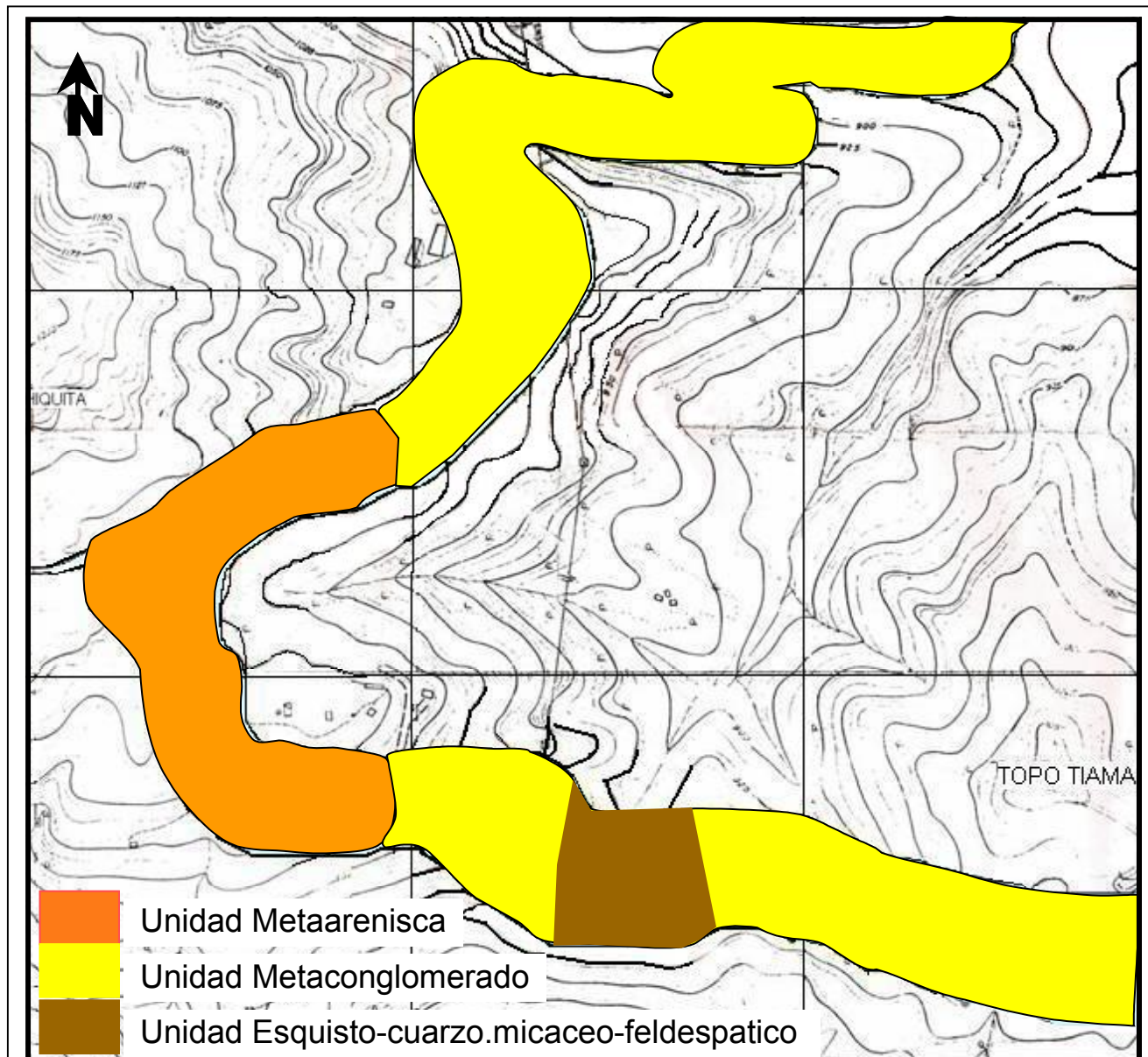
Estaciones con descripción de los perfiles de meteorización y
muestras tomadas



Mapa Topográfico de la Dirección de Cartografía Nacional. Escala 1:5.000.

Anexo 2

Descripción y Mapeo de las Unidades Litológicas
no Formales

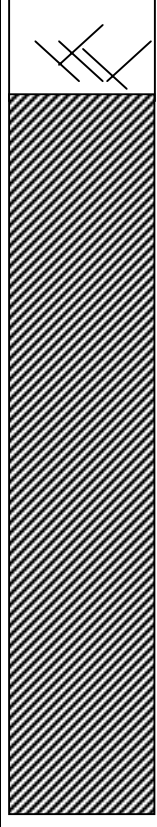


Mapa Topográfico de la Dirección de Cartografía Nacional. Escala 1:5.000.

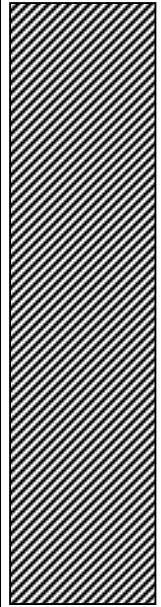

Anexo 3

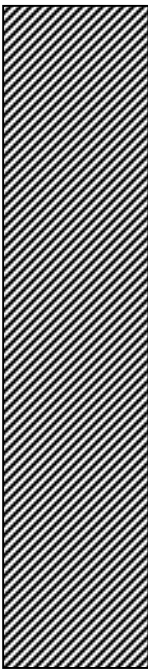

Perfiles de Meteorización

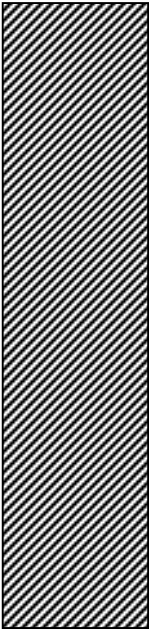
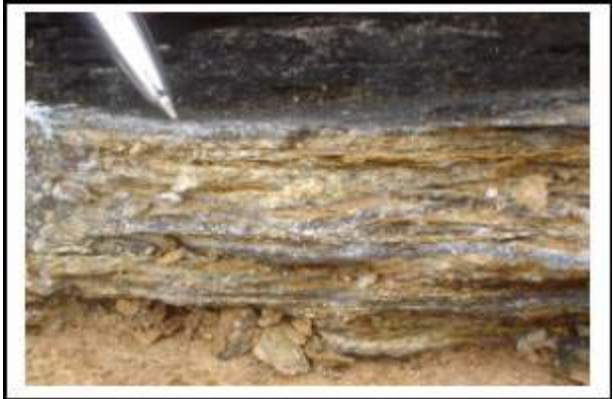
Perfiles de Meteorización en los talud de carretera.

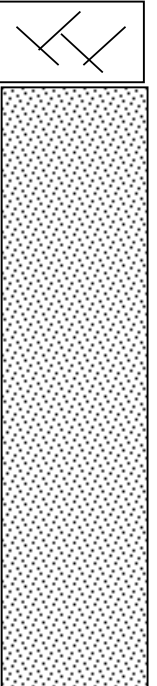


Simbología litológica	Estado físico	Descripción ESTACION # 25																																						
	IB	<p>CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable (0,5 m), donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava. 40cm</p> <table border="1" data-bbox="457 467 1581 634"> <thead> <tr> <th colspan="7">FAMILIAS DE DIACLASAS</th> </tr> <tr> <th>TALUD</th> <th>DIACLASA</th> <th>RUMBO</th> <th>BUZA</th> <th>FREC</th> <th>PERS</th> <th>RUG P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D1</td> <td>N85E</td> <td>12N</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>D2</td> <td>N75E</td> <td>59S</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>RUG.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>D3</td> <td>N35W</td> <td>90</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>BAJA</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="457 651 940 686"> <tr> <td>F25</td> <td>N70W</td> <td>65N</td> </tr> </table>	FAMILIAS DE DIACLASAS							TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.		D1	N85E	12N	2	4	BAJA	25	D2	N75E	59S	3	3	RUG.		D3	N35W	90	8	4	BAJA	F25	N70W	65N
	FAMILIAS DE DIACLASAS																																							
TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.																																		
	D1	N85E	12N	2	4	BAJA																																		
25	D2	N75E	59S	3	3	RUG.																																		
	D3	N35W	90	8	4	BAJA																																		
F25	N70W	65N																																						
RMdf IIB	<p>Saprophyto con espesor de 4 metros color marrón claro, muy descompuesto.</p> <p>Metaconglomerado de color crema bien friable, vetillas de cuarzo las cuales están muy fracturadas posee micas muscovíticas, esta bien diaclasada, al golpearlo con el martillo se desborona, se puede disgregar a tamaño arenas y gravas.</p> <p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencial. Cráter con los golpes del martillo (D) • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD).</p> <p>Coordenas UTM: E: 744.444 N: 1.152.324</p>																																							



<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 24																																																
	IIB	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">FAMILIAS DE DIACLASAS</th> </tr> <tr> <th>TALUD</th> <th>DIACLASA</th> <th>RUMBO</th> <th>BUZA</th> <th>FREC</th> <th>PERS</th> <th>RUG P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D1</td> <td>N70W</td> <td>60N</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>RUG.</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>D2</td> <td>N40E</td> <td>60N</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>D3</td> <td>N55W</td> <td>82N</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>D4</td> <td>N5W</td> <td>55S</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>BAJA</td> </tr> </tbody> </table>							FAMILIAS DE DIACLASAS							TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.		D1	N70W	60N	6	2	RUG.	24	D2	N40E	60N	10	5	BAJA		D3	N55W	82N	7	3	BAJA		D4	N5W	55S	3	1	BAJA
	FAMILIAS DE DIACLASAS																																																	
TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.																																												
	D1	N70W	60N	6	2	RUG.																																												
24	D2	N40E	60N	10	5	BAJA																																												
	D3	N55W	82N	7	3	BAJA																																												
	D4	N5W	55S	3	1	BAJA																																												
RMdf	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>F24</td> <td>N30E</td> <td>80S</td> </tr> <tr> <td>PLIEGUE</td> <td>N40E</td> <td>54S</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="447 683 1583 894"> Metaconglomerado de color crema bien friable, cuarzo micas muscovíticas esta bien diaclasado, al golpearlo con el martillo Se desborona, se puede disgregar a tamaño arenas y gravas. Se aprecia un pliegue acostado Con orientación N40E 54S, los cuarzos tienen estructuras de boudines, las vetas de cuarzos Están fracturados por la tracción. </p> <p data-bbox="447 911 1583 943"> Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como: </p> <ul data-bbox="489 959 1583 1089" style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D) • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p data-bbox="548 1105 1583 1138"> La notación para esta roca es (DDD). </p> <p data-bbox="516 1195 1583 1227"> Coordenadas UTM: E: 744.196 N:1.152.413 </p>							F24	N30E	80S	PLIEGUE	N40E	54S																																					
F24	N30E	80S																																																
PLIEGUE	N40E	54S																																																
																																																		
																																																		

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 23																																
	RMdf	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">FAMILIAS DE DIACLASAS</th> </tr> <tr> <th>TALUD</th> <th>DIACLASA</th> <th>RUMBO</th> <th>BUZA</th> <th>FREC</th> <th>PERS</th> <th>RUG P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>D1</td> <td>N65E</td> <td>70S</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>D2</td> <td>N55W</td> <td>82N</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>BAJA</td> </tr> </tbody> </table>					FAMILIAS DE DIACLASAS							TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.	23	D1	N65E	70S	2	4	BAJA		D2	N55W	82N	2	5	BAJA
		FAMILIAS DE DIACLASAS																																
TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.																												
23	D1	N65E	70S	2	4	BAJA																												
	D2	N55W	82N	2	5	BAJA																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>F23</td> <td>N20W</td> <td>45S</td> </tr> <tr> <td>FALLA</td> <td>N35W</td> <td>67N</td> </tr> </tbody> </table>	F23	N20W	45S	FALLA	N35W	67N	<p>Metaconglomerado de color crema, esta bien diaclasado, al golpearlo con el martillo se desborona, se puede disgregar a tamaño arenas y gravas.</p> <p>Esta presente una falla normaldestoral. La zona esta plagada. La superficie de las diaclasas es rugosa.</p> <p>La litología es cuarzo, micas y feldespatos.</p> <div data-bbox="1255 581 1864 980" data-label="Image">  </div> <p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Fragmentación ante los golpes del martillo (B). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D) . <p>La notación para esta roca es (DBD)</p> <p>Coordenadas UTM: E: 743.971 N: 1.152.381</p>																											
F23	N20W	45S																																
FALLA	N35W	67N																																

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 21						
	RMdf	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
		21	D1	N50W	80S	1	2	BAJA
		F21	N65W	80S				
		<p>SUELO RESIDUAL: Espesor variable donde se sustenta la capa vegetal.</p>						
		<p>ESQUITOS CUARZO MICÁCEOS FELDESPATICO:</p>						
		<p>Los esquistos presentan foliaciones finamente laminadas.</p>						
		<p>Paralelas a las micas muscovíticas hay delgados fragmentos de cuarzo, son muy erosionables, se disgregan con la mano a tamaño arena y grava. Al golpearla con el martillo se fragmenta.</p>						
								
		<p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p>						
		<ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Fragmentación ante los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD)</p>						
		<p>Coordenadas UTM: E:743.746 N: 1.152.623</p>						

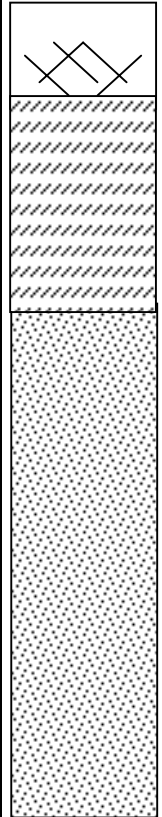

Simbología litológica	Estado físico	Descripción ESTACION # 20						
	RMdf	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
		20	D1	N50W	80S	1	2	BAJA
		F20	N60E	80S				
		Capa vegetal. Horizonte de espesor variable donde es sustentada la vegetación.						
		ESQUITOS CUARZO MICÁCEOS FELDESPATICOS:						
		la zona que conforma el talud presenta una mineralogía conformada por cuarzo, abundantes micas cloríticas y pocas micas muscovíticas. Esta algo erosionada y presente pocas diaclasamiento y muy plegada.						
		Al efectuar la prueba con el martillo esta forma cráteres y se disgrega a tamaños de grava y arenas						
		Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:						
		<ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). 						
		La notación para esta roca es (DDD)						
		Coordenada UTM: E: 743.389 N: 1.152.612						
								
								

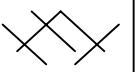


<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 19						
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
<p data-bbox="447 456 1289 488">Nota: No se apreciaron discontinuidades ya que son suelos residuales</p> <p data-bbox="447 516 1665 594">CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable, donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava.</p> <p data-bbox="447 607 1568 639">Saprólito: Esta caracterizado por un suelo residual sumamente saprolitizado, de color naranja.</p> <p data-bbox="447 652 1010 685">Coordenadas UTM. E: 742.595 N: 1.152.784</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>								

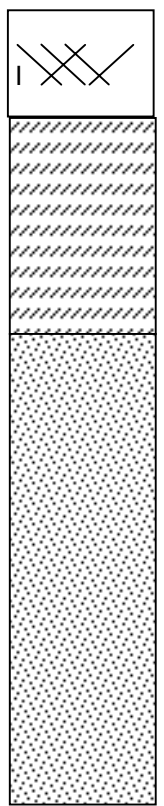

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACIÓN # 18						
	IIB	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
	RMdf	18	D1	N25W	85N	1	2	BAJA
		F18	N55E	70N				
		Capa vegetal. Muy pobre.						
		Metaarenisca: Son rocas meteorizadas de color crema, dado este estado se infiere que son muy feldespática, posee pocas micas muscovíticas. Se aprecian los planos de foliación con facilidad. Los granos de cuarzo no tiene orientación preferencial.						
		Al golpearla con el martillo forma cráteres y se disgrega a tamaño grava y arena.						
		Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:						
		<ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). 						
		La notación para esta roca es (DDD)						
		Coordenada UTM: E: 742.596 N: 1.152.833						
								

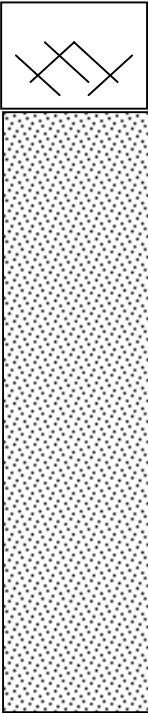
Simbología litológica	Estado físico	<i>Descripción</i> ESTACION # 17						
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
	17	D1	N30E	80N	1	3	BAJA	
	F17	N60E	85N					
	RMdf	<p>Capa vegetal, esta presente en muy poca cantidad.</p> <p>Metaarenisca: Son rocas meteorizadas de color crema, dado este estado se infiere que son feldespáticas, posee pocas micas muscovíticas. Los granos de cuarzo son escasos y no tiene orientación preferencial.</p>						
	IIB	<p>Al golpearla con el martillo forma cráteres y se disgrega a tamaño grava y arena.</p> <p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD)</p> <p>Coordenada UTM: E: 742.551 N: 1.152.804</p>						



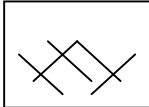

Simbología litológica	Estado físico	Descripción ESTACION # 16																								
	<p>IB</p> <p>IA</p> <p>RMdf</p> <p>IIB</p>	<table border="1" data-bbox="464 440 1591 545"> <thead> <tr> <th colspan="7">FAMILIAS DE DIACLASAS</th> </tr> <tr> <th>TALUD</th> <th>DIACLASA</th> <th>RUMBO</th> <th>BUZA</th> <th>FREC</th> <th>PERS</th> <th>RUG P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>D1</td> <td>N50E</td> <td>80N</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>BAJA</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="457 558 936 594"> <tr> <td>F16</td> <td>N30E</td> <td>80N</td> </tr> </table> <p data-bbox="457 613 821 643">Escasa capa vegetal presente.</p> <p data-bbox="457 659 1056 688">Metaconglomerado: la zona que conforma el talud</p> <p data-bbox="457 704 1052 781">Es de color naranja, donde se aprecian los granos de cuarzo y las micas como cloritas y muscovitas.</p> <p data-bbox="457 797 915 826">Hay presente una familia de diaclasas.</p> <p data-bbox="457 842 1129 919">Al golpearla con el martillo forma cráteres y se disgregan en tamaño grava y arenas.</p> <div data-bbox="1178 553 1808 967">  </div> <p data-bbox="470 980 1465 1010">Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul data-bbox="510 1029 1478 1154" style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p data-bbox="548 1170 995 1200">La notación para esta roca es (DDD)</p> <p data-bbox="457 1243 993 1273">Coordenadas UTM: E:742.567 N:1.152.887</p>	FAMILIAS DE DIACLASAS							TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.	16	D1	N50E	80N	1	2	BAJA	F16	N30E	80N
FAMILIAS DE DIACLASAS																										
TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.																				
16	D1	N50E	80N	1	2	BAJA																				
F16	N30E	80N																								

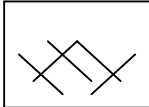

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION #1 5						
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
	RMbf	15	D1	N30W	65S	1	2	BAJA
		F15	N30E	40S	<p>Escasa capa vegetal.</p> <p>Metaarenisca: Son de color marrón claro a naranja, se aprecian planos de foliación. Las micas muscovíticas están bien desarrolladas. Presenta laminación.</p> <p>Al golpearla con el martillo forma cráteres y se disgregan en tamaño grava y arenas. Presenta una familia de diaclasa.</p> <div data-bbox="1339 529 1787 821" data-label="Image">  </div>			
	IIB	Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:						
		<ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD)</p>						
Coordenadas UTM: E:742.203 N:1.152.935								

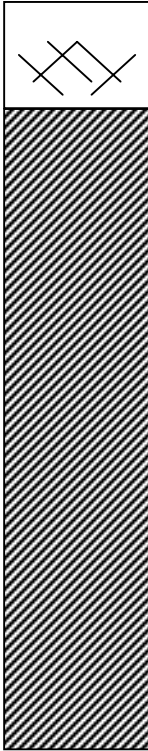

Simbología Litológica	Estado físico	Descripción ESTACION # 14																															
	<p>IB</p> <p>IA</p> <p>RMdf</p> <p>IIB</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">FAMILIAS DE DIACLASAS</th> </tr> <tr> <th>TALUD</th> <th>DIACLASA</th> <th>RUMBO</th> <th>BUZA</th> <th>FREC</th> <th>PERS</th> <th>RUG P.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>D1</td> <td>N30W</td> <td>70S</td> <td></td> <td>2</td> <td>BAJA</td> </tr> </tbody> </table>	FAMILIAS DE DIACLASAS							TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.	14	D1	N30W	70S		2	BAJA	<table border="1"> <tr> <td>F14</td> <td>N30E</td> <td>80S</td> </tr> </table>	F14	N30E	80S	<p>Capa vegetal presente, con espesor variable.</p> <p>Saprólito muy descompuesto, de color naranja.</p> <p>Se aprecia procesos geodinámicos por la presencia de cárcavas de erosión.</p> <p>Mataareniscas. Esta muy descompuesta por lo que se infiere que son feldespáticas, es apreciado los fragmentos de cuarzo sin orientación preferencial.</p> <p>Al golpearla con el martillo forma cráteres y se disgregan en tamaño grava y arenas. Presenta una familia de diaclasa.</p>					
FAMILIAS DE DIACLASAS																																	
TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.																											
14	D1	N30W	70S		2	BAJA																											
F14	N30E	80S																															
		<p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD)</p> <p>Coordenadas UTM: E:742.147 N:1.153.063</p>																															

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 13																																						
	IB	<table border="1" data-bbox="443 386 1570 537"> <thead> <tr> <th colspan="3">FAMILIAS DE DIACLASAS</th> <th></th> <th>1</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>TALUD</th> <th>DIACLASA</th> <th>RUMBO</th> <th>BUZA</th> <th>FREC</th> <th>PERS</th> <th>RUG P.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13</td> <td>D1</td> <td>N25W</td> <td>80S</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>BAJA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F13</td> <td>N20W</td> <td>45S</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							FAMILIAS DE DIACLASAS				1				TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.		13	D1	N25W	80S	1	1	BAJA		F13	N20W	45S					
	FAMILIAS DE DIACLASAS				1																																			
	TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.																																	
13	D1	N25W	80S	1	1	BAJA																																		
F13	N20W	45S																																						
RMdf	<p>Capa vegetal escasa.</p> <p>Metaconglomerado, esta muy meteorizado de color naranja, presente diaclasamiento. Los fragmentos de cuarzos esta dispuestos caóticamente.</p> <p>Evidente erosión antrópica por construcción cercana.</p> <p>Al golpearla con el martillo forma cráteres y se disgregan en tamaño grava y arenas. Presenta una familia de diaclasa.</p>																																							
IIB	<p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Cráter con los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD)</p> <p>Coordenadas UTM: E:742.513 N:1.153.278</p>																																							

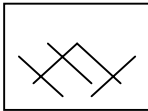
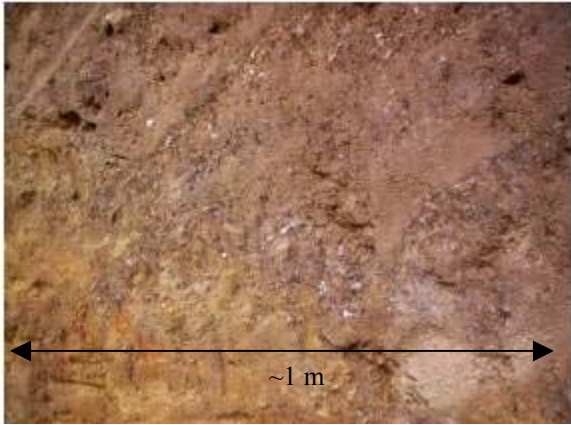


<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 12					
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS					
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS
<p data-bbox="447 456 1289 488">Nota: No se apreciaron discontinuidades ya que son suelos residuales</p> <p data-bbox="447 516 1665 594">CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable, donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava.</p> <p data-bbox="447 607 1568 639">Saprólito: Esta caracterizado por un suelo residual sumamente saprolitizado, de color naranja.</p> <p data-bbox="447 652 1010 685">Coordenadas UTM. E: 742.513 N: 1.153.336</p> <div data-bbox="747 797 1073 1222" style="text-align: center;">  </div>							

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 11						
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
<p data-bbox="447 456 1289 488">Nota: No se apreciaron discontinuidades ya que son suelos residuales</p> <p data-bbox="447 516 1665 594">CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable, donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava.</p> <p data-bbox="447 607 1568 639">Saprólito: Esta caracterizado por un suelo residual sumamente saprolitizado, de color naranja.</p> <p data-bbox="447 652 1008 685">Coordenadas UTM. E: 742.651 N: 1.153.606</p> <div data-bbox="793 748 1360 1179" style="text-align: center;">  <p data-bbox="1045 764 1136 792">~ 1,5m</p> </div>								

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 5			
	<p>IB</p> <p>RMdf</p> <p>IIB</p>	<p>CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable (0,8 m), donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava.</p> <table border="1" data-bbox="510 464 1041 501"> <tr> <td>F5</td> <td>N55W</td> <td>50S</td> </tr> </table> <p>Metaconglomerado de alto grado de meteorización, lo que se infiere que es muy feldespática, hay presencia de micas cloritas y muscovitas bien desarrolladas. Los minerales presentan una orientación preferencial por los planos de foliación.</p>  <p>Según el sistema de Clasificación Unificada de Rocas (URCS), es clasificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de meteorización: Estado parcialmente descompuesto (D). • Estimación de la resistencia: Fragmentación ante los golpes del martillo (D). • Elementos lineales y planares: Planos de separación en dos dimensiones (D). <p>La notación para esta roca es (DDD)</p> <p>Coordenadas UTM: E: 743.142 N:1.153.427</p>	F5	N55W	50S
F5	N55W	50S			

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 2					
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS					
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS
<p data-bbox="447 435 1291 467">Nota: No se apreciaron discontinuidades ya que son suelos residuales</p> <p data-bbox="447 495 1669 576">CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable, donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava.</p> <p data-bbox="447 584 1564 617">Saprólito: Esta caracterizado por un suelo residual sumamente saprolitizado, de color naranja.</p> <p data-bbox="447 625 1008 657">Coordenadas UTM. E: 743.089 N: 1.153.148</p> <div data-bbox="781 755 1371 1182" style="text-align: center;">  </div>							

<i>Simbología litológica</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Descripción</i> ESTACION # 1						
	IB	FAMILIAS DE DIACLASAS						
		TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
<p data-bbox="447 464 1289 496">Nota: No se apreciaron discontinuidades ya que son suelos residuales</p> <p data-bbox="447 526 1665 602">CAPA VEGETAL: horizonte de espesor variable, donde se sustenta la vegetación, compuesta por material de suelo de grano fino, con poca o nula abundancia de granos tamaño grava.</p> <p data-bbox="447 618 1566 651">Saprólito: Esta caracterizado por un suelo residual sumamente saprolitizado, de color naranja.</p> <p data-bbox="447 662 1010 695">Coordenadas UTM. E: 743.098 N: 1.153.156</p> <div data-bbox="892 760 1459 1182" style="text-align: center;">  </div>								

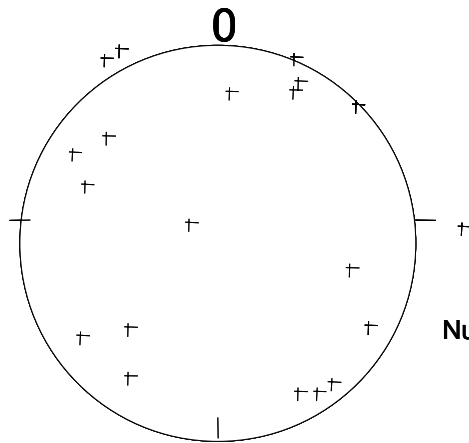
Anexo 4

Ploteo de polos de las orientaciones de
foliaciones y diaclasas

FAMILIAS DE DIACLASAS						
TALUD	DIACLASA	RUMBO	BUZA	FREC	PERS	RUG P.
	D1	N85E	12N	2	4	BAJA
25	D2	N75E	59S	3	3	RUG.
	D3	N35W	90	8	4	BAJA
	D1	N70W	60N	6	2	RUG.
24	D2	N40E	60N	10	5	BAJA
	D3	N55W	82N	7	3	BAJA
	D4	N5W	55S	3	1	BAJA
23	D1	N65E	70S	2	4	BAJA
	D2	N55W	82N	2	5	BAJA
22	D1	N53E	60S	1	3	BAJA
	D2	N30W	90	3	2	BAJA
21	D1	N50W	80S	1	2	BAJA
20	D1	N50W	80S	1	2	BAJA
18	D1	N25W	85N	1	2	BAJA
17	D1	N30E	80N	1	3	BAJA
16	D1	N50E	80N	1	2	BAJA
15	D1	N30W	65S	1	2	BAJA
14	D1	N30W	70S		2	BAJA
13	D1	N25W	80S	1	1	BAJA

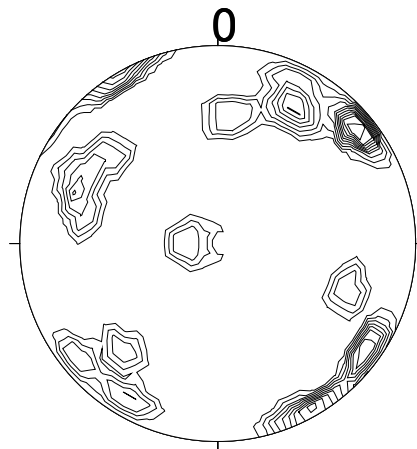
FOLIACIONES DE LOS TALUDES		
FOLIACIÓN	RUMBO	BUZAMIENTO
F1	0	0
F2	0	0
F3	0	0
F4	0	0
F5	N55W	50S
F6	N55E	38N
F7	N25W	70N
F8	N30W	65S
F9	N55E	70N
F10	0	0
F11	0	0
F12	0	0
F13	N20W	45S
F14	N30E	80S
F15	N30E	40S
F16	N30E	80N
F17	N60E	85N
F18	N55E	70N
F19	0	0
F20	N60E	80S
F21	N65W	80S
F22	N74E	59S
F23	N70W	60S
F24	N70W	60N
F25	N70W	65N

Diaclasas



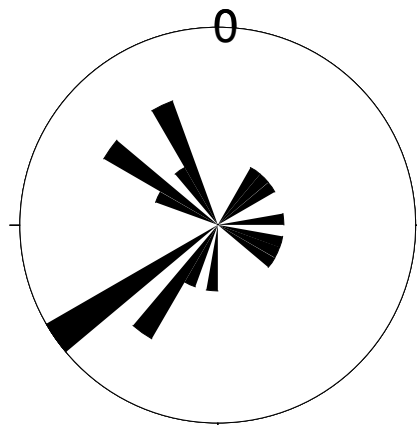
Num total: 20 polos

Equal area projection, lower hemisphere



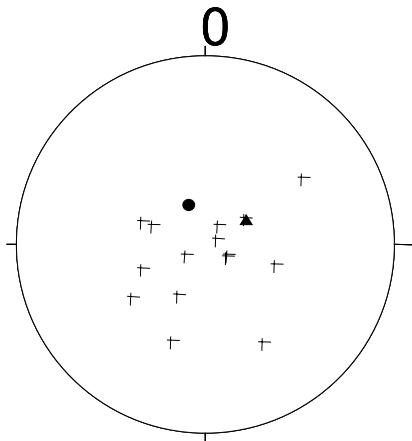
n=20
min. dens.=0.00
max. dens.=10.92 (at 51/ 12)
Contours at: 0,00; 1,00; 2,00;
3,00; 4,00; 5,00; 6,00; 7,00; 8,00;
9,00; 10,00
(Multiples of random distribution)

Equal area projection, lower hemisphere

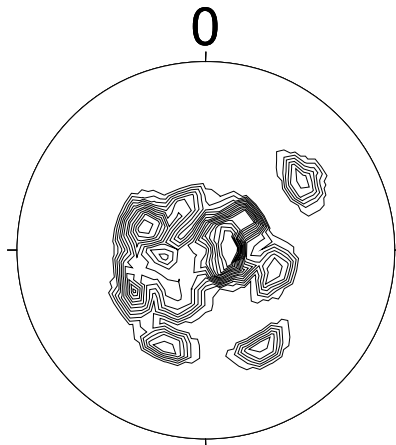


Dip Direction: 10 ° classes

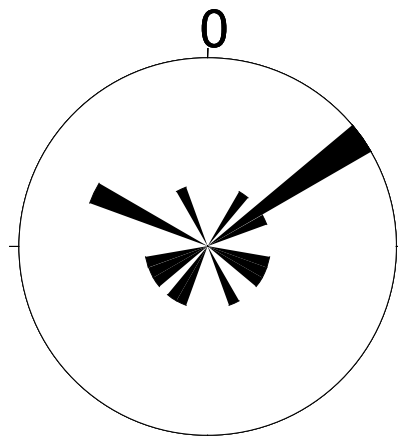
Foliaciones



Equal area projection, lower hemisphere



Equal area projection, lower hemisphere

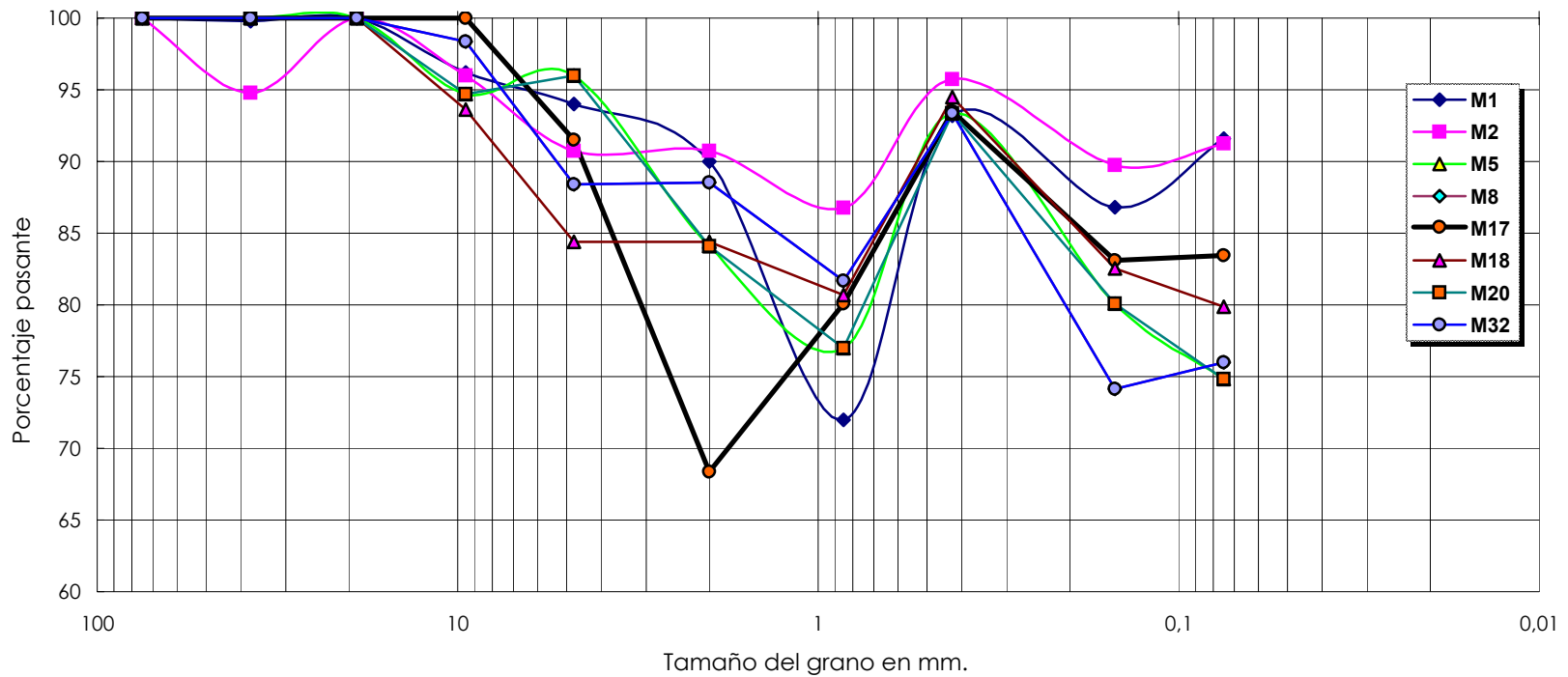


Dip Direction: 10 ° classes

Anexo 5

Resultados de laboratorio
Distribución Granulométrica

Muestras del Hatillo												S.U.C.S.	Cu	Cc
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO														
Tamiz N°	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 100	N° 200				
Tamaño (mm)	75	37,5	19	9,5	4,75	2	0,85	0,425	0,15	0,075				
M1	100,0	99,8	100,0	96,20	94,00	90,00	72,00	93,20	86,80	91,60	SC			
M2	100,0	94,8	100,0	96,00	90,75	90,75	86,75	95,75	89,75	91,25	SC			
M5	100,0	100,0	100,0	93,21	77,50	79,30	85,35	97,70	84,60	82,14	CL			
M8	100,0	95,4	100,0	98,00	96,20	91,80	87,00	97,40	94,70	93,00	CL			
M17	100,0	100,0	100,0	100,00	91,49	68,37	80,10	93,47	83,10	83,44	CL			
M18	100,0	100,0	100,0	93,60	84,40	84,40	80,70	94,50	82,56	79,86	CL			
M20	100,0	100,0	100,0	94,70	96,00	84,10	77,00	93,37	80,10	74,83	CL			
M32	100,0	100,0	100,0	98,35	88,41	88,55	81,67	93,38	74,15	75,97	CL			



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Realizado por: Carlos Z

Fecha: 01/05/07

Muestra 1

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 387

%Pasa 200 = 22,60

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	19,8	3,96	96,04
Nº4	32,1	6,42	89,62
Nº 10	50	10,00	79,62
Nº 20	140	28,00	51,62
Nº 40	35,1	7,02	44,60
Nº 100	67	13,40	31,20
Nº 200	43	8,60	22,60
TOTAL	387		

Muestra 5

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 280

%Pasa 200 = 44,00

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	19	3,80	96,20
Nº4	63	12,60	83,60
Nº 10	55,5	11,10	72,50
Nº 20	41,3	8,26	64,24
Nº 40	8,2	1,64	62,60
Nº 100	43	8,60	54,00
Nº 200	50	10,00	44,00
TOTAL	280		

Muestra 18

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 109

%Pasa 200 = 78,20

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	7	3,40	96,60
Nº4	17	5,40	91,20
Nº 10	17	13,40	77,80
Nº 20	21	14,20	63,60
Nº 40	6	6,40	57,20
Nº 100	19	3,80	53,40
Nº 200	22	4,40	49,00
TOTAL	109		

Muestra 17

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 263,4

%Pasa 200 = 47,32

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	0	0,00	100,00
Nº4	22,4	4,48	95,52
Nº 10	83,4	16,68	78,84
Nº 20	51,9	10,38	68,46
Nº 40	17,3	3,46	65,00
Nº 100	44,6	8,92	56,08
Nº 200	43,8	8,76	47,32
TOTAL	263,4		

Muestra 2

Peso ant.de lavar W_o = 400

Peso des. de lavar W_f = 260

%Pasa 200 = 35,00

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	35,8	7,16	92,84
Nº4	38,6	7,72	85,12
Nº 10	36,7	7,34	77,78
Nº 20	52,7	10,54	67,24
Nº 40	17,8	3,56	63,68
Nº 100	41,9	8,38	55,30
Nº 200	36,5	7,30	48,00
TOTAL	260		

Muestra 8

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 250

%Pasa 200 = 50,00

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	34,6	6,92	93,08
Nº4	20,6	4,12	88,96
Nº 10	42,8	8,56	80,40
Nº 20	65,3	13,06	67,34
Nº 40	13,6	2,72	64,62
Nº 100	38,1	7,62	57,00
Nº 200	35	7,00	50,00
TOTAL	250		

Muestra 20

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 151

%Pasa 200 = 69,80

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	4,1	2,82	97,18
Nº4	10	4,00	93,18
Nº 10	24,1	14,82	78,36
Nº 20	34,6	13,92	64,44
Nº 40	10,2	5,04	59,40
Nº 100	30	7,00	52,40
Nº 200	38	7,60	44,80
TOTAL	151		

Muestra 28

Peso ant.de lavar W_o = 500

Peso des. de lavar W_f = 231,4

%Pasa 200 = 53,72

Nº Tamiz	Peso ret.(gr)	% Retenido	% Pasante
3/8"	3,9	0,78	99,22
Nº4	26,9	5,38	93,84
Nº 10	26,8	5,36	88,48
Nº 20	42,6	8,52	79,96
Nº 40	15,5	3,10	76,86
Nº 100	59,9	11,98	64,88
Nº 200	55,8	11,16	53,72
TOTAL	231,4		

Anexo 6

Resultados de laboratorio
Consistencia de los suelos

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG.

Se entiende por consistencia el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura. Un suelo fino puede existir en un estado cualquiera de consistencia, dicho estado depende de la cantidad de agua en el suelo trifásico: suelo, agua y aire. Atterberg definió las fronteras de cuatro estados de consistencia en términos de límites:

- a) Límite líquido, es la frontera entre los estados líquidos y plástico
- b) Límite plástico, la frontera entre los estados plástico y semisólido
- c) Límite de contracción, la frontera entre los estados semi- sólido y sólido.

LIMITE LÍQUIDO

Contenido de agua (humedad) de un suelo remoldeado, limite entre los estados liquido y plástico, expresado en porcentaje.

MATERIALES:

- Cuchara de A. Casagrande y Ranuradora tipo ASTM.

PREPARACIÓN.

- La preparación de la muestra de suelo requerida para la determinación de los limites de consistencia, debe estar constituida en forma exclusiva por partículas pasantes por el tamiz N° 40.
- Colocar la muestra en un recipiente agregando agua destilada, mezclando con una espátula hasta lograr una pasta homogénea.
- Déjela remojar a fin de que absorba la máxima cantidad de humedad.

PROCEDIMIENTO

- Se coloca la cuchara de A Casagrande, sobre una base firme, y se deposita en la taza unos 50 a 70 grs. Del material preparado previamente, para luego alisar la superficie con la espátula, de modo que la altura obtenida en el centro sea de 10 mm y la masa ocupe un volumen de 16 cm³ aproximadamente.

- Una vez enrasado, se pasa el acanalador para dividir la pasta en dos partes, a través de un surco de 63 mm, de longitud. Si se presentan desprendimientos de la pasta en el fondo de la taza, se debe retirar todo el material y reiniciar el procedimiento.
- Cuando se tiene el surco, se gira la manivela del aparato con una frecuencia de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes para que la ranura cierre en 10 mm, de longitud en el fondo de ella. Finalmente, se toman aproximadamente 10 grs. del material que se junta en fondo del surco para determinar la humedad.
- El material sobrante se traslada al plato de evaporación para mezclarlo nuevamente con agua destilada y repetir el procedimiento por lo menos 2 veces más, de modo de obtener tres puntos que varíen en un rango de 15 a 35 golpes. Es importante señalar que el ensayo se debe realizar desde la condición más húmeda a la más seca.

LIMITE PLÁSTICO

Limite plástico, humedad (LP). Humedad de un suelo remoldeado, límite entre los estados plástico y semi-sólido, expresado en porcentaje. Contenido de humedad del suelo al cual un cilindro de éste, se rompe o resquebraja al amasado presentando un diámetro de aproximadamente 3 mm. Esta prueba es bastante subjetiva, es decir, depende del operador, el cual debe ayudarse con un alambre u otro material de 3 mm. De diámetro.

MATERIALES.

- Superficie lisa (vidrio) de unos 20*20 cm.

PROCEDIMIENTO

- La muestra de ensayo se prepara de manera idéntica a la descrita al límite líquido, o bien puede usarse la misma muestra que se usó en ese ensayo, en la etapa en que la pasta de suelo se vuelva lo suficientemente plástica para moldearla como una esfera.

- Se toma una porción de suelo de aproximadamente 1 cm^3 , se amasa entre las manos, y se hace rodar con la palma o la base del pulgar, por sobre la superficie de amasado, formando un cilindro. Cuando se alcance un diámetro aproximado a 3mm. Se dobla y amasa nuevamente, para volver a formar el cilindro, lo que se repite hasta que el cilindro se disgregue al llegar al diámetro de 3 mm. En trozos de tamaño de 0,5 a 1 cm, de largo y no pueda ser reamasado ni reconstruido.
- El contenido de humedad que tiene el suelo en ese momento representa el límite plástico, el cual se determina colocando las fracciones de suelo en un recipiente, secándolas al horno.
- Se deben hacer tres determinaciones que no difieran entre si en más de 2%, en caso contrario deberá repetirse el ensayo.

GRANULOMETRIA

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. Se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y para suelos de tamaño menor se usa el método del hidrómetro.

MATERIALES.

- Un juego de tamices normalizados.
- Balanzas: con capacidades superiores a 20 Kg y 0,1decima.
- Un vibrador mecánico.
- Herramientas y accesorios. Bandejas metálica, recipientes plásticos y escobilla.

PROCEDIMIENTO.

- Se homogeniza cuidadosamente el total de la muestra en estado natural, tratando de evitar romper sus partículas individuales, especialmente si se trata de un material blando, piedra arenosa u otro similar.
- Se reduce por cuarteo una cantidad de muestra levemente superior a la mínima recomendada.
- Si la muestra está húmeda se seca a temperatura ambiente, o bien dentro de una estufa a una temperatura inferior a 60°C, hasta conseguir pesadas constantes en la muestra cada 30 minutos. Cuando esté seca, se obtiene la cantidad mínima recomendada a ensayar según las normas.
- Inmediatamente obtenido el tamaño de muestra a ensayar, se pasa a través del tamiz 3/8" ASTM (10 mm). La fracción retenida en este tamiz, se pesa y se lava con el fin de eliminar todo el material fino menor a 0,074 mm. Para esto se remoja el suelo en un recipiente con agua hasta que las partículas más finas se suelten, enseguida se lava el suelo colocando como filtro la malla N° 200 ASTM, hasta el agua utilizada salga limpia. El material retenido en la malla se deposita en una bandeja y se coloca al horno durante 24 horas. Cumpliendo el tiempo de secado y una vez enfriada la muestra, se pesa y por diferencia se obtiene el material fino por lavado.
- Se deposita el material en la criba superior del juego de tamices, los que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente hasta la criba 3/8". El juego deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la inferior. Se hace vibrar el conjunto durante 5 a 10 minutos tiempo después del cual se retira del vibrador y se registra el peso del material retenido en cada tamiz.
- Para la fracción de muestra que pasó el tamiz 3/8", el procedimiento es similar, salvo que una vez lavada y seca, se ensaya una muestra representativa de 500 grs. Utilizando los tamices comprendidos entre la malla N°4 y la N° 200 ASTM.

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D 4318-00)

Proyecto:	T.E.G. EL HATILLO	
Procedencia:	EL HATILLO	
Fosa o Perforación N°		
Muestra N°	8	Profundidad:
Fecha ensayo:	12/05/2007	Ensayo: Carlos Zambrano
Calculó:	Revisó:	

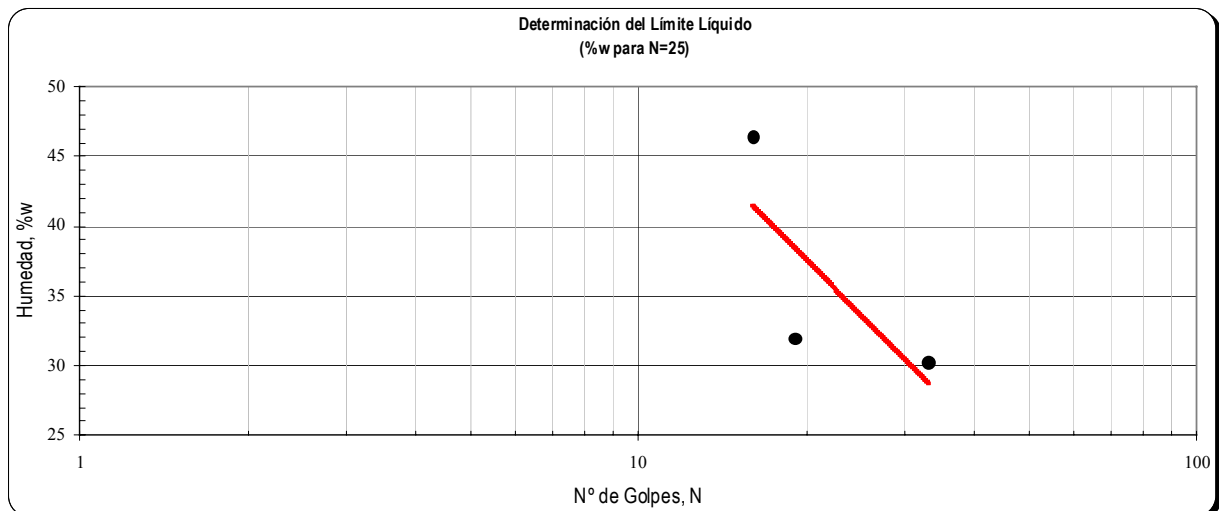
RESUMEN			
Lim. Liq.	Lim. Plast.	Ind. Plast.	Calcáreo
31,23	12,50	18,73	
Lim. Encog.	Valor B	Ind. de Flu.	Ind. de Resist.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tara N°	1	1
3) Peso de la Tara	104,00	104,00
4) Peso húmedo + Tara	113,00	113,00
5) Peso seco + tara	112,00	112,00
6) Peso del agua (4-5)	1,00	1,00
7) Peso neto seco (5-3)	8,00	8,00
8) % de humedad (100 x 6/7)	12,50	12,50

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE ENCOGIMIENTO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tipo de muestra		
3) Tara N°		
4) Peso de la Tara		
5) Peso húmedo + Tara		
6) Peso seco + Tara		
7) Peso del agua (5-6)		
8) Peso n seco Wo (6-4)		
9) % de humedad W% (100 x 7/8)		
10) Volumen de m. húmeda V		
11) Volumen de m. seca Vo		
12) Límite de encogimiento LE		

$LE = W\% [(V-Vo)/Wo \times 100]$

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO						
1) Determinación N°	1	2	3	4	5	6
2) Número de golpes	16	19	33			
3) Tara N°	2	1	1			
4) Peso de la Tara	76,00	104,00	104,00			
5) Peso húmedo + Tara	180,00	232,00	203,00			
6) Peso seco + Tara	147,00	201,00	180,00			
7) Peso del agua (5-6)	33,00	31,00	23,00			
8) Peso neto seco (6-4)	71,00	97,00	76,00			
9) % de humedad (100 x 7/8)	46,48	31,96	30,26			



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D 4318-00)

Proyecto:	T.E.G EL HATILLO		
Procedencia:	EL HATILLO		
Fosa o Perforación N°			
Muestra N°	5	Profundidad:	
Fecha ensayo:	12/05/2007	Ensayo:	Carlos Zambrano
Calculó:	Revisó:		

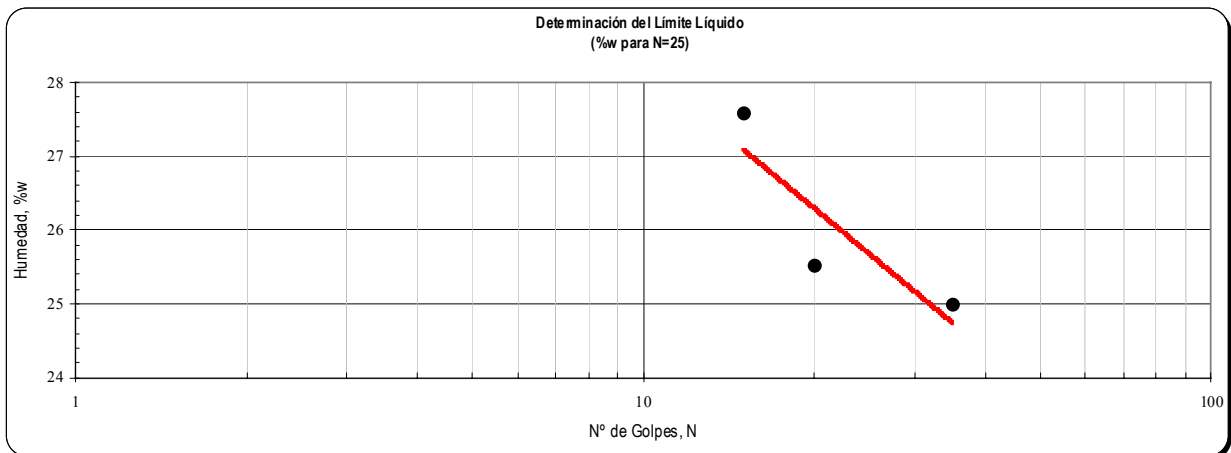
RESUMEN			
Lim. Liq.	Lim. Plast.	Ind. Plast.	Calcareo
25,35	12,45	12,90	
Lim. Encog.	Valor B	Ind. de Flu.	Ind. de Resist.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tara N°	1	1
3) Peso de la Tara	104,00	104,00
4) Peso húmedo + Tara	134,00	137,00
5) Peso seco + tara	131,00	133,00
6) Peso del agua (4-5)	3,00	4,00
7) Peso neto seco (5-3)	27,00	29,00
8) % de humedad (100 x 6/7)	11,11	13,79

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE ENCOGIMIENTO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tipo de muestra		
3) Tara N°		
4) Peso de la Tara		
5) Peso húmedo + Tara		
6) Peso seco + Tara		
7) Peso del agua (5-6)		
8) Peso n seco Wo (6-4)		
9) % de humedad W% (100 x 7/8)		
10) Volumen de m. húmeda V		
11) Volumen de m. seca Vo		
12) Límite de encogimiento LE		

$LE = W\% [(V-Vo)/Wo \times 100]$

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO						
1) Determinación N°	1	2	3	4	5	6
2) Número de golpes	15	20	35			
3) Tara N°	3	3	3			
4) Peso de la Tara	95,00	95,00	95,00			
5) Peso húmedo + Tara	206,00	213,00	205,00			
6) Peso seco + Tara	182,00	189,00	183,00			
7) Peso del agua (5-6)	24,00	24,00	22,00			
8) Peso neto seco (6-4)	87,00	94,00	88,00			
9) % de humedad (100 x 7/8)	27,59	25,53	25,00			



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D 4318-00)

Proyecto:	T.E.G EL HATILLO		
Procedencia:	EL HATILLO		
Fosa o Perforación N°			
Muestra N°	28	Profundidad:	
Fecha ensayo:	12/05/2007	Ensayo: Carlos Zambrano	
Calculó:	Revisó:		

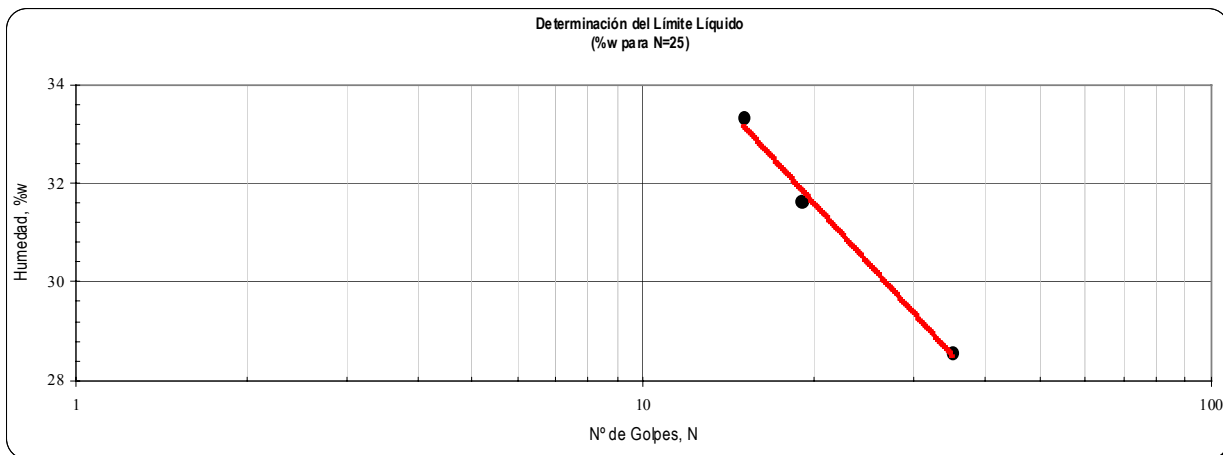
RESUMEN			
Lim. Liq.	Lim. Plast.	Ind. Plast.	Calcáreo
30,49	13,82	16,67	
Lim. Encog.	Valor B	Ind. de Flu.	Ind. de Resist.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tara N°	1	1
3) Peso de la Tara	104,00	104,00
4) Peso húmedo + Tara	126,00	124,00
5) Peso seco + tara	124,00	121,00
6) Peso del agua (4-5)	2,00	3,00
7) Peso neto seco (5-3)	20,00	17,00
8) % de humedad (100 x 6/7)	10,00	17,65

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE ENCOGIMIENTO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tipo de muestra		
3) Tara N°		
4) Peso de la Tara		
5) Peso húmedo + Tara		
6) Peso seco + Tara		
7) Peso del agua (5-6)		
8) Peso n seco Wo (6-4)		
9) % de humedad W% (100 x 7/8)		
10) Volumen de m. húmeda V		
11) Volumen de m. seca Vo		
12) Limite de encogimiento LE		

$LE = W\% [(V-Vo)/Wo \times 100]$

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO						
1) Determinación N°	1	2	3	4	5	6
2) Número de golpes	15	19	35			
3) Tara N°	1	1	1			
4) Peso de la Tara	104,00	104,00	104,00			
5) Peso húmedo + Tara	216,00	208,00	221,00			
6) Peso seco + Tara	188,00	183,00	195,00			
7) Peso del agua (5-6)	28,00	25,00	26,00			
8) Peso neto seco (6-4)	84,00	79,00	91,00			
9) % de humedad (100 x 7/8)	33,33	31,65	28,57			



**DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D 4318-00)**

Proyecto:	T.E.G EL HATILLO	
Procedencia:	EL HATILLO	
Fosa o Perforación N°		
Muestra N°	17	Profundidad:
Fecha ensayo:	12/05/2007	Ensayo: Carlos Zambrano
Calculó:	Revisó:	

RESUMEN			
Lim. Liq.	Lim. Plast.	Ind. Plast.	Calcáreo
33,09	20,36	12,73	
Lim. Encog.	Valor B	Ind. de Flu.	Ind. de Resist.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tara N°	1	1
3) Peso de la Tara	104,00	104,00
4) Peso húmedo + Tara	120,00	124,00
5) Peso seco + tara	117,00	121,00
6) Peso del agua (4-5)	3,00	3,00
7) Peso neto seco (5-3)	13,00	17,00
8) % de humedad (100 x 6/7)	23,08	17,65

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE ENCOGIMIENTO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tipo de muestra		
3) Tara N°		
4) Peso de la Tara		
5) Peso húmedo + Tara		
6) Peso seco + Tara		
7) Peso del agua (5-6)		
8) Peso n seco Wo (6-4)		
9) % de humedad W% (100 x 7/8)		
10) Volumen de m. húmeda V		
11) Volumen de m. seca Vo		
12) Límite de encogimiento LE		

$LE = W\% [(V-Vo)/Wo \times 100]$

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO						
	1	2	3	4	5	6
1) Determinación N°						
2) Número de golpes	15	20	35			
3) Tara N°	5	5	5			
4) Peso de la Tara	100,00	100,00	100,00			
5) Peso húmedo + Tara	189,00	187,00	193,00			
6) Peso seco + Tara	168,00	164,00	173,00			
7) Peso del agua (5-6)	21,00	23,00	20,00			
8) Peso neto seco (6-4)	68,00	64,00	73,00			
9) % de humedad (100 x 7/8)	30,88	35,94	27,40			

