

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Caracterización Geológica – Geotécnica y elaboración de mapa de zonificación geotécnica en los sectores Parque Generalísimo Francisco de Miranda-Bello Campo, perteneciente a la línea 5 del metro de Caracas y las urbanizaciones Caurimare, Lomas del Mirador, Lomas de San Román, Lomas de Las Mercedes y Santa Sofía

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por Buenahora B. Vanessa C.

Para optar al Título de Ingeniera Geóloga

Caracas, Junio 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Caracterización Geológica – Geotécnica y elaboración de mapa de zonificación geotécnica en los sectores Parque Generalísimo Francisco de Miranda-Bello Campo, perteneciente a la línea 5 del metro de Caracas y las urbanizaciones Caurimare, Lomas del Mirador, Lomas de San Román, Lomas de Las Mercedes y Santa Sofía

Tutor Académico: Prof. Feliciano De Santis

Tutor Industrial: Prof. Sergio Rodríguez Rojas

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por Buenahora B. Vanessa C.
Para optar al Título de Ingeniera Geóloga

Caracas, Junio 2011

Caracas, Junio 2011

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Vanessa C. Buenahora B., titulado:

Caracterización Geológica – Geotécnica y elaboración de mapa de zonificación geotécnica en los sectores Parque Generalísimo Francisco de Miranda-Bello Campo, perteneciente a la línea 5 del metro de Caracas y las urbanizaciones Caurimare, Lomas del Mirador, Lomas de San Román, Lomas de Las Mercedes y Santa Sofía

Considerando que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniera Geóloga, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por la autora, lo declaran **APROBADO**

Prof. Pietro de Marco

Jurado

Prof. Armando Díaz Quintero

Jurado

Prof. Feliciano de Santis

Tutor Académico

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a la persona que siempre ha estado conmigo desde que nací, el que me regaló una vida y me ha enseñado a valorarla y seguir creciendo como persona, hasta el punto que hoy en día gracias a él me da la satisfacción de culminar mi trabajo de grado, dándome todo su amor, paciencia, dedicación, apoyo y alegrías para que nunca decayera y siguiera con nuestro propósito. Porque este trabajo no es solo mío sino tuyo MI DIOS. Gracias por existir en mi vida.

Gracias a mi Kel, mi esposo bello, que siempre estuvo conmigo desde principio a fin, regalándome su paciencia, su apoyo, sus comidas divinas, su amor. Gracias mi Puli por estar conmigo todos los días del calendario.

Muchas gracias a mis padres Telma y Jaime por quererme, por formarme en una persona buena, por regalarme buenos valores, apoyo, paciencia, comprensión y amor. Los quiero muchísimooooo. De igual manera gracias a mi hermanito por estar siempre a mi lado y a mi Pupi (tío Renso) por su eterno cariño y muestras de afecto. Los quiero.

Gracias a todas esas personas que de alguna forma estuvieron ahí, dándome su apoyo y sus palabras de ánimo “Vane si puedes lograrlo”, mi cuñi (Adrian), mi gente hermosa y amigos (Karlita, Saraí, Victoria, Raúl, Walter, Andrei, Maríalejandra, María Isabel, Adriana, Marlys, Suje, Bernardo, Gustavo, Zaditza, Danielita, Ariamne, Jenny, Edinson, Goyo).

No puede faltar mi profesor y tutor Feliciano De Santis, gracias por ayudarme desde el primer momento, por enseñarme sus experiencias en el campo de la geología y compartir sus conocimientos conmigo, por regalarme su paciencia y presencia.

Muchas gracias a mis profesores de la Escuela de Geología (Lenin González, David Mendi, Ricardo Alezones, Rafael Falcón, Ruthman Hurtado) y mi queridísimo profesor (Andre Singer) gracias por ayudarme, por su compañía, dedicación y aprendizaje en el campo, a los muchachos de FUNVISIS (Mauricio Tagliaferro, Javier Oropeza y Eliana). Gracias a todos los muchachos e ingenieros y personal de la empresa Odebrecht, que aportaron su ayuda, dedicación, ánimos, buenos momentos, aprendizaje. Chicos los quiero!! (Kristel, Milena, Pedro Newman, Adriana, Yoraco, Lellis, Christian, Romildo, Sandra, Felipe, Gerardo, Barby, Cordova, Flor, Oscar) y en especial para (Andrea Celi) te recuerdo siempre y llevo en mi corazón.

Por último y no menos importante a la empresa CA Metro por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado y en especial muy agradecida con el inspector Oduardo Rojas y tutor industrial Sergio Rodríguez por su apoyo y muestras de aprecio que van más allá de lo profesional.

Buenahora B. Vanessa C

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA Y ELABORACIÓN DE UN MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SECTORES PARQUE GENERALÍSIMO DE MIRANDA-BELLO CAMPO PERTENECIENTE A LA LÍNEA 5 DEL METRO DE CARACAS Y LAS URBANIZACIONES CAURIMARE, LOMAS DEL MIRADOR, LOMAS DE LAS MERCEDES, LOMAS DE SAN ROMÁN Y SANTA SOFÍA.

Tutor Académico: Feliciano De Santis

Tutor Industrial: Sergio Rodríguez

Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Departamento de Geología. 2011

Palabras claves: Aludes torrenciales, mapa zonificación geológico -geotécnico, perfil de meteorización, topografía modificada, suelo residual.

Resumen: El presente trabajo se realizó en la parte Noreste y Sureste del Valle de Caracas, en un área aproximadamente de 6 km², entre las coordenadas UTM N: 1.161.100; E: 735.000 y N: 1.158.000; E: 737.000. El presente trabajo de grado tiene el propósito de generar un mapa de zonificación geológico-geotécnico a escala 1:5.000 que muestre las condiciones generales del terreno es decir las características del subsuelo, suelo, ubicación de los flujos superficiales de detritos, zonas de corte y relleno, unidades litológicas, orientaciones de discontinuidades en el macizo rocoso, clasificación de grado de meteorización en la roca, nivel freático, identificación de depósitos sedimentarios, entre otros; el cual servirá como herramienta para fines constructivos.

Para la creación de la base de dato se requirió recopilar y evaluar toda la información histórica y actual existente en entes públicos y privados (Ca. Metro, Constructora Norberto Odebrecht, FUNVISIS, UCV, INAMEH, Alcaldía de Baruta), además de la información recabada en los levantamientos de campo dentro de los frentes de excavación de la línea 5 del Metro de Caracas y las urbanizaciones Lomas del Mirador, Lomas de San Román, Caurimare, Lomas de las Mercedes y Santa Sofía. Por medio de los resultados obtenidos durante los trabajos de oficina, campo y laboratorio se pudo definir hacia el sureste del Valle de Caracas zonas de corte y relleno. Los rellenos mostraron grandes espesores que van de 2m a 12m constituidos por granulometría de gruesa, media a fina, y muy fina describiéndose como arena limosa y limo de baja plasticidad y grava arenosa respectivamente.

En el mismo orden de ideas, se reconocieron flujos superficiales de detritos en la zona, coincidiendo que estos eventos tuvieron ocurrencias en las zonas donde hubo topografía modificada, específicamente en los rellenos. Por su parte al noreste de la ciudad metropolitana se identificaron depósitos cuaternarios como aludes torrenciales y facies proximal de acumulaciones caóticas descritos como depósitos sedimentarios Q₂ según SINGER *et al*, (2007) y para los efectos de este trabajo este sedimento se clasificó según la clasificación unificada de suelos (SUSC) como arenas limosas (SM) grava arenosas con presencia de peñones gnéisicos y fragmentos de roca esquistos descompuestas (GP)s.

INDICE GENERAL

	Pág.
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Localización del área de estudio	4
1.5 Marco Metodológico.....	7
1.5.1 Etapa Preliminar.....	7
1.5.2 Etapa de Campo	9
1.5.3 Etapa de Laboratorio.....	11
1.5.4 Etapa de Oficina.....	13
1.6 Trabajos Previos	14
CAPÍTULO II	
MARCO GEOLÒGICO	
2.1 Información Geológica del Valle de Caracas	17
2.2 Aspectos Geomorfológicos.....	20
2.2.1 Descripción de las unidades geomorfológicas	21

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA REGIONAL

3.1 El Valle De Caracas - Formaciones cuaternarias del valle de Caracas	24
3.2 Cordillera de La Costa	25
3.3 Geología Estructural	30

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA LOCAL

4.1 Generalidades.....	31
4.2. Descripción de los afloramientos (zonas de muestreo).	31
4.2.1 M2-Estación 2	33
4.2.1.1 Rasgos del talud.	34
4.2.1.2 Descripción del perfil de meteorización.	36
4.2.2 M11-Estac11: Lomas de San Román.....	38
4.2.2.1 Rasgos del talud	38
4.2.2.2 Descripción del perfil de meteorización	41
4.2.3 M12-Estac12: Lomas de Las Mercedes	45
4.2.3.1 Rasgos del talud	46
4.2.3.2 Descripción del perfil de meteorización	47
4.2.4 M12-Estac12: Lomas del Mirador	51
4.2.4.1 Rasgos del talud	52
4.2.4.2 Descripción del perfil de meteorización	53
4.3 Descripción petrográfica	54
4.3.1 Descripción de la muestra M2-Estación 2	54
4.3.2 Descripción de la muestra M12-Estación 9	56
4.4. Perfil de meteorización en términos geotécnicos	58

4.5 Descripción geológica hacia la zona de Parque del Este, Bello Campo y aeropuerto La Carlota perteneciente al Municipio de Chacao.....	59
4.6 Descripción de los fosos de Bello Campo y Miranda II, perteneciente a la línea 5 del metro de Caracas.....	62
4.6.1 Descripción geológico-geotécnica del foso Miranda II	62
4.6.2 Descripción geológico-geotécnica del foso Norte de Bello Campo	71

CAPITULO V

MARCO TEORICO

5.1 Generalidades.....	76
5.2.- Caracterización de los movimientos.....	76
5.2.1.- Nomenclatura de un talud o ladera	76
5.2.2. Procesos en la etapa de deterioro	78
5.3.- Inestabilidad de Taludes	81
5.3.1.-Deslizamientos del Terreno	82
5.3.2.- Factores que afectan la estabilidad del terreno.....	83
5.3.3.- Factores que influyen en la estabilidad de los taludes	84
5.4. Perfil de Meteorización	85
5.4.1 Perfil utilizado para grados de meteorización.....	87
5.4.2.- Origen del Suelo	89
5.5.- Características geotécnicas de los sedimentos	91

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1. Compresión Uniaxial	97
6.1.1 Resistencia a la compresión a la roca de las zonas de San Román y Lomas de Las Mercedes.....	97
6.1.2 Resistencia a la compresión a la roca del sector de Caurimare.....	98

6.2. Granulometría	100
6.2.1 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en Caurimare Av. C3	100
6.2.2 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en Caurimare Av. AC.	101
6.2.3 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en Caurimare Av. C "Sector Tepuy".	102
6.2.4 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en Caurimare Calle F.	103
6.2.5 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en la Av. Principal de Caurimare.	104
6.2.6 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en Lomas de las Mercedes Calle la Peña.	105
6.2.7 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a en Lomas de San Román Calle Buenaire.	106
6.3. Corte Directo.....	107
6.3.1. Ensayo de corte directo ASTM-D 3080 en las Lomas de las Mercedes Calle la Peña.	107
6.3.2. Ensayo de corte directo ASTM-D 3080 en las Lomas de San Román Calle Buenaire.	108
6.4. Límites de Consistencia	109
6.4.1. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Av. AC 3.	109
6.4.2. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Av. AC.	110
6.4.3. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Av. C "Sector Tepuy".....	110
6.4.4. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Calle F.	111
6.4.5. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Av. Principal Caurimare.....	111
6.4.6. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Lomas de las Mercedes Calle la Peña.....	112

6.4.7. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Lomas de San Román Calle Buenaire.	112
---	-----

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Análisis de la ocurrencia de desastres por deslizamientos y flujos de detritos a consecuencia de las lluvias en los meses de octubre y diciembre del 2010 en la ciudad de Caracas	113
7.2. Factores asociados a flujos superficiales inducidos por lluvias.....	115
7.2.1 Generalidades.....	115
7.2.2 Análisis de la procedencia y características de los materiales transportados por los flujos superficiales/detritos	116
7.3. Desarrollo del mapa geológico-geotécnico y su importancia para fines constructivos	120
7.3.1. Metodología utilizada para la determinación del mapa de espesores en la cuenca los Palos Grandes.	126
7.4. Análisis de la ciclicidad de eventos torrenciales en el este del valle de Caracas a partir del levantamiento geológico del foso de Miranda II del Metro de Caracas.....	132

CAPÍTULO VIII

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	143

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio	6
Figura 1.2. Excavación de 30cm de profundidad en un talud representado por flujo de detrito	11
Figura 2.1. Clasificación de los tipos de aluviones	18
Figura 2.2. Perfil N-S del Valle de Caracas.....	18
Figura 2.3. Mapa Geológico del Cuaternario del Valle de Caracas	19
Figura 2.4. Vista aérea de la misión 8 mostrando el sector Caurimare, San Luis, Santa Sofía, Lomas de las Mercedes, Lomas de San Román, Lomas del Mirador y la Principal del Cafetal.....	20
Figura 2.5. Vista aérea de la misión 8 mostrando el sector Parque Miranda, Bello Campo, Aeropuerto La Carlota, Altamira y la Castellana.....	21
Figura 2.6. Unidades depositacionales cuaternarias del Valle de Caracas, cartografiadas sobre fotomosaico no controlado 1:25.000 de las vistas aéreas de la misión 8.....	23
Figura 3.1. Unidades litológicas de Caracas.....	29
Figura 3.2. Mapa de Fallas Cuaternarias de Venezuela.....	30
Figura 4.1. Ubicación M2-Estación 2 en la avenida A-C de la Urbanización Caurimare.....	33
Figura 4.2. Talud ubicado en la avenida AC, con evidencias de desprendimiento de partículas y deterioro del terreno	34
Figura 4.3. Talud de corte en la avenida AC de la urbanización Caurimare con evidencias de desprendimientos de troncos, ramas, movimientos de cantos y fragmentos de material rocoso meteorizadas.....	35
Figura 4.4. Vista en campo de los horizontes I y II donde reflejan cambios del comportamiento del talud y variaciones en la litología que permiten describir e identificar el tipo de perfil de meteorización presente.....	36
Figura 4.5. Ubicación M11-Estac 11, subiendo por la calle Buenaire.	38

Figura 4.6. Detalle del talud ubicado en Colinas de San Román subiendo por la calle Buenaire	39
Figura 4.7. Vista en campo de materiales granulares color marron con anaranjado arrastrados por el flujo	40
Figura 4.8. Vista de un talud de corte donde aflora una roca meteorizada color gris negruzco con alto grado de deformación producto al plegamiento	42
Figura 4.9. Vista en campo representandoel perfil de meteorización descrito como horizonte II.....	43
Figura 4.10. Representación en campo del perfil de meteorización, descrito como horizonte IIB	44
Figura 4.11. Ubicación M11-Estac11 la cual se encuentra entrando a la avenida la Guairita, subiendo por la calle la Peña	45
Figura 4.12. Detalle del talud en M11-ESTC 11, indicando horizontes de meteorización.....	46
Figura 4.13. Representación en campo del perfil de meteorización indicado como horizonte IIB	48
Figura 4.14. Representación en campo del perfil de meteorización, indicado como horizonte IIB	49
Figura 4.15. Vista en campo del horizonte I-A	50
Figura 4.16. Ubicación de M12-Estación 12, subiendo por Lomas de Las Mercedes, avenida principal del Mirador.....	51
Figura 4.17. Vista en campo del perfil de meteorización indicado como horizonte II A.....	52
Figura 4.18. Representación en campo del horizonte II	53
Figura 4.19. Objetivo #10 con nicoles cruzados.....	55
Figura 4.20. Note las maclas de la calcita y el cuarzo policristalino.....	56
Figura 4.21. Sección petrográfica mostrando minerales de calcita maclados suturadas con cuarzo	57
Figura 4.22. Observe que el cuarzo se presenta con mosaicos de extinción ondulatoria alrededor de la calcita que viene siendo el color marrón claro.	58

Figura 4.23. Plano de la unidad de bajos topográficos, mostrando la ubicación de las perforaciones geotécnicas	60
Figura 4.24. Vista en planta del foso de extracción Miranda II	62
Figura 4.25. Obsérvese en la foto material gravoso en matriz areno limosa, mostrando auto soporte en las paredes del foso.....	64
Figura 4.26. Vista en campo del cambio de granulometría en el panel perteneciente al foso de Miranda II.....	65
Figura 4.27. Vista en campo de fragmentos de roca angulosas de diferentes tamaños aislados que varían de 20 a 30 cm de longitud	66
Figura 4.28. Vista del panel 8, anillo 17 perteneciente a la capa descrita como grava mal gradada.....	67
Figura 4.29. Costra ferro-magnésicas producto de subidas y bajadas del nivel freático	69
Figura 4.30. Observe en la imagen fragmentos de gneis fracturados motivados por dos acciones, principalmente por la maquinaria al momento de excavar y otra por el transporte desde la roca a la fuente.....	70
Figura 4.31. Note en la imagen un bloque de gneis moderadamente meteorizado y cantos esquitosos a la derecha de la libreta en matriz arenosa.....	71
Figura 4.32. Observe en la imagen el foso de Bello campo a una profundidad de 28 metros.....	71
Figura 4.33. Observe en la imagen sedimentos depositados de granulometría gruesa.....	73
Figura 4.34. La imagen muestra una pala de jumbo con material clasificado como grava arenosa color gris a blanco, se puede notar los tamaños de grano grueso de la arena y los cantos redondeados, algunos fragmentos de esquistos sub-angulares, meteorizados	74
Figura 4.35. Vista en campo del paquete de la grava arenosa.....	75
Figura 5.1. Nomenclatura de taludes y laderas.....	77
Figura 5.2. Procesos de deterioro de macizos rocosos.	80
Figura 5.3. Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes.....	84
Figura 5.4. Perfil de meteorización propuesto por Deere y Patton.....	85

Figura 5.5. Sistema de clasificación de perfil de meteorización empleado en Hong Kong.....	88
Figura 5.6. Descripción del grado de meteorización	88
Figura 5.7. Perfil de Meteorización, según diferentes autores	89
Figura 5.8. Formación del suelo.	91
Figura 5.9: Perfil tipo de depósitos coluviales	93
Figura 5.10: Perfil tipo de depósitos de climas tropicales.....	94
Figura 5.11: Perfil tipo de depósitos aluviales	95
Figura 5.12: Depósitos de corrientes entrelazadas	96
Figure 7.1. Mapa de espesor sedimentario para el valle de Caracas.....	126
Figura 7.2. Mapa de espesores de sedimentos obtenidos por Kantak et al, 2005.....	127
Figura 7.3. Pozos geotécnicos realizados por FUNVISIS en Caracas y por el Metro de Caracas C.A.	128
Figura. 7.4. Mapa de Espesores de Sedimentos.....	129
Figura 7.5. Mapa isópaco del espesor sedimentario obtenido a partir del modelado gravimétrico 3D de la ciudad de Caracas	130
Figura 7.6. Mapa topográfico del Valle de Caracas	131
Figura 7.7. Mapa isópaco del basamento rocoso obtenido a partir de la topografía y el mapa de espesor sedimentario.	132

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1: Fuente informativa de las fotografías aéreas	7
Tabla 1.2: Fuente informativa de hojas cartográficas.....	8
Tabla 1.3: Tipos de ensayos realizados a las muestras	12
Tabla 4.1: Ubicación de muestras y estaciones de trabajo	31
Tabla 4.2: Tamaño de los minerales	54
Tabla 4.3: Tamaño de los minerales	57
Tabla 4.4: Perfil de Meteorización de diferentes autores	59
Tabla 6.1: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M1, estación 1. Caurimare Av. AC3	100
Tabla 6.2: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M2, estación 2. Caurimare Av. AC.....	101
Tabla 6.3: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M3, estación 3. Caurimare Av. C “Sector Tepuy”.....	102
Tabla 6.4: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M5, estación 4. Caurimare Calle F.....	103
Tabla 6.5: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M6, estación 5. Av. Principal de Caurimare.	104
Tabla 6.6: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M9, estación 7. Lomas de las Mercedes Calle la Peña.....	105
Tabla 6.7: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M11. Lomas de San Román Calle Buenaire.	106
Tabla 6.8: Ensayo de corte directo ASTM-D 3080, muestra 9 en las Lomas de las Mercedes Calle la Peña.....	107
Tabla 6.9: Ensayo de corte directo ASTM-D 3080, muestra 11 en las Lomas de San Román Calle Buenaire.	108

Tabla 6.10: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 1 estación 1, Caurimare Av. AC 3.	109
Tabla 6.11: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 2 estación 2, Caurimare Av. AC.	110
Tabla 6.12: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 3 estación 3, Caurimare Av. C "Sector Tepuy"	110
Tabla 6.13: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 5 estación 4, Caurimare Calle F.	111
Tabla 6.14: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 6 estación 5, Av. Principal Caurimare.	111
Tabla 6.15: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 9 estación 7, Lomas de las Mercedes Calle la Peña.	112
Tabla 6.16: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 11, Lomas de San Román Calle Buenaire.	112
Tabla 7.1: Resultados de ensayos de laboratorios en suelos afectados por flujos superficiales.	117
Tabla 7.2. Ajuste de la edad C14 de los eventos torrenciales del valle de Caracas por vía arqueológica y mediante geología de trinchera	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 6.1: Refleja los valores de compresión de las muestras obtenidas en roca	97
Gráfico 6.2. Muestra los valores de carga que soporta la roca	98
Gráfico 6.3. Refleja los valores de compresión de las muestras obtenidas en roca.....	99
Gráfico 6.4. Muestra los valores de carga que soporta la roca	99
Gráfico 6.5. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M1, estación 1. Caurimare Av. AC3	100
Gráfico 6.6. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M2, estación 2. Caurimare Av. AC	101
Gráfico 6.7. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M3, estación 3. Caurimare Av. C “Sector Tepuy”	102
Gráfico 6.8. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M5, estación 4. Caurimare Calle F.	103
Gráfico 6.9. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M6, estación 5. Av. Principal de Caurimare.....	104
Gráfico 6.10. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M9, estación 7. Lomas de las Mercedes Calle la Peña.	105
Gráfico 6.11. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96 ^a , muestra M11. Lomas de San Román Calle Buenaire.....	106
Gráfico 6.12. Esfuerzo normal vs. Esfuerzo cortante de la muestra 9 ubicada en Lomas de las Mercedes Calle la Peña.....	107
Gráfico 6.13. Esfuerzo normal vs. Esfuerzo cortante de la muestra 11 ubicada en Lomas de San Román Calle Buenaire.	108
Gráfico 7.1. Situación meteorológica Octubre-Diciembre 2010 en la ciudad de Caracas.....	114

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La ciudad del área metropolitana de Caracas refleja uno de los índices con mayor densidad poblacional del país en un contexto geológico de rocas metamórficas blandas, topografías altamente modificadas, lo cual ha traído como consecuencia una serie de siniestros geotécnicos inducidos incluso por procesos climáticos (lluvias de baja intensidad). Toda esta combinación ha traído como consecuencia pérdidas materiales por colapsos de viviendas e instalaciones públicas.

Para la construcción de la infraestructura, medio de transporte, obras públicas y privadas se hace necesario inventariar e interpretar los estudios efectuados a lo largo de los años en los diferentes entes del estado creando una base de datos de carácter geológico que permita minimizar los riesgos y poder aportar información para futuras construcciones.

Para la planificación de aspectos relacionados con la construcción de nuevas estructuras, servicios públicos y planificación en caso de desastres es muy importante contar con información actualizada y base de datos correspondientes a estudios realizados a lo largo de la conformación de la trama urbana de ciudad.

Especialmente para las zonas que presentan alto modificación de topografía asociada a grandes espesores de relleno, donde tradicionalmente se desarrollan siniestros geotécnicos.

El propósito principal del presente trabajo de grado es elaborar un mapa de contenido geológico-geotécnico con información de subsuelo y de superficie para apoyar los planes de la planificación de la ciudad y en especial del proyecto que actualmente se desarrolla en línea 5. La información del subsuelo estarán apoyadas por las excavaciones llevadas a cabo en la actualidad por Metro de Caracas en la realización de la línea 5, específicamente en el tramo comprendido por Chuao - Bello Campo - Parque Miranda, y

documentación aportadas por Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) de sus bases de datos recopiladas de empresas relacionadas con la elaboración de estudios geotécnicos, ejecutadas en la zona de estudio a partir del año 1970, aproximadamente. Año en el cual se inicia el desarrollo de las urbanizaciones ubicadas en las Colinas del sur de Caracas.

La información de superficie, comprenderá la interpretación de fotografías aéreas y levantamiento geológico de afloramientos obtenida en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

1.1. Planteamiento del Problema

Desde hace décadas se han desarrollado gran cantidad de trabajos geológicos en la ciudad de Caracas, referente a exploraciones del agua subterránea, del subsuelo aluvial del Valle de Caracas, clasificación y espesor de tipos de aluviones, información para fines de microzonificación sísmica y evolución de la geología urbana a consecuencia de la continua construcción de obras.

Debido a las modificaciones de la topografía del área metropolitana a causa del crecimiento urbano en su mayoría sin la planificación del estado, surge la necesidad de evaluar geológica y geotécnicamente la zona para luego establecer parámetros que enriquezcan las ordenanzas urbanas que manejan las respectivas alcaldías, permitiendo así mejorar la calidad de vida de quienes la habitan.

Los sucesivos cambios en el urbanismo actual motivado por la demanda de servicios y nuevas viviendas han conllevado a ampliar y construir nuevos servicios de red de transporte público urbano, terrestre y subterráneo (donde han prevalecido los aportes de C.A. Metro).

En un área accidentada topográficamente y de complejidad geológica, cobra importancia contar con una información geológica actualizada que exponga datos como: tipo de litología, clasificación de suelos y rocas, profundidad de la roca, parámetros geomecánicos, profundidad del nivel freático, espesores de los rellenos, suelos residuales, perfil de meteorización, entre otros.

En la actualidad se posee información geológica de importancia significativa referente a la zona de estudio, dicha data se encuentra dispersa en diferentes trabajos realizados para fines específicos.

Los datos geológico-geotécnicos indispensables para un desarrollo urbanístico estarán representados por mapas a escala 1:5000 que tendrán como información básica los datos obtenidos en las jornadas de campo, los datos obtenidos de los sondeos exploratorios realizados por la C.A. Metro de Caracas y las bases de datos de FUNVISIS, y complementada con la información obtenida en jornadas de campo.

1.2. Justificación

A través de la caracterización propuesta, apoyada en la creación de un mapa en escala 1:5000 de la zona en estudio, permitirá el suministro de información geológica – geotécnica de la composición del subsuelo para la fundación de futuras obras de ingeniería, donde se garantizará la operatividad de la obra y de su vida útil, así como la optimización de los recursos materiales, financieros y humanos, obteniendo los mejores resultados en el menor tiempo posible, con aplicación inmediata en la obra de gran impacto para el área Metropolitana como lo es la denominada Línea 5 perteneciente al Metro de caracas.

Adicionalmente ofrecerá una ayuda de importancia significativa para la formación profesional de la autora, permitiendo complementar los conocimientos adquiridos en el aula con los suministrados en el campo laboral, del mismo modo guiará a futuros profesionales cuyo enfoque coincida con el asumido en la investigación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Caracterización Geológica – Geotécnica y elaboración de mapa de zonificación geotécnica de los sectores Parque Miranda, Bello Campo y las urbanizaciones de Las Colinas del sur de Caracas perteneciente al municipio Baruta - Estado Miranda

1.3.2. Objetivos Específicos

❖ Revisar la documentación geológica y geotécnica e información bibliográfica existente en la zona de estudio.

- ❖ Realizar la interpretación fotogeológica del área en estudio de las misiones 8, 0304108 y 0304190 de los años 1936, 1973 y 1994 respectivamente para diferenciar la topografía modificada.

- ❖ Realizar el levantamiento geológico-geotécnico y la toma de muestras en algunos puntos correspondientes a los fosos ejecutados a la línea 5 del Metro de Caracas (Foso de Bello Campo y Parque Miranda) y hacia el sureste de Caracas (Urb Chuao, Urb Lomas Del Mirador, Urb Caurimare, El Cafetal, Urb San Luis y Urb Santa Sofía).

- ❖ Ejecutar ensayos de caracterización a muestras entre suelo y roca correspondientes a fosos de Bello Campo y Parque Miranda y en los sectores: Urb Chuao, Urb Lomas del Mirador, Urb Caurimare, El Cafetal, Urb San Luis y Urb Santa Sofía.

- ❖ Describir Afloramientos de superficie y algunos núcleos de subsuelo para evaluar los perfiles de meteorización del macizo metamórfico

- ❖ Compilar y correlacionar información geológica y geotécnica obtenida en el campo con la existente del mapa geológico del cuaternario del Valle de Caracas realizado por Andree Singer, Adriana Zambrano, Javier Oropeza y Mauricio Tagliaferro, 2007. Funvisis.

- ❖ Elaborar el perfil geológico-geotécnico del foso Parque Miranda II a escala 1:100.

- ❖ Elaborar un mapa y su digitalización (vectorizado) haciendo uso del *Software Autocad 2009* que indique la ubicación y espesores de los rellenos en las urbanizaciones Caurimare, Lomas del Mirador, Lomas de San Román, Lomas de Las Mercedes, Santa Sofía, El Cafetal y San Luís, así como también la profundidad de la roca del mismo sector a escala 1:5000.

1.4. Localización del área de estudio

La zona de estudio de se encuentra ubicada en Caracas abarcando un área de 6 Km² aproximadamente, específicamente al norte del Aeropuerto La Carlota comprendido por los sectores de Bello Campo del Municipio de Chacao, pasando por la Av. Francisco de Miranda hasta la Av. La Carlota del Municipio Sucre.

Al sur del Aeropuerto La Carlota abarca Las Colinas de los Sectores Chuao, Lomas del Mirador, Santa Sofía, Lomas de San Román, Lomas de Santa Marta, Caurimare y el sector del El Cafetal. El área se encuentra entre las coordenadas UTM;

LATITUD

E: 735.000

E: 737.000

LONGITUD

N: 1.161.100

N: 1.158.000

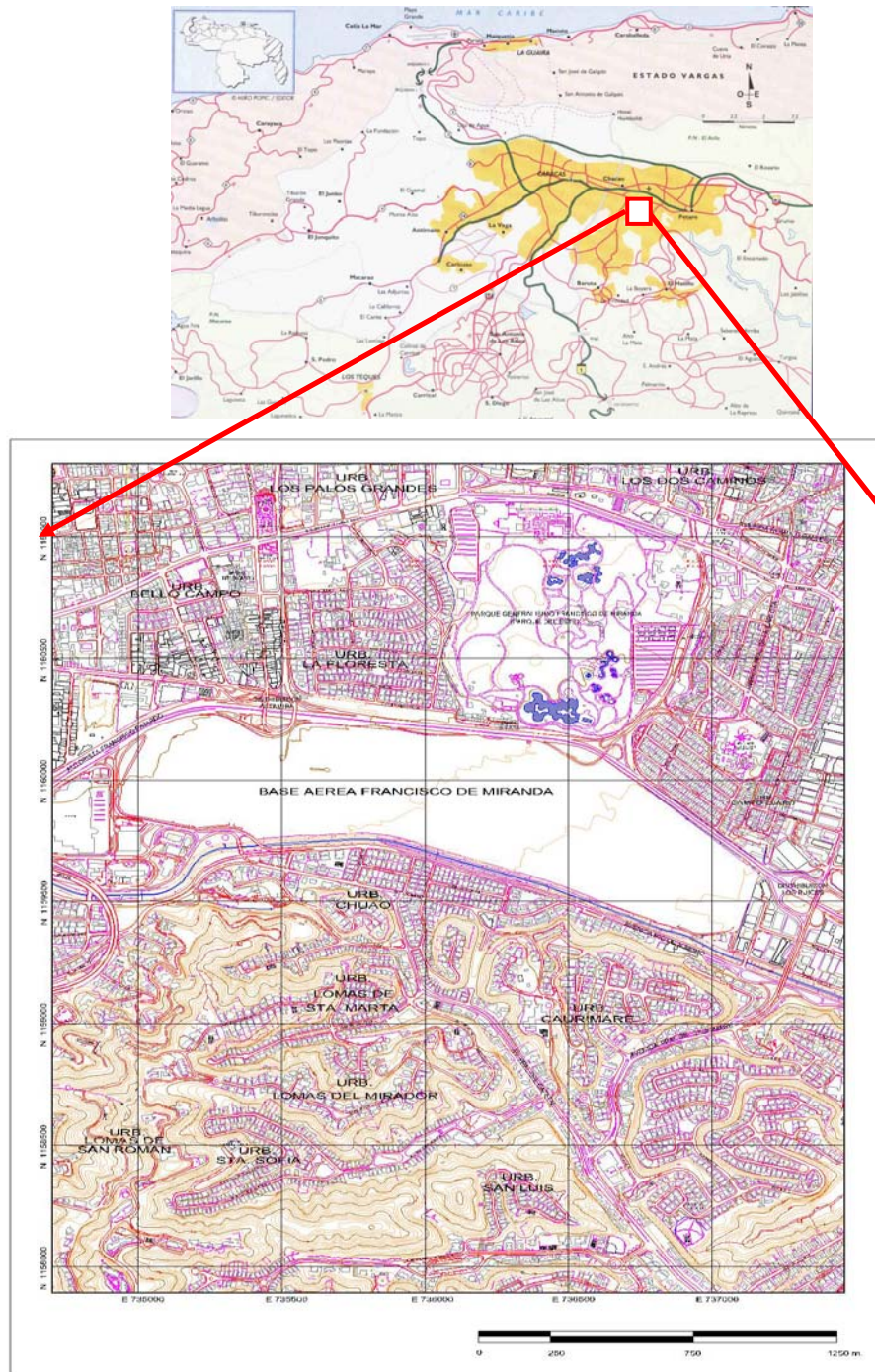


Figura 1.1: Ubicación de la zona de estudio
 Fuente: Instituto Geográfico De Venezuela Simón Bolívar. 1984

Los mapas topográficos de Caracas que se utilizaron como base para este proyecto a escala 1:5.000 son; G-45 y G-46 del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. 1984

1.5. Marco Metodológico

La metodología seguida para la realización de esta investigación está subdividida en las siguientes cuatro etapas; etapa preliminar, etapa de campo, etapa de laboratorio y etapa de oficina.

1.5.1. Etapa Preliminar

❖ Recopilación de material bibliográfico, mapas geológicos y topográficos del área de estudio, información preliminar de las estructuras (estaciones y fosos), perforaciones previamente ejecutadas en la zona a estudiar, trazado, longitud del alineamiento.

❖ Adquisición de los mapas topográficos y fotografías aéreas fue recabada en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)(mapas topográficos, mapa Bitucotex), los datos de las perforaciones geotécnicas de la zona fue suministrada por el instituto FUNVISIS y los informes preliminar, planos y perfiles del alineamiento del Metro de Caracas fueron aportador por la Constructora Norberto Odebrecht S.A.

❖ Interpretación y análisis de los mapas geológicos, mapas topográficos y fotografías aéreas correspondiente a la zona de estudio que permitieron el reconocimiento de las vías de acceso, rasgos geomorfológicos, identificación de drenajes.

Tabla 1.1: Fuente informativa de las fotografías aéreas

AÑO	MISIÓN	ESCALA	FOTOS
1936	8	1:25000	597-598-599-581- 582-583-584
1973	0304108	1:15000	038-039-040
1994	0304190	1:5000	1738-1739-1740

❖ Se realizó la interpretación de topografía modificada utilizando el mapa topográfico Bitucotex a escala 1:5000 cruzando o interceptando las curvas de niveles del

mismo, con el mapa del año 1984 donde para ese tiempo ya existían cambios topográficos, con la finalidad de identificar los cortes y rellenos en la zona a estudiar.

Tabla 1.2: Fuente informativa de hojas cartográficas

Tipo de Cartografía	Escala	Hoja	Descripción
Geológico	1:25000	6847-IV-SE	Mapa Geológico de Caracas realizado por la Universidad Central De Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, minas y Geofísica y FUNVISIS. Utilizado para el reconocimiento de las estructuras de deformación, rumbos y buzamientos y determinar las unidades litodémicas.
Topográfico	1:5000	Bitucotex	Base topográfica del año 1951 realizada por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Utilizado para la interpretación y reconocimiento de la topografía modificada.
	1:5000	G45-G46	Base topográfica del año 1984 realizada por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, que permitió identificar juntos con el plano Bitucotex los cortes y rellenos en la zona sureste de Caracas, también se usó como base para ubicación de las estaciones.

1.5.2. Etapa de Campo

Una vez finalizada la etapa de compilación de información, se procede al análisis fotointerpretativo que permitió dividir las unidades y establecer las estaciones de trabajo.

Para la unidad de bajos topográficos (valle) el levantamiento geológico-geotécnico fue realizado dentro de las excavaciones del Metro de Caracas en los campamentos ubicados en Parque Miranda y Bello Campo.

Esta etapa se llevó a cabo de la siguiente manera:

1.5.2.1 Levantamiento realizado en los fosos de las estaciones Miranda II y Bello Campo de la Línea 5 del metro de Caracas: se realizó la descripción geológica y geotécnica dentro de los fosos tanto de Miranda como de Bello Campo por anillos desde la parte central del foso (núcleo), una vez retirada la berma se realizó la descripción, la cual, consistió en hacer un croquis del frente de excavación con la simbología unificada de suelos correspondiente y se dibujó seguidamente en una cuadrícula donde están representados todos los anillos del foso, con el fin de ir correlacionando a medida que se ejecutaba la excavación y así logrando obtener un perfil general subdividido por paquetes litológicos.

Posterior a la descripción se tomaron muestras de los distintos tipos de litología, las cuales fueron colocadas en bolsas herméticas con el fin de garantizar su preservación al momento de ser ensayadas en el laboratorio.

En lo que respecta al estudio geológico-geotécnico hacia la unidad de altos topográficos (Las Colinas del sur de Caracas) consistió de la siguiente forma.

1.5.2.2 Levantamiento realizado en Las Colinas del Sur de la ciudad de Caracas. (Urbanizaciones Chuao, Cafetal, Caurimare, Lomas del Mirador, San Román, San Luis y Santa Sofía): El análisis fotointerpretativo permitió conocer la geomorfología de la zona, del mismo modo se realizó un reconocimiento de los afloramientos existente en donde se pudiese observar el perfil de meteorización.

Para la caracterización del perfil de meteorización se tomó en cuenta el perfil tipo propuesto por Vallejo (2002) y el de Deere y Patton (1971) (ver tabla 5.3) y para establecer los grados de meteorización se empleó el usado por Phillipson y Brand (1985) en Hong-Kong para meteorizaciones tropicales (Ver tabla 5.4), también se tomó en cuenta en la descripción los colores meteorizados y frescos para la roca, el estado de preservación de las discontinuidades (diaclasas) y orientaciones de rumbos y buzamientos de los planos de diaclasa y foliación en aquellas zonas accesibles.

En la zona donde afloraba material rocoso se buscó en el talud la zona donde estuviese las siguientes características; menos meteorizada, perturbada por los agentes climáticos, del hombre, en aquella donde la textura de su fábrica estuviese más conservada al igual que el sistema de discontinuidades.

Para los sectores donde se localizaron flujos de detritos se procedió a la caracterización visual del suelo, según el sistema de clasificación unificada de suelos (SUCS) donde se considera tamaño de partículas, cantidades, proporción entre la granulometría fina y gruesa, en esto se puede incluir factores como color, olor.

Se observaron en las distintas zonas, flujos de detritos a los cuales se les tomaron muestras con el fin de conocer en detalle el tipo de material que fue arrastrado, esto incluye una caracterización completa del suelo y de esta forma establecer parámetros que sirvan como una base de dato geotécnica que aporten información relevante para futuros estudios de subsuelo.

Para la toma de muestra en los taludes representados por estos flujos, el proceso fue en limpiar la superficie, es decir remover hojas, ramas secas, tallos, entre otros y excavar el área por lo menos 30 cm de profundidad aproximadamente con el fin de encontrar una muestra mejor preservada (ver figura 1.2).



Figura 1.2. Excavación de 30 cm de profundidad en un talud representado por flujo de detrito.

Todas las muestras tomadas para diferentes objetivos fueron selladas en bolsas herméticas para asegurar su preservación y llevadas al laboratorio Ingenieros De Santis. Estado Miranda-Venezuela, para su procesamiento ulterior.

1.5.3. Etapa de Laboratorio

En esta etapa se realizaron los diferentes ensayos de caracterización de suelo y de roca, a las muestras recolectadas tanto en las excavaciones del Metro como en las colinas del sur de Caracas, con el fin de conocer sus propiedades físicas y mecánicas.

A continuación se presenta una tabla de los ensayos y su norma que lo rige obtenidas en campo según la clasificación unificada de suelos ASTM D-2488-93

Tabla 1.3: Tipos de ensayos realizados a las muestras.

Muestra	Tipo de Muestra	Ensayos
M1	Suelo de relleno	Contenido de Humedad Natural. ASTM D-2216-98 Granulometría por tamizado. ASTM D-136-96a Determinación de los límites de consistencia. ASTM D-4318-00 Gravedad específica en los suelos. ASTM 854-00
M2	Flujo de Detrito	Contenido de Humedad Natural. ASTM D-2216-98 Granulometría por tamizado. ASTM D-136-96a Determinación de los límites de consistencia. ASTM D-4318-00 Gravedad específica en los suelos. ASTM 854-00
M3	Flujo de Detrito	Contenido de Humedad Natural. ASTM D-2216-98 Granulometría por tamizado. ASTM D-136-96a Determinación de los límites de consistencia. ASTM D-4318-00 Gravedad específica en los suelos. ASTM 854-00
M4	Roca	Determinación de Resistencia de cubos de rocas
M5	Flujo de Detrito	Contenido de Humedad Natural. ASTM D-2216-98 Granulometría por tamizado. ASTM D-136-96a Determinación de los límites de consistencia. ASTM D-4318-00 Gravedad específica en los suelos. ASTM 854-00
M6	Flujo de Detrito	Contenido de Humedad Natural. ASTM D-2216-98 Granulometría por tamizado. ASTM D-136-96a Determinación de los límites de consistencia. ASTM D-4318-00 Gravedad específica en los suelos. ASTM 854-00

M7	Roca	Compresión sin confinar ASTM-2166-00
M8	Roca	Compresión sin confinar ASTM-2166-00 Determinación del Peso específico ASTM C-127-88
M9	Flujo de Detrito	Corte Directo en suelo ASTM D-3080
M10	Roca	Compresión sin confinar ASTM-2166-00 Determinación del Peso específico ASTM C-127-88
M11	Flujo de Detrito	Corte Directo en suelo ASTM D-3080
M12	Roca	Compresión sin confinar ASTM-2166-00
M13	Roca	Compresión sin confinar ASTM-2166-00

1.5.4. Etapa de Oficina:

En esta etapa se llevaron a cabo una serie de actividades vinculadas con la investigación las cuales son las siguientes:

- ❖ Elaboración de un perfil geológico-geotécnico en los fosos ubicados Bello Campo y Parque Generalísimo Francisco de Miranda, a partir de las correlaciones de los sondeos relacionados, la interpretación de los ensayos de laboratorio y el levantamiento en campo. Dicho modelo consta de un perfil a escala 1:2000 que muestra todos los parámetros geotécnicos del subsuelo.

- ❖ Por medio de la fotointerpretación, que junto con la base de datos de las perforaciones de FUNVISIS y las realizadas por Metro de Caracas, se logró consolidar la información que permitió establecer divisiones de unidades litológicas hacia la parte

noreste de la zona de estudio, comprendida por Bello Campo, Parque Generalísimo Francisco de Miranda, La Floresta y La Carlota. Resaltando el tipo de litología “Según el Sistema de Clasificación Unificada de Suelos” (SUCS), la profundidad del nivel freático y del tope de rocas y por último la consistencia del material. Hacia la parte sureste comprendida por Las Colinas del sur de Caracas del Municipio de Baruta, se representaron los cortes y rellenos existentes en la zona, así como los rumbos y buzamientos los planos de foliación y diaclasa

Una vez unificado lo anteriormente explicado se elaboró un mapa geológico-geotécnico a escala 1:5000.

1.6. Trabajos Previos

TOMAT, S. (1974): realizó un estudio Geológico – Geotécnico de La zona Cumbres de Curumo, Prado del Este, El Peñón, ubicados en la ciudad de Caracas Edo. Miranda, reflejando la inestabilidad de los afloramientos, basándose en el análisis y las caracterizaciones geomecánica, concluyendo que la zona afectada es más frecuente hacia los sitios de transición de la formación Las Brisas y Las Mercedes.

Singer (1977): partiendo de los datos de campo y vistas de las fotografías aéreas perteneciente a la misión 8 (1936-38), realizó la cartografía geológica de las unidades depositacionales cuaternarias de la parte oriental del Valle de Caracas.

FIGUEIROA, A. (1985): realizó estudios referentes a un análisis de taludes de corte en roca, partiendo de la meteorización y la posición de la estructura geológica con el fin de aportar mecanismos y conocimientos geológicos - geotécnicos para los problemas de estabilidad en laderas naturales y taludes de corte en roca que frecuentemente afectan las áreas residenciales y vías de comunicación.

SINGER *ET AL* (1985): publicaron el primer trabajo y excursión sobre Geología Urbana de Caracas, cobrando importancias aspectos de la evolución del conocimiento de la geología urbana del área Metropolitana de Caracas como resultado de estímulos indirectos.

SANSEVIERO, R. (1996): trabajo cuyo objetivo principal fue la aplicación de métodos geotécnicos y geofísicos al desarrollo urbano Lomas de la Lameda en el área Metropolitana

de Caracas , con el fin de minimizar los riesgos geológicos y geotécnicos asociados a las labores de construcción.

ACERO Y FERNÁNDEZ (2005): elaboraron un modelo geológico-geotécnico y la evaluación del terreno que constituye el campus de la Universidad Central De Venezuela, partiendo de 6 mapas sistemáticos y la caracterización geotécnica del subsuelo mediante la realización de cinco perfiles. La litología dominada estaba constituida por esquistocalcáreo-cuarzo-micáceo. Para la evaluación geotécnica que realiza a los sedimentos presentes se apoyan en los estudios realizados durante las construcciones en la zona, cartografiaron 278 perforaciones y 4 pozos de agua, como resultado lograron establecer el predominio en el (CUC) de suelo denso- semiduro y rígido caracterizado por arcillas de baja plasticidad arenosas (CL) y arenas con alto contenido de finos de baja plasticidad (SM-SC).

TOVAR Y DÍAZ (2005): realizaron un 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, en principio para la designación de estos se basaron en el perfil de meteorización para climas tropicales propuesto por Deere y Patton (1971), adaptándolo al perfil sometido a estudio. La exposición de las rocas en superficie a una meteorización intensa genera un manto continuo de roca muy alterada, variando el contenido de humedad según el clima, estos determinaron el contenido de humedad de los suelos y así las condiciones de inestabilidad, inferidas de acuerdo a la cohesión y los ángulos de fricción con respecto a los ángulos del talud, pudiendo observar mayor inestabilidad en épocas de lluvia, acentuado por la topoformas de la zona.

OROPEZA, J Y ZAMBRANO, A (2007): realizaron una investigación con el fin de disponer una base geológica del asiento aluvial de Caracas para microzonificación sísmica que permite contar con buena información geológica para mejorar la planificación urbana de la misma.

FARFÁN, M Y MARCONI M. (2008): Desarrollaron un trabajo de caracterización geomecánica que conforman el subsuelo donde se formaron túneles gemelos en el tramo que abarca desde Bello Monte hasta Chuao de la línea 5 del metro de Caracas con la

finalidad de diseñar un modelos de sostenimientos primarios a lo largo del trazado, mediante el método de sólidos de cargo de Terzaghi así como la estimación de cargas actuantes en coberturas superficial e intermedia.

CAPÍTULO II

MARCO GEOLÓGICO

2.1. Información Geológica del Valle de Caracas

A consecuencia de los eventos climáticos ocurridos en el año 1950 y 1967, causado por la presencia atípica de altas precipitaciones y las consecuencias destructivas del terremoto respectivamente, se ha generado la búsqueda de información geológica sobre el Valle de Caracas, por medio de investigaciones realizadas en distintos temas relacionados a la geología que aporten datos contundentes a la hora de tomar decisiones para el desarrollo urbano.

(Oropeza y Zambrano 2007) mencionan un estudio de aguas subterráneas realizado en el Valle de Caracas en los años 1947-48 debido a la crisis de agua que afectó la región para esa época. Este estudio lo llevó a cabo la empresa Delawer Corporation contratado por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS).

Esta empresa elaboró un mapa a escala 1:25000 de los tipos de aluviones del Valle de Caracas (Figura. 2.1) obtenido por la fotointerpretación de la Misión 8 (1936-1939), siendo éste análisis el más utilizado debido a la escasa información de campo por la carencia de excavaciones exploratorias para la época en el Valle de Caracas y por lo tanto sin base estratigráfica.

Así mismo, Delaware Corporation realizó perfiles transversales del Valle de Caracas, donde señalan la configuración geométrica de las unidades litológicas de la cuenca y la existencia de fallas activas que desplazan el basamento rocoso y la cubierta de sedimentos cuaternarios, ambos tipos de información inferida a partir de datos de pozos con las limitaciones de interpretación que esto supone (Figura 2.2).

En 1952, DALLMUS y THOMS realizaron una investigación geológica e hidrológica complementaria en la parte oriental del Valle de Caracas con los mismos datos de pozos del INOS. Estos autores describen la estratigrafía del valle como “...una serie de sedimentos de tipo lacustre que yacen sobre las rocas metamórficas y sus productos de meteorización y erosión. Estas rocas se componen de lechos de arcilla, arcilla limosa o arenosa y arenas o conglomerados poco consolidados.” (Tomado de Oropeza y Zambrano. 2007).

Posteriormente a consecuencia del terremoto de 1967 que causó destrucción y pérdidas de vidas fatales en el sector Los Palos Grande, condujo a Singer a cartografiar las formaciones cuaternarias de la parte oriental de Valle de Caracas en los años 1972-1977 (Figura 2.3), apoyándose en trabajos previos, las fotografías aéreas de la misión 8 (1936-1939) y excavaciones que se hacían para la construcción de edificaciones.

La disposición geométrica de los aluviones mapeados desde la superficie y con datos de perforaciones, corrobora el origen neotectónico del bolsón sedimentario anormalmente espeso de Los Palos Grandes, al ocupar el mismo una depresión de ángulo de falla controlada por la falla del Ávila en la vertical del sitio conflictivo.

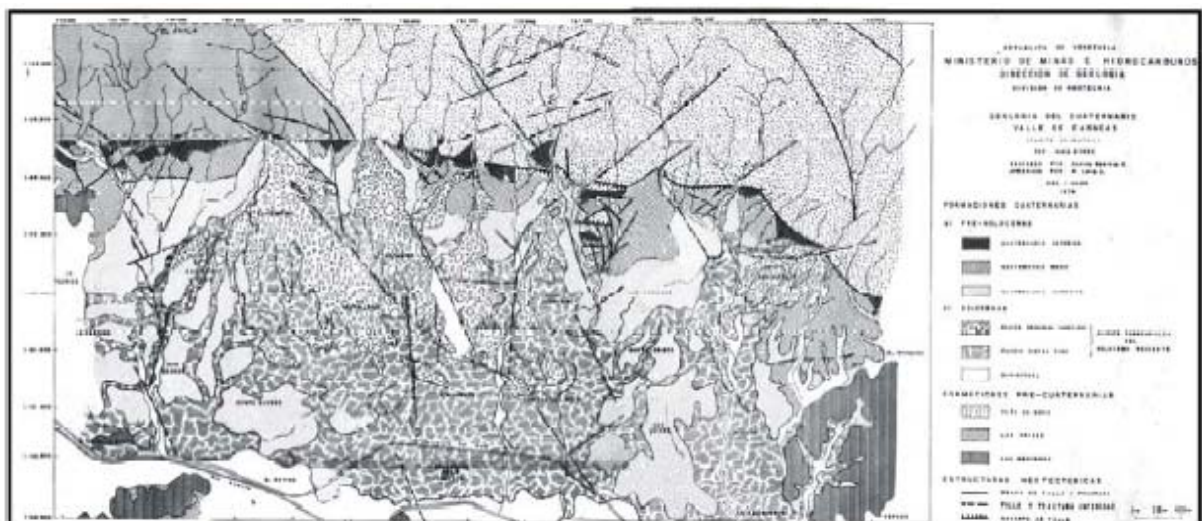


Figura 2.3. Mapa Geológico del Cuaternario del Valle de Caracas (parte oriental) a escala 1:20.000. (Tomado de Oropeza y Zambrano. 2007).

2.2. Aspectos Geomorfológicos.

En el área metropolitana de Caracas, domina un ambiente tropical con temperaturas relativamente altas y lluvias temporales, que favorecen la meteorización química, aunque también se suscitan los efectos físicos, pero principalmente dominan los efectos químicos producidos a los materiales de la corteza.

Para la división de las unidades geomorfológicas se tomaron en cuenta las fotografías aéreas correspondientes a la misión 0304108 a escala 1:15.000 y la misión 8 a escala 1:25.000.

Se observó un conjunto conformado por la unidad descrita como las colinas elongadas estribadas del Esquistos de Las Mercedes, correspondientes al Sureste del área de interés, la cual se extiende a través del municipio Libertador y la zona suroeste del municipio Baruta (Figura 2.4).



Figura 2.4. Vista aérea de la misión 8 mostrando el sector Caurimare, San Luis, Santa Sofía, Lomas de las Mercedes, Lomas de San Román, Lomas del Mirador y la Principal del Cafetal mostrando una geomorfología de colinas elongadas estribadas.

La segunda unidad topográfica se encuentra al noreste del área de interés ocupando la parte más extensa. (Singer.2007) la describe como unidad de abanicos torrenciales pleistoceno.



Figura 2.5. Vista aérea de la misión 8 mostrando el sector Parque Miranda, Bello Campo, Aeropuerto La Carlota, Altamira y la Castellana, zonas representadas como unidad de abanicos torrenciales pleistoceno..

2.2.1. Descripción de las unidades geomorfológicas

- **Unidad I:** Colinas elongadas estribadas.
- **Unidad II:** Abanicos torrenciales pleistoceno.

❖ **Unidad I:** Colinas elongadas estribadas

Comprende aproximadamente 60% de la zona de estudio, se desarrolla una topografía bastante homogénea y cubierta por una galería arbórea en su mayoría. Se extiende a través del municipio Baruta, alcanzando un promedio de alturas sobre el nivel del mar de 1000 metros de elevación.

Esta unidad es atravesada por unas de las principales quebradas con una trayectoria aproximadamente de 3 km y orientación suroeste noroeste aguas abajo lográndose reconocer hoy en día con el nombre del Boulevard El Cafetal (Municipio Baruta).

Las colinas que se encuentran más hacia el este específicamente del flanco derecho (suroeste aguas abajo) de la quebrada El Cafetal se orientan con respecto al norte 30° en dirección oeste, mientras que las elongaciones (colinas) ubicadas al oeste están dispuestas con respecto al norte en dirección este-oeste (seudo horizontal), ambos modelados poseen crestas angostas de morfología aguda, con una trayectoria semirectilíneaseudoparalelas entre sí, exhibiéndose un conjunto de estribos a lo largo de las mismas con exposición al norte y sur de la zona de interés.

Las pendientes de estas colinas presentan inclinaciones moderadas que van de 35° a 45° aproximadamente, a través de las cuales fluyen quebradas de la red tributaria adaptados a las topoformas, hacia la parte baja las curvas terminan con una forma convexa.

Estas colinas se encuentran intercaladas por depresiones estrechas, bastante encajadas y rectilíneas, con la misma orientación de las colinas en cuestión. A través de estas depresiones fluyen los cauces adaptados del drenaje tributario, que ejercen un papel altamente erosivo, que obedece a un patrón de escurrimiento, asociado al clima tropical reinante.

❖ **Unidad II:** Abanicos torrenciales pleistoceno.

Esta unidad geomorfológica constituye la expresión superficial del prisma sedimentario de espesor y geometría variable. Singer 2007 menciona que se encuentra alojada en la depresión de ángulo de falla asimétrica, también evidencia un profundo contraste de expresión geomorfológica al este y al oeste de la Qda. Chapellín como reflejo del comportamiento neotectónico muy diferente en ambas unidades.

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA REGIONAL

3.1. El Valle De Caracas

Formaciones cuaternarias del valle de Caracas

La geometría de las formaciones cuaternarias en el valle de Caracas (fig.8) está afectada por condiciones morfoclimáticas y además por las deformaciones tectónicas contemporáneas y posteriores a su depósito. (*SINGER. 1977*).

Esta influencia se ve marcada en mayor medida debido a la intensa deformación cuaternaria sufrida al norte de Venezuela. En diversos sectores subsidentes durante el Cuaternario la tendencia de hundimiento es tal que se ha invertido el proceso actual de encajonamiento de los ríos en sus aluviones (*SINGER. 1977*)

Hacia la parte oriental del valle de Caracas se refleja una gran subsidencia dado por estudios geofísicos realizados por *KANTAK (2001)* que muestran un hundimiento en el sector de Sebucán y Los Palos Grandes.

Esta característica de los sedimentos detríticos del valle de Caracas conduce a pensar que la subsidencia acelerada de la parte oriental del valle no explica por sí sólo la extensión excepcional de las formaciones holocenas. *SINGER (1977)*. Es por eso que propone una serie de eventos de gran envergadura cuya naturaleza hidráulica contribuya con el relleno de la depresión.

SINGER (1977) Realiza diversas observaciones en las riberas del río Guiare y halla que las terrazas que dominan las vegas del río presentan varios metros de espesores de “limo arenoso de desborde y capas de lodo holoceno que sepultan un paleoceno del Cuaternario Superior perteneciendo a aluviones infrayacente”.

3.2. Cordillera de La Costa

Esta es la región más extensa y la más compleja en cuanto a geología se trata. El gran número de unidades descritas se presentan en orden geográfico de norte a sur y se subdivide según las diversas napas, siguiendo los criterios de URBANI Y RODRÍGUEZ.

❖ **Napa Ávila (Paleozoico, con una unidad Proterozoico) - Súper asociación Ávila.**

- **Augengneis de Peña de Mora. (Mesoproterozoico).**

AGUERREVERE Y ZULOAGA (1937): esta unidad la describieron como augengneis que interpretaron como formado por inyecciones de “lit par lit” de un magma granítico en roca laminar.

DENGO (1951,1953): complementa esta descripción con niveles sin estructura augen, capaz de cuarcita y diques de aplita, que generalmente no sobrepasan 30 cm de espesor, del mismo modo incluye lentes de mármoles en la parte superior del augengneis.

WEHRMANN (1972): amplia la Formación Peña de Mora definiéndola como un complejo ígneo-metamórfico equivalente lateral de La Formación Las Brisas que prácticamente forma el núcleo de la Cordillera de la Costa, incluyendo augengneis gruesos y bandeados, gneis de grano fino a medio, algunas cuarcitas delgadas, esquistos cuarzo – moscovíticos y ocasionalmente anfibolitas, mármoles delgados, así mismo dentro de esa secuencia identifica cuerpos dispersos de roca ultramáficas, máficas y félsicas. Encuentra que los augengneises son de colores claros ligeramente verdosos y meteorización marrón claro.

Partiendo del trabajo de WEHRMANN (1972), OSTOS (1981) pudo cartografiar a los augengneises como unidad separada a los demás tipo de roca, que autores anteriores habían adicionalmente incluido dentro de la Formación Peña de Mora.

URBANI Y OSTOS (1989) proponen volver al nombre original propuesto por AGUERREVERE Y ZULOAGA (1937) de Augengneis de Peña de Mora para referirse únicamente a los cuerpos dispersos de augengneis y gneises de grano grueso.

URBANI (2008) describe a la Formación Peña de Mora como a un granito porfirítico de grano grueso, metamorfozido y fuertemente deformado milonitizado, siendo la única unidad de la Serranía del Litoral de edad Precámbrica conocida de 1,5 Ga. Por convención este nombre se ha usado en la cartografía geológica de todos los cuerpos de augengneis de la Serranía, pero en realidad lo más probable es que puedan ser de edades diversas.

Localidad Tipo

Se ubica en la antigua carretera de Caracas a La Guaira, encima del túnel Boquerón 1 de la Autopista Caracas-La Guaira. URBANI Y OSTOS (1989) proponen una sección de referencia en el curso bajo del río Chichiriviche, estado Vargas.

Edad

OSTOS *ET AL.* (1989) presentan una isócrona Rb-Sr de roca total que corresponde a una edad de 1.560 ± 83 Ma, incluyendo dos muestras de la localidad tipo y una del río Chichiriviche. KOVACH *ET AL.* (1979) presenta otra isocrona obtenida con tres cantos rodados de gneis (Complejo San Julián) de la quebrada San Julián dando una edad de 220 ± 20 Ma. Estos escasos y divergentes datos geocronológicos, impiden una mayor precisión en la asignación de una edad a esta unidad. Por tal motivo, se ha sugerido una edad de Precámbrico-Paleozoico para la Súper-Asociación Ávila.

URBANI (2008) las unidades integrantes de ésta súper-asociación corresponden a procesos ocurridos en la corteza continental

❖ Napa Caracas (Paleozoico-Mesozoico)-Asociación Metasedimentaria Caracas (Jurásico Tardío a Cretácico Medio)

- Esquistos de Las Mercedes (unidad mayoritaria)

AGUERREVERE Y ZULOAGA (1937,1938) definieron la unidad en esquistos calcáreos con zonas grafitosas y arenosas, micáceos, piríticos. Hacia la base de la Formación hay

intercaladas masas de caliza de grandes dimensiones (Lira y El Encantado, al E. de Caracas) que recuerdan en el aspecto a las calizas de la Formación Villa de Cura. WEHRMANN (1972) Y LA REVISIÓN DE GONZÁLEZ DE JUANA *ET AL.* (1980) describieron la Formación en esquistos cuarzo – moscovítico – calcítico – grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado “Caliza de Los Colorados”. Las rocas presentan grano fino a medio, caracterizándose con un color gris pardusco.

SEIDERS (1965) describe la unidad como una metarenisca pura, feldespática y cuarcífera, de estratificación de grano variable, a veces gradada.

URBANI (2008) encuentra que el predominio de las rocas es de protolito pelítico, de color gris oscuro a negro (esquisto o filita) con grafito y de mineralogía diversa, indica también la presencia escasa de mármol interfoliado desde niveles milimétricos hasta decamétricos.

Localidad Tipo

Antigua Hacienda Las Mercedes al este de Caracas, estado Miranda. Pero el crecimiento del urbanismo ha generado la desaparición de los afloramientos de la localidad tipo. WEHRMANN (1972) propone como sección de referencia a la Carretera Petare-Santa Lucía, donde queda expuesta una sección casi continua hasta su transición con el Esquisto de Chuspita.

Edad

Por las asociaciones de fósiles poco diagnósticas presentes en dicha formación, se sugiere una edad Mesozoica, sin diferenciar

- Esquistos Las Brisas

AGUERREVERE Y ZULOAGA (1937) describen a la unidad en un metaconglomerado basal arkósico con cantos rodados derivados de la roca basal de Sebastopol, redondeados o subangulares hasta de 30 cm. De diámetro, cantos de cuarzo, cemento principalmente silíceo.

DENGO (1951) observa que la mayor parte de la unidad está constituida por esquistos cuarzo – micáceo, y cartografía, separadamente y con rango de miembros, al mármol de Zenda y al gneis microclínico.

SMITH (1952) divide la formación en dos miembros: miembro inferior, constituido por gneises y esquistos microclínicos conglomeráticos y miembro superior, formado casi enteramente por esquistos sericíticos.

WEHRMANN (1972) 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.

URBNI (2008) describe a la unidad como roca de protolito mayormente psamítico, como esquistos cuarzo micáceo, metaarenisca y metaconglomerado. Explica que las unidades de esta asociación fueron sedimentadas en un margen continental pasivo. Por observaciones recientes sugieren que el contacto original es tectónico, donde el evento metamórfico posterior en la facies del esquistos verde sobreimpuso una foliación concordante entre ambas unidades.

Localidad Tipo

Se encuentra situado a unos 4 Km al sur de El Valle, en la carretera de Coche hacia el embalse de La Mariposa, Distrito Capital, pero la localidad tipo ha sido removida casi en su totalidad por el urbanismo. Se pueden observar afloramientos, no muy bien expuestos, en los taludes de la Autopista Caracas-Valencia, cercanos al sector conocido como la “Bajada de Tazón”.

Edad

Dos hallazgos paleontológicos indicaron una edad Jurásico Tardío y Jurásico-Cretácico. También la edad se puede establecer por distintos modelos de evolución de la Cordillera de la Costa propuestos por diversos autores, siendo la misma Jurásico-Cretácico.

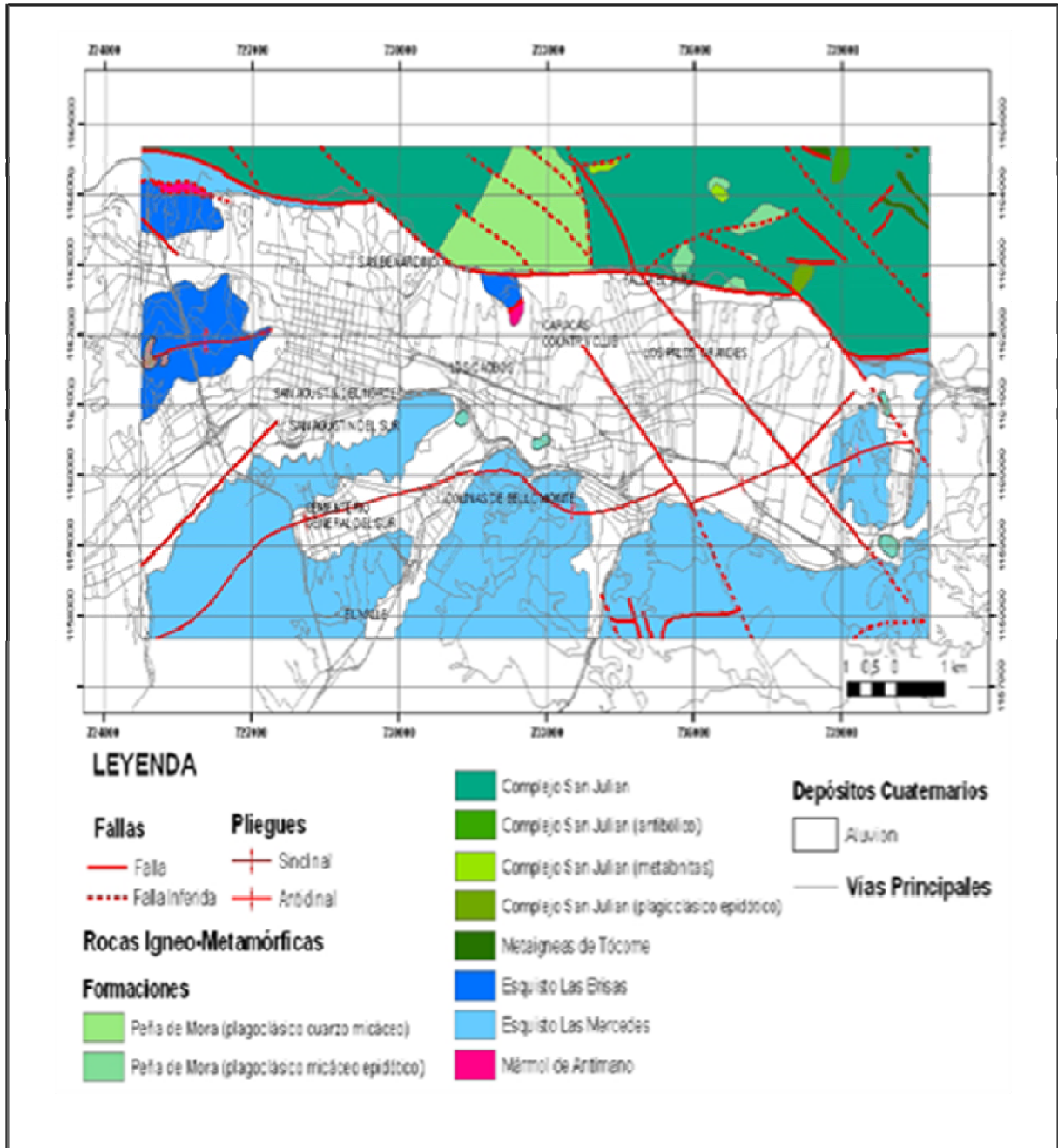


Figura 3.1. Unidades litológicas de Caracas, base topográfica 1:25.000. (Urbani, *et al.* 2004).

3.3. Geología Estructural

De acuerdo a AUDEMARD *et al.* (2.000), una de las fallas más importante de la zona es la Falla Pichao (VE-08e), la cual tectónica pertenece al Sistema de Fallas de La Victoria, que se extiende desde Las Tejerías al Oeste hasta Cabo Codera al Este, aproximadamente por unos 118 Km, con rumbo promedio N 76° E ± 3°, de componente vertical sub-vertical, y horizontal dextral.

Las expresiones geomorfológicas de esta falla se identifican sobre las rocas de edad Mesozoica que afloran en la zona (Esquisto Las Brisas y Las Mercedes), y se caracterizan principalmente por el desplazamiento lateral dextral de drenajes, el control de topografía es evidenciada a través de presiones en las trincheras y en elevaciones tipo *pop ups*, formación de valles lineales (como lo es el caso del valle de Aragua), con poca evidencia de deformación Cuaternaria debido a que la tasa de sedimentación es más rápida que el movimiento que la falla.

Otra de las fallas importantes que atraviesa el valle de Caracas y que esta cartografiada en el mapa geológico, constituye un graben que está controlado por la falla Tacagua - El Ávila, al norte de la ciudad, en la vecindad del trazado de la avenida Boyacá y por el cauce del río Guaire, al sur de la ciudad.

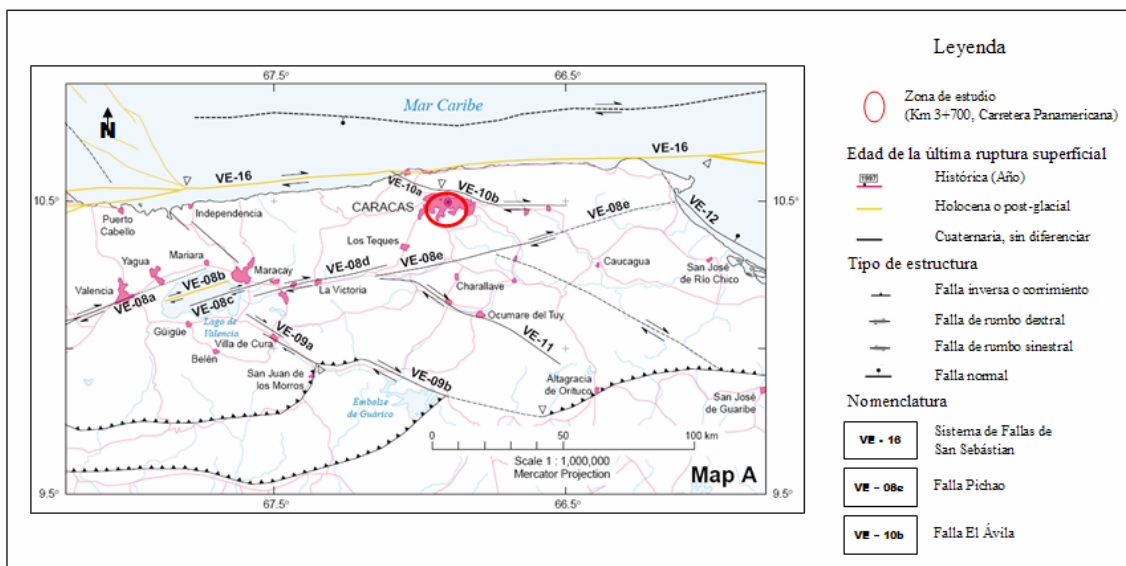


Figura 3.2. Mapa de Fallas Cuaternarias de Venezuela (Tomada de AUDEMARD *et al.* 2.000)

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA LOCAL

4.1. Generalidades

Después de haber culminado la etapa de campo se ha realizado una compilación de todo el material geológico-geotécnico, en la que se identificó principalmente una unidad litodémica descrita como: Esquisto de Las Mercedes.

Basándose en el perfil de meteorización desarrollado en algunas colinas del sur de Caracas y tomando en cuenta que el suelo de la zona proviene de una alteración química y física de las rocas, a continuación se presenta el listado y la descripción de campo de cada estación de control.

4.2. Descripción de los afloramientos (zonas de muestreo).

De seguidos se describe en forma detallada cada una de las estaciones que se estudiaron, de acuerdo a su unidad litodémica, como se aprecia en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Ubicación de muestras y estaciones de trabajo.

MUESTRA Y ESTACIÓN	UBICACIÓN
M1-Estación 1	Caurimare. Av-ac3. Municipio de Baruta
M2-Estación 2	Caurimare. Av-ac. Municipio de Baruta
M3-Estación 3	Caurimare. Av-c. “Sector Tepuy” Municipio de Baruta
M4-Estación 3	Caurimare. Av-c. “Sector Tepuy” Municipio de Baruta

M5-Estación 4	Caurimare. Calle F. Municipio de Baruta
M6-Estación 5	Av. Principal de Caurimare. Edif Boulevard. Municipio de Baruta
M7-Estación 6	Caurimare. Calle ac-1. Municipio de Baruta
M8-Estación 4	Caurimare. Calle F. Municipio de Baruta
M9-Estación 7	Lomas de Las Mercedes. Calle La Peña. Municipio de Baruta
M10-Estación 7	Lomas de Las Mercedes. Calle La Peña. Municipio de Baruta
M11-Estación 8	Lomas de San Román. Calle Buenaire. Municipio de Baruta
M12-Estación 9	Lomas de San Román. Calle Buenaire. Municipio de Baruta
M13-Estación 10	Lomas de San Román. Calle La Colina. Municipio de Baruta

4.2.1 M2-Estación 2

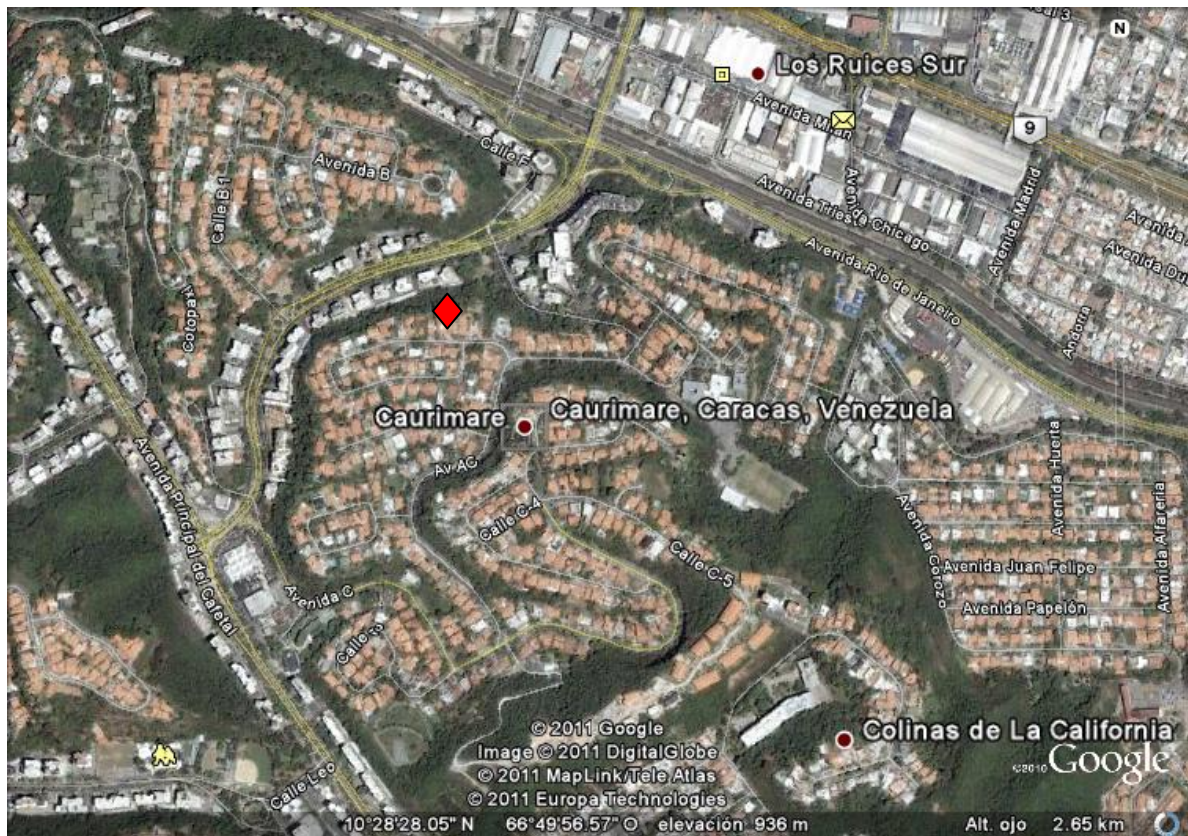


Figura 4.1. Ubicación M2-Estación 2 en la avenida A-C de la Urbanización Caurimare. Coordenadas geográficas E 737.050 y N 1.158.621.

Ubicación

La zona de estudio se encuentra al noreste de la ciudad de Caracas, limitando al norte con el aeropuerto La Carlota y al sureste con el Boulevard El Cafetal, específicamente pasando por el distribuidor de Los Ruices, subiendo por la avenida principal de Caurimare hasta llegar a la avenida AC, en donde se alcanzan alturas comprendidas entre 950 a 990 m.s.n.m. La ladera donde se realizó el levantamiento geológico se expone hacia el noreste.

4.2.1.1 Rasgos del talud.

El talud se encuentra ubicado en la avenida AC de la Urbanización Caurimare, se extiende 10 m de largo en la vía de acceso por 25 metro de alto, “presenta una exposición” con dirección sureste y tiene una pendiente fuerte.

Se observó evidencia de inestabilidad, constatada por la caída de material arrastrado por el flujo, el cual se depositó al pie del talud, que según NICHOLSON Y HENCHER (1997) responde a un proceso de descascaramiento por deterioro y lavado superficial, además de ésto se observaron desprendimientos de bloques del talud con un tamaño superior a 30 cm muy descompuestos y fracturados. Uno de los rasgos más significativos fue la descomposición del terreno producto de la acción del agua, posiblemente por la rotura de la tubería de drenaje de agua de lluvia (PVC de 4´´) perteneciente a la vivienda ubicada en la cima de la colina, la cual socavó parte de la ladera, sobresaturándola y haciéndola menos estable sobresaturándola, lo que llevó a la pérdida de consistencia del material ocasionando deterioro en el terreno y transporte de grandes partículas. Ver figura 4.2.



Figura 4.2. Talud ubicado en la avenida AC, con evidencias de desprendimiento de partículas y deterioro del terreno. En la parte superior se observan plásticos colocados sobre el material que sirve como manto impermeabilizante para evitar que el terreno sature producto al agua.

Se observó la presencia de roca que afloraban con un grado de meteorización alto, que va desde muy meteorizada a descompuesta según el perfil de meteorización tomado de VALLEJO (2002), del mismo modo se tomó otra referencia por parte de los autores PHILLIPSON Y BRAND (1985), la roca muestra tonalidades rojizas para las partes meteorizadas y colores rosado claro y marrón para el color fresco y fue descrita como esquisto calcáreo micáceo (principalmente moscovita) cuarzoso, con contenido grafitoso en unas zonas.

No se logró hacer las mediciones de las estructuras y descripción más detallada por la gran inestabilidad que presenta el talud.



Figura 4.3. Talud de corte en la avenida AC de la urbanización Caurimare con evidencias de desprendimientos de troncos, ramas, movimientos de cantos y fragmentos de material rocoso meteorizadas.

4.2.1.2 Descripción del perfil de meteorización.



Figura 4.4. Vista en campo de los horizontes I y II donde reflejan cambios del comportamiento del talud y variaciones en la litología que permiten describir e identificar el tipo de perfil de meteorización presente.

En esta estación se identificaron dos tipos de horizontes, que están subdivididos por subhorizontes descrito como saprolito correspondiente al horizonte I y roca muy meteorizada perteneciente al horizonte II propuesto por Deere y Patton (1971).

A continuación se presentan las características de estos dos horizontes del perfil.

Horizonte II: Roca meteorizada

II-B. Roca muy meteorizada entre el 50-90% roca sólida

La roca que conforma este horizonte pertenece a la subunidad de esquistos calcáreos moscovíticos, cuarzosos, el cual meteoriza a tonos blanquecinos y amarillentos y para el color fresco coloraciones rosáceas.

La litología perteneciente presenta una resistencia baja, evidenciada a través de 2 golpes de martillo de sonido grave, que permitían fracturar la roca, por lo que se calificó al material como una roca meteorizada blanda fracturada, RMbf.

Uno de los rasgos relevante de esta litología es presentar deformación, alto grado de meteorización evidenciado en campo por las coloraciones rojizas producto a la alteración de los minerales con contenido de óxido, otorgándole mayor debilidad a la roca.

Los planos de foliación constituyen el sistema de discontinuidades más notorio, mostrándose que, debido al plegamiento los mismos presentan orientaciones variadas.

Otro sistema de discontinuidades observado está conformado por diaclasas, las cuales fueron observadas cinco familias de ellas, presentando diferentes orientaciones en el afloramiento debido al plegamiento persistente.

Horizonte I: Saprolito:

I-A. Saprolito: 0% de roca sólida

Esta subunidad es un suelo con características areno-arcilloso, mostrando tonalidades claras como el blanco para el color meteorizado y pardo claro para el color fresco, al ser manipulado con los dedos mostró baja resistencia y se presenta una textura granular, no se requirió de una presión considerable para formar hilitos de 3 milímetro de diámetro, puesto que el material para el momento de estudio se presentó húmedo. El espesor aproximado de este subhorizonte es de 5 m.

El área presenta problemas especiales de inestabilidad, unas de las razones es debido a los agentes climáticos y exodinámicos.

4.2.2 M11-Estac11: Lomas de San Román

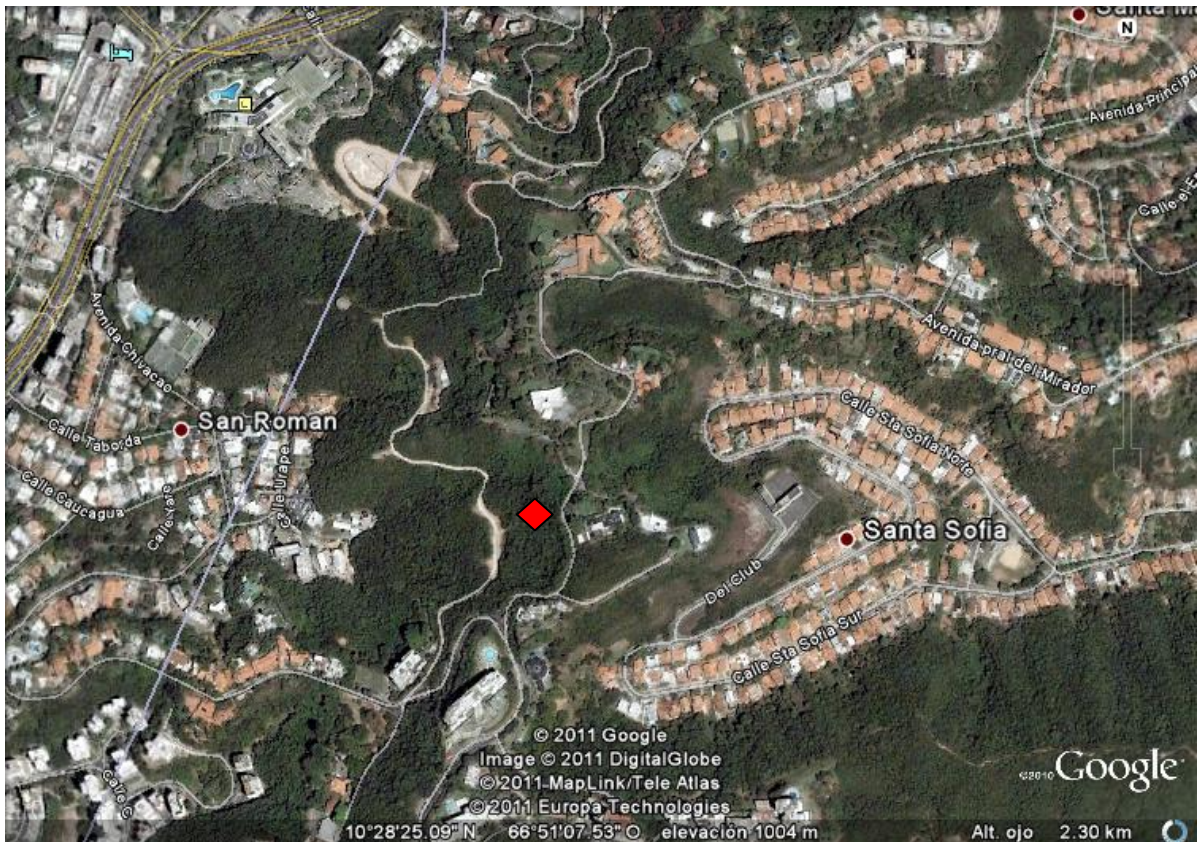


Figura 4.5. Ubicación M11-Estac 11, subiendo por la calle Buenaire. Coordenadas geográficas E 735.126 y N 1.158.055.

Ubicación

Aflora al Noreste de la primera unidad geomorfológica, ubicado en la carretera Colinas Del Mirador, hacia la cima de una de las colinas de exposición noreste del sector San Román.

4.2.2.1 Rasgos del talud

Se trata un talud de corte con una extensión de 50m de largo por 20 de alto, orientándose respecto al norte 35° al oeste, exhibiendo una pendiente seudovertical de 80° al norte. (Figura 4.6).



Figura 4.6. Detalle del talud ubicado en Colinas de San Román subiendo por la calle Buenaire, el cual se muestra los rasgos característicos del horizonte II, hacia la parte izquierda se muestra una roca decolorada color anaranjado claro meteorizada, mientras que del lado derecho el color cambia a gris oscuro.

El talud se presenta con evidencias de inestabilidades previas, tales como: descascaramiento del macizo rocoso acumulándose a los pies del talud, despredimientos de fragmentos de la roca en toda la vía, a menos de 20 metros a lo largo de calle Buenaire se observó un deslizamiento de un talud perteneciente a una residencia en el cual se caracterizó por un material areno arcilloso con contenido de grava, determinándose para el color meteorizado tonos que van desde anaranjado a rojizo y para el color fresco tonos que van desde pardo oscuro, amarillo y marrón. (Figura 4.7). La roca se describió como RMdf

MARCANO (1974), en su estudio hacia los alrededores de San Román, estableció por medio de análisis petrográficos una composición mineralógica constituida mayoritariamente por carbonatos, cuarzo, y en menor proporción óxidos de hierro, muscovita, así como también trazas de grafito, clorita y sericita.



Figura 4.7. Vista en campo de materiales granulares color marron con anaranjado arrastrados por el flujo. Se observan un grupo de obreros trabajando para la estabilización del talud ubicado en las Colinas de San Román.

El material rocoso se encuentra muy plegado y fracturado haciendo casi imposible establecer un patrón preferencial en cuanto a sus orientaciones y mediciones, se establecieron de 3 hasta 6 familias de planos de foliación. El tipo de pliegue fue calificado como: plegamientos disarmónicos que se visualizaron a lo largo del todo el talud.

La resistencia de la roca en una zona es muy baja, se puede triturar el esquisto con las manos y en la otra parte se requirió de más de tres golpes con el martillo y pico para poder fragmentar el material y obtener una muestra representativa, describiendo el material como roca muy meteorizada dura fracturada (RmMdf).

4.2.2.2 Descripción del perfil de meteorización.

En el sitio se identificaron dos horizontes del perfil de meteorización, tal como lo expone DEERE Y PATTON (1971), los cuales se detallan a continuación:

Horizonte II: Roca meteorizada

II-A. Roca parcialmente meteorizada: más del 90% es roca sólida.

En esta subunidad se identifican esquistos calcáreos cuarzosos, tal como lo establece MARCANO (1974) posee una mineralogía rica en carbonatos y cuarzo, seguida en menores proporciones por óxidos de hierro, muscovita (efesita) y trazas de grafito, clorita y sericita. Del mismo modo en concordancia con lo establecido por GONZÁLEZ DE JUANA (1988); hace la salvedad de que el mineral más abundante está representado por carbonatos, que le atribuyen una marcada reacción efervescente ante el ácido clorhídrico. El segundo mineral en abundancia es el cuarzo, así como constituyentes micáceos representados por la muscovita, también se hacen abundantes los óxidos de hierro, debido a los efectos de meteorización, a esta composición se le suman trazas de clorita y grafito.

La característica más resaltante de estas rocas es su intenso diaclasamiento y plegamiento, aprovechado por precipitados de cuarzo, que adoptan estructuras de lentes y vetas paralelas y perpendiculares a la foliación. (Ver figura 4.8)

Durante el trabajo de campo se pudo apreciaren en el tope del talud se observan planos de foliación, pero en vista de la limitación existente en su acceso no se concretó la toma de la orientación. Aun así se puede afirmar que mantiene una orientaciónseudoparalela a la carretera donde se encontraba el talud.

Los colores predominantes en la roca son con tonalidades grises a negros para los meteorizados y para los frescos sigue manteniendo las tonalidades claras como rosados.



Figura 4.8. Vista de un talud de corte donde aflora una roca meteorizada color gris negruzco con alto grado de deformación producto al plegamiento, nótese que entre los planos de foliación se formaron vetas de cuarzo.



Figura 4.9. Vista detallado del intervalo descrito como horizonte II, donde se observa fragilidad y rotura en los planos de foliación al darle golpes con el martillo, exponiendo un color fresco rosado claro y para el meteorizado gris claro.

II-B. Roca muy meteorizada: entre el 50-90% de roca sólida.

Constituido por material rocoso muy meteorizado, de igual forma perteneciente a la subunidad de Esquistos calcáreo cuarzosos, el cual se encuentra embebido dentro de una matriz de material suelto y de grano fino color marrón amarillento.



Figura 4.10. Vista detallada del perfil de meteorización, descrito como horizonte IIB, nótese que en la parte superior la roca se observa algunos plegamientos descritos como disarmónicos y en la parte inferior el afloramiento se encuentra cubierto por vegetación.

En conjunto, este horizonte meteoriza a tonos oscuros amarillentos grisáceos por el componente de roca, con tonalidades mucho más claras para el color fresco.

Presenta muy baja resistencia al tratar de ser fracturado, ya que es un material muy débil, fácilmente fracturado con un solo golpe de martillo, de acuerdo a estas características se designó el material rocoso de este subhorizonte como una roca muy meteorizada, blanda, RmMb; no reacciona con el ácido clorhídrico.

4.2.3 M12-Estac12: Lomas de Las Mercedes

Ubicación

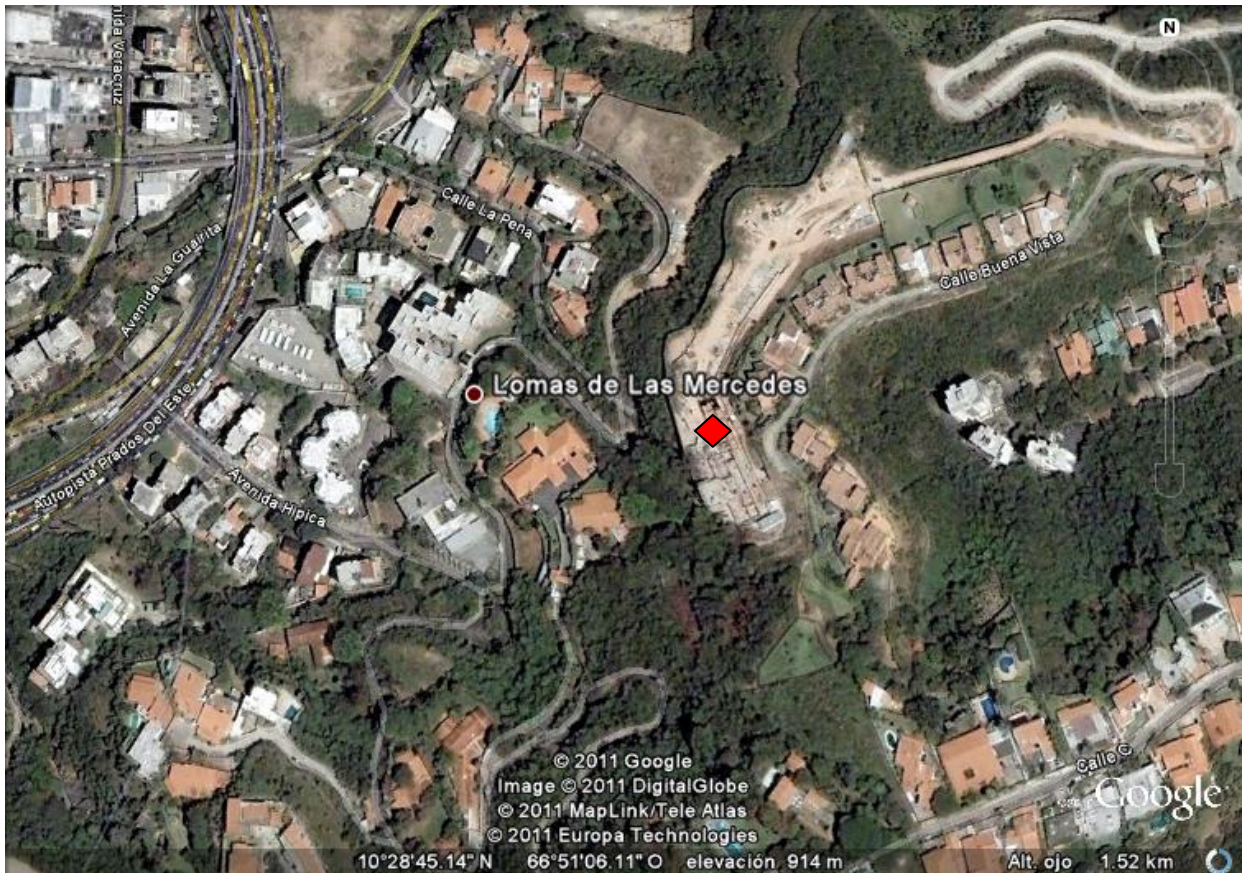


Figura 4.11. Ubicación M11-Estac11 la cual se encuentra entrando a la avenida la Guairita, subiendo por la calle la Peña. Coordenadas geográficas E 735.146 y N 1.159.277

El sitio está ubicado al sureste del valle de Caracas, específicamente en el sector Las Mercedes, subiendo por la calle La Peña, en donde se alcanzan cotas comprendidas entre 885 y 900 m.s.n.m. La ladera donde se ubica esta estación se expone en dirección norte. (Figura 4.11).

4.2.3.1 Rasgos del talud

El levantamiento se desarrolla a lo largo de un talud de relleno de 35m a lo largo de la vía por 20 m de alto el cual se encontraba estable, no obstante se evidencian signos de deslizamientos previos por la existencia de bloques y cantos caídos, lavado superficial de material suelto y desgaste del material rocoso (descascamiento), el cual se acumuló a los pies del talud.

Con respecto a las discontinuidades del afloramiento se pudo constatar que el material rocoso se encontraba con altos niveles de deformidad debido a los pliegues y fracturas observadas, dejando como resultado varias familias de foliación y diaclasa con diferentes orientaciones, por ello no se pudo definir un patrón de orientación al talud.

Del mismo modo se pudo apreciar la existencia de vetas de cuarzo paralelas a los planos de foliación, otorgándole resistencia al macizo rocoso. Esta característica se pudo comprobar durante el trabajo de campo, al efectuar golpes con el martillo sobre el macizo.

En algunos sectores la vegetación era abundante motivados a la época de lluvia presente. Aunque en estas áreas no se podía reflejar todas las características del talud, en otro si se logró realizar la descripción geológica por no presentar dicha limitación.



Figura 4.12. Detalle del talud en M11-ESTC 11, indicando horizontes de meteorización, nótese la variación del tipo litológico y de estructuras de deformación (plegamientos).

4.2.3.2 Descripción del perfil de meteorización.

En este sector se pudieron identificar los tres horizontes del perfil de meteorización, tal como lo expone Deere y Patton (1971), los cuales se detallan a continuación:

Horizonte II: Roca meteorizada

II-A. Roca parcialmente meteorizada: más del 90% es roca sólida.

Este se compone de rocas pertenecientes a la subunidad de Esquistos calcáreo cuarzosos, el cual está ubicado hacia la parte inferior del Esquisto de las Mercedes, cerca del contacto con el Esquisto de las Brisas.

En este horizonte los colores meteorizados que se exhiben son tonalidades como grisáceas y amarillentas mientras que los colores frescos son rosados y pardos claros. (Figura 4.13).

Dentro de las características más relevantes en esta estación se encuentra el intenso grado de deformación evidenciado a través del plegamiento disarmónico, con vetas de calcita y cuarzo, de espesores que varían entre 5 centímetros y 20 centímetros paralelos a la foliación.

Ofrece una alta resistencia a ser fracturada, que obedece a más de tres golpes de martillo, por lo que se le calificó como una roca meteorizada dura poco fracturada, RMdpf.

Presenta muy baja reacción con el ácido clorhídrico.



Figura 4.13. Representación en campo del perfil de meteorización indicado como horizonte IIB, el afloramiento se mostró rodeado de vegetación, además se puede observar pequeños plegamientos en la roca , así como también las vetas de calcita entre los planos de foliación.

II-B. Roca muy meteorizada: entre el 50-90% de roca sólida.

Este tramo está constituido por material rocoso muy meteorizado, perteneciente a la subunidad de Esquistos calcáreo cuarzosos, en esta unidades también se observaron material suelto, constituido por granulometría fina color rasado claro.

Según lo apreciado en campo, el factor predominante en esta litología es la presencia de vetas de calcitas paralelas a la foliación estando en concordancia con lo establecido por el Léxico Estratigráfico referido a esta zona.



Figura 4.14. Vista del perfil de meteorización, indicado como horizonte IIB, mostrando una roca muy meteorizada con vetas de calcita entre los espacios de los planos de foliación.

El material fino que envuelve el material rocoso, se aloja en los espacios vacíos de la roca como diaclasas, otro rasgo que se observó son las vetas de calcita entre los planos de debilidad (foliación) ver figura 4.14.

En conjunto, este horizonte meteoriza a tonos oscuros grisáceos por el componente de roca, con coloraciones mucho más claras para el color fresco.

Presenta muy baja resistencia al tratar de ser fracturado, ya que es un material muy fisil, fácilmente fracturado con un solo golpe de martillo, de acuerdo a estas característica se designó el material rocoso de este subhorizonte como una roca muy meteorizada, blanda, RmMb.

Horizonte I: Suelo residual

Muestra de color marrón amarillento, con un tamaño de grano que va desde 0.25 milímetros hasta 3 milímetros de diámetro con una distribución de tamaños de granos poco homogénea, ocasionalmente se observaron granos con tamaños entre 5 y 7 milímetros, pero estos tamaños no fueron incluidos dentro de la distribución de tamaños por ser o bien fragmentos de roca o provenientes de vetas de cuarzo. (Figura 4.15).



Figura 4.15. Vista en campo del horizonte I-A, nótese la descomposición física de la roca a tal punto en llegar a convertirse en suelo residual, las cuales modifican sustancialmente los parámetros de resistencia y permeabilidad. Se observa al pie del talud material acumulado por arrastre y descascaramiento y en la parte superior se observa horadaciones formadas por la percolación del agua durante escorrentías o por las pasadas lluvias intensas en la Capital.

Se muestra una estructura masiva homogénea, de consistencia semi-dura, con una resistencia a la compresión de media a alta al tratar de ser pulverizado con los dedos, con una resistencia a la compresión de media a alta al tratar de ser pulverizado con los dedos.

En cuanto al contenido de humedad, este suelo se presenta seco para el momento del levantamiento, con una reacción rápida de dilatación al humedecerla; se requiere de una presión considerable para formar hilos de 3 milímetros de diámetro, lo que permitió calificar el material con un índice de tenacidad media. El espesor promedio que alcanzó el suelo residual es de 4.5 metros.

De acuerdo a las características cualitativas antes mencionadas y en base a la distribución granulométrica, se designó este horizonte como un material compuesto por arena, limos y un porcentaje minoritario de arcilla por lo que se le calificó como una arena limosa con escasa cantidad de arcilla, SM.

4.2.4 M12-Estac12: Lomas del Mirador

Ubicación

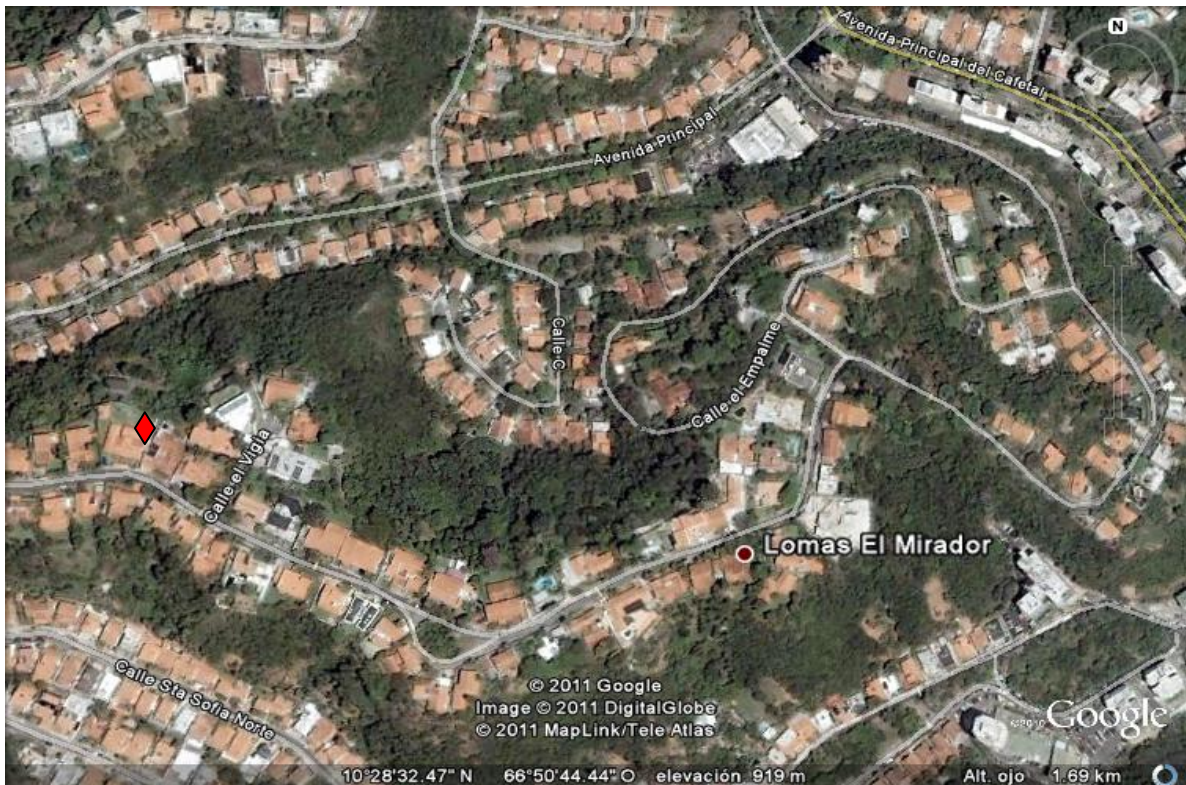


Figura 4.16. Ubicación de M12-Estación 12, subiendo por Lomas de Las Mercedes, avenida principal del Mirador. Coordenadas geográficas E 735.388 y N 1.158.762

La zona de estudio se encuentra al sureste del valle de Caracas dentro de la urbanización Lomas del Mirador entrando por la Avenida principal, en el sector las Mercedes.

4.2.4.1 Rasgos del talud

La roca aflora en la fachada de una de las casas de la zona llamada La Concheta, tiene una extensión de 5 metros de largo por 1,2 metros de alto. No se evidencia muestras de deslizamientos, visualmente estable y muy resistente.

Ofrece una alta resistencia a ser fracturada, que requiere a más de cinco golpes de martillo.



Figura 4.17. Vista del perfil de meteorización indicado como horizonte II A. Se observa una roca más fresca en comparación con otros perfiles, los planos de diaclasa están bien definidos y casi paralelos unos de los otros. El color blanco de se debe a la cristalización de cuarzo, mientras que gris oscuro es el propio de la roca.

Se observan de una a dos familias de diaclasas a lo largo del afloramiento, mientras que los planos de foliación no se manifiestan tanto como en otros perfiles, debido a que en esta zona la roca tiende a ser más masiva, presentando características más gnéicas que esquistosas.

Lo que más resalta de este talud es el desarrollo de cuarzo en las caras diaclasadas, es por ello que muestra alta resistencia y dureza.

4.2.4.2 Descripción del perfil de meteorización

Horizonte II: Roca meteorizada

II-A. Roca parcialmente meteorizada: más del 90% es roca sólida.

En este sector se exhiben tonalidades grisáceas claras y oscuras con parches blancos, producto a la recristalización del cuarzo.

Uno de los rasgos más característicos de esta roca es su textura gnéica con cuarzo en forma de vetas y boudines, en líneas generales se muestra estable y con manchones negros producto a la meteorización.



Figura 4.18. Vista del horizonte II. Se observa planos de diaclasas bien representativos y se hizo la medición en uno de ellos. Este frente se presenta como fachada de una vivienda con el nombre Quinta Concheta.

4.3 Descripción petrográfica

4.3.1 Descripción de la muestra M2-Estación 2, ubicada en la Urbanización Caurimare, avenida AC.

Se realizó un estudio por medio de análisis petrográfico que permitió establecer una composición mineralógica principalmente carbonática, mostrando otros tipos de litologías como: cuarzo, micas, grafitos y óxidos.

Se establecieron en orden de abundancia los siguientes porcentajes: 45% de calcita, 25% de cuarzo, 20% de minerales del grupo de las micas principalmente muscovita, 15% grafito y por último 5% de minerales óxidos.

La roca es de origen metamórfico, con una fábrica hipidioblástica, textura foliada, bien marcada definida por los minerales hojosos (micas), la cual presenta micropliegues y color marrón oscuro por el óxido de hierro (ver figura 4.19).

El cuarzo se presenta de modo policristalino (ver figura 4.20) y suturado con las micas, la calcita presenta alto relieve, la extinción de la calcita es simétrica mostrando maclas bien definidas y el grafito se presentaba poco o muy oscuro.

El nombre que se le da a esta roca es un esquisto calcáreo cuarzo mucovítico con grafito.

A continuación se muestra una tabla estableciendo el tamaño de los minerales por orden de abundancia (Tabla 4.1)

Tabla 4.1: Tamaño de los minerales

Objetivo ocular 10x = 0.25mm	
Mineral	Tamaño
Caliza	0,45 - 0,82 mm
Cuarzo	0,15 - 0,37 mm
Micas	0,15 - 0,30 mm
Grafito	0,37 - 0,9 mm

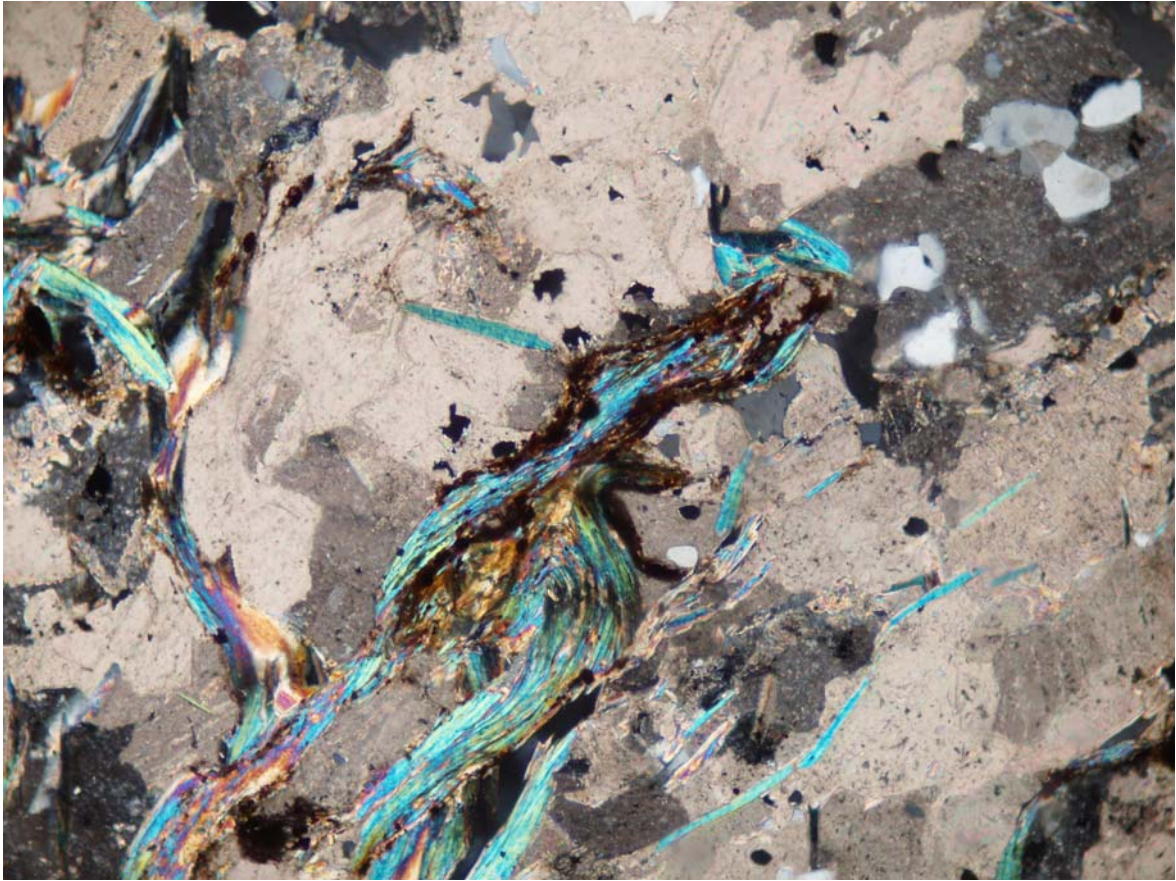


Figura 4.19. Objetivo #10 con nicols cruzados. Note en la sección petrográfica la muscovita deformada viéndose a través del microscopio como micropliegues, el mineral que se localiza alrededor de la mica color azul es el cuarzo y el color marrón recrystalizado en la mica son los minerales óxidos.

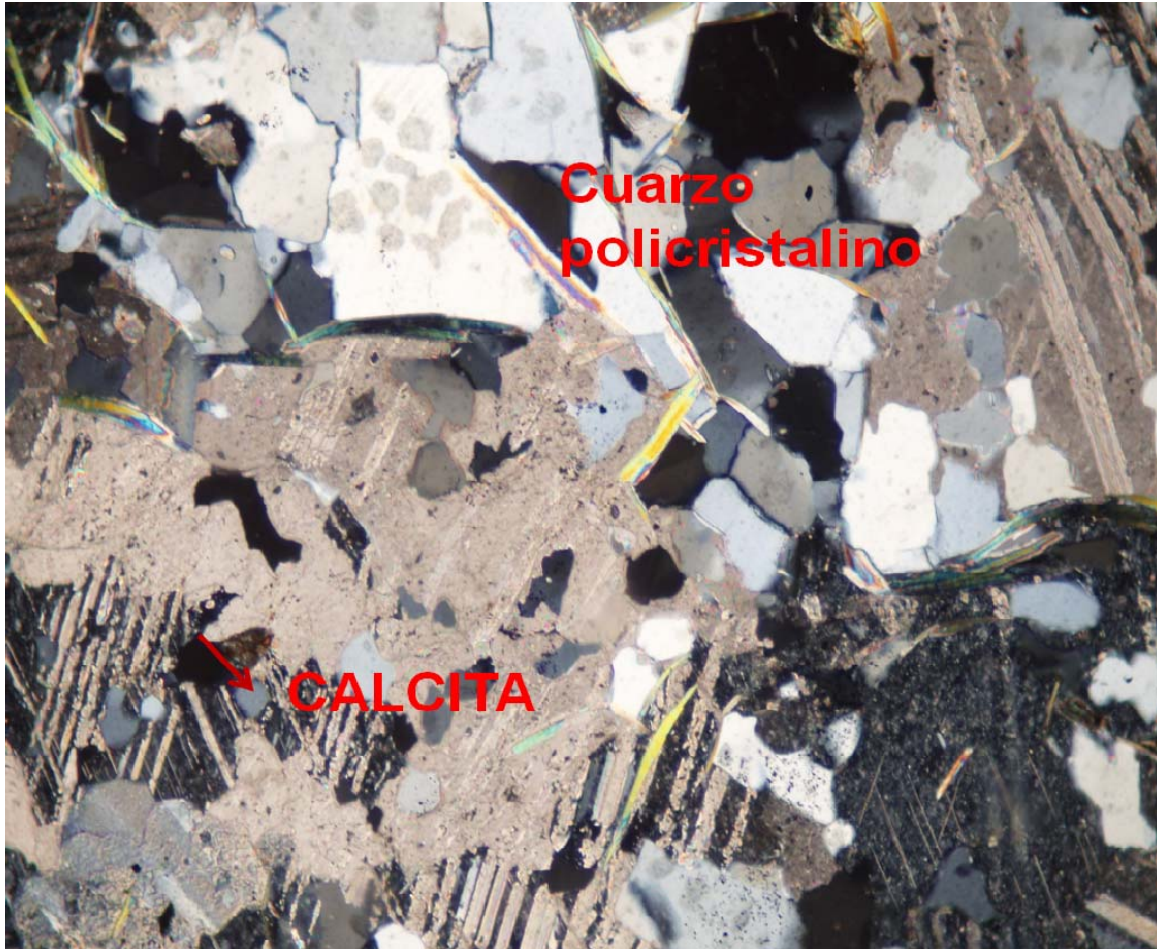


Figura 4.20. Note las maclas de la calcita y el cuarzo policristalino. La fábrica de esta sección se clasificó como subhedral.

4.3.2 Descripción de la muestra M12-Estación 9, ubicada en la calle Buenaire, urbanización Lomas de San Román.

Posee una mineralogía rica en carbonatos y cuarzo, seguida de minerales micáceos y grafitosos en menor proporción, específicamente se tiene, en orden de abundancia, las siguientes cantidades: 50% de calcita, 25% en cuarzo, 15% en minerales micáceos principalmente la muscovita y 10% entre grafito y óxidos.

La foliación esquistosa está definida por los minerales hojosos (muscovita) en este caso, los cuales se les observaron micropliegues producto a alto nivel de deformación de la roca que se observó en campo. EL cuarzo se presenta policristalino de extinción por lo

general ondulatoria, en el mismo orden de ideas se describió calcita con una extinción simétrica.

A continuación se muestra una tabla estableciendo el tamaño de los minerales por orden de abundancia (Tabla 4.2)

Tabla 4.2: Tamaño de los minerales

Objetivo ocular 10x = 0.25mm	
Mineral	Tamaño
Caliza	0,37 - 0,9 mm
Cuarzo	0,15 - 0,37 mm
Micas	0,15 - 0,25 mm
Grafito	0,15 - 0,37 mm

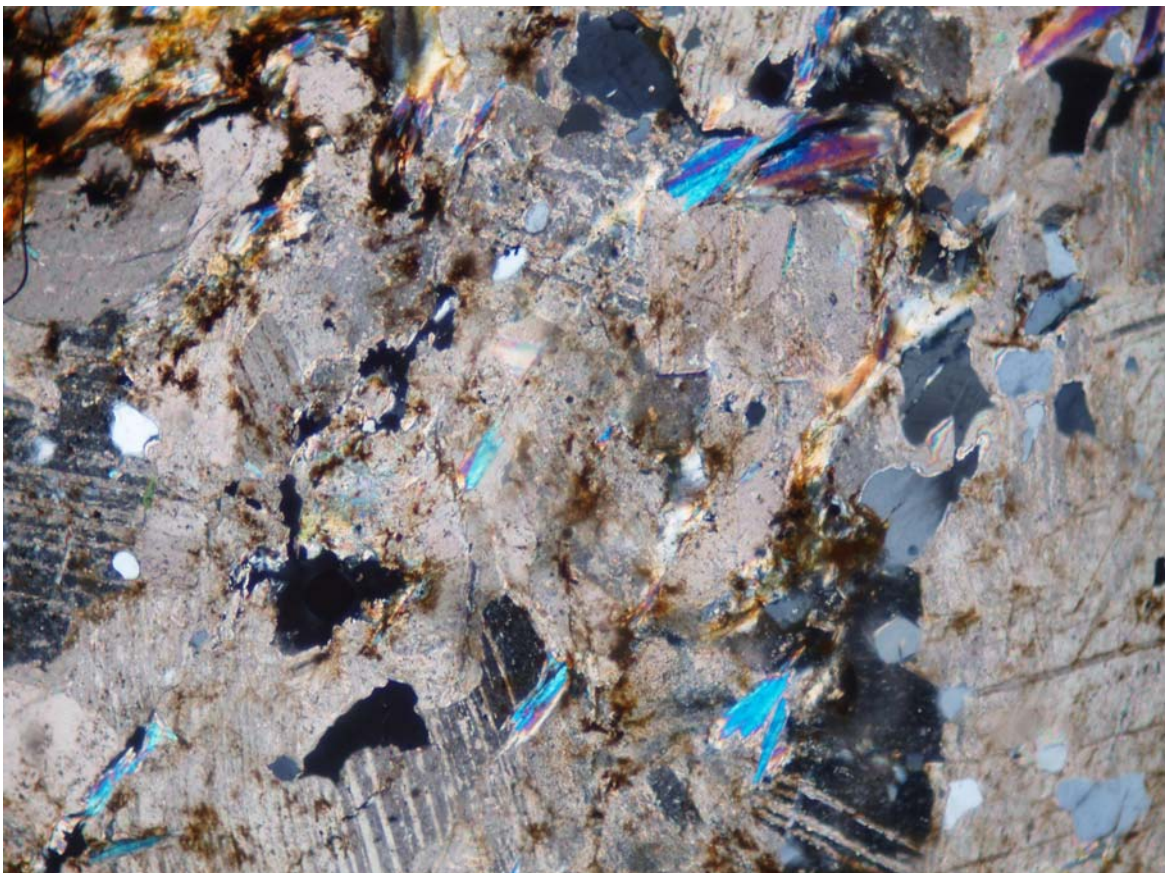


Figura 4.21. Sección petrográfica mostrando minerales de calcita maclados suturadas con cuarzo. En esta imagen el mineral que más domina es la de contenido carbonático y en menor proporción la muscovita.

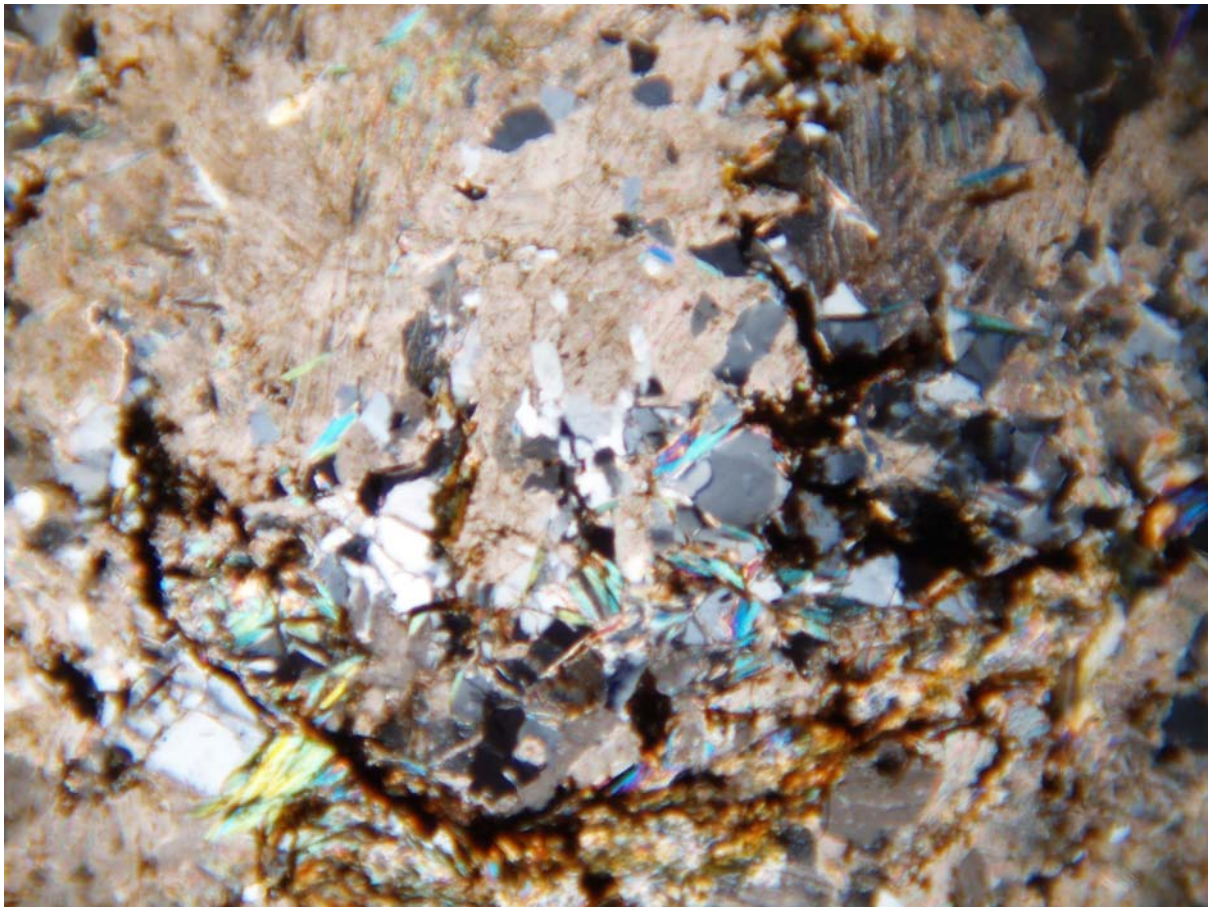


Figura 4.22. Observe que el cuarzo se presenta con mosaicos de extinción ondulatoria alrededor de la calcita que viene siendo el color marrón claro.

4.4. Perfil de meteorización en términos geotécnicos

En la primera parte de este capítulo se describieron tres tipos de horizontes divididos en subunidades que ayudaron a la clasificación del suelo y de la roca en los distintos tipos de afloramientos de las zonas de estudio. A continuación se presenta otro tipo de perfil de meteorización tomado de Vallejo, 2002 y otro perfil donde muestra los grados de meteorización empleados en Hong-Kong (Oficina de control geotécnico, 1979), para afianzar los conocimientos y tener otra perspectiva en cuanto a definiciones de perfil

de meteorización en términos geotécnicos se trata, tomando en cuenta las mismas descripciones que se hicieron en campo.

Tabla 4.3: Perfil de Meteorización de diferentes autores

Perfil de Meteorización según Deer y Patton (1971)	Perfil de grado de Meteorización (Hong-Kong)	Descripción del grado de Meteorización, según Vallejo 2002
HORIZONTE III	GRADO IV	DESCOMPUESTA A DESINTEGRADA
HORIZONTE II	GRADO III	
HORIZONTE I	IV-V	

4.5 Descripción geológica hacia la zona de Parque del Este, Bello Campo y aeropuerto La Carlota perteneciente al Municipio de Chacao.

La geología local para la zona ya mencionada se realizó utilizando las perforaciones de una base de datos aportada por FUNVISIS y las actuales hechas por C.A Metro, que junto con la interpretación de las fotografías aéreas, el levantamiento geológico dentro de las excavaciones de Metro se separaron en unidades litológicas, destacando aquel tipo de litología que dominase en la zona (ver figura 4.23).

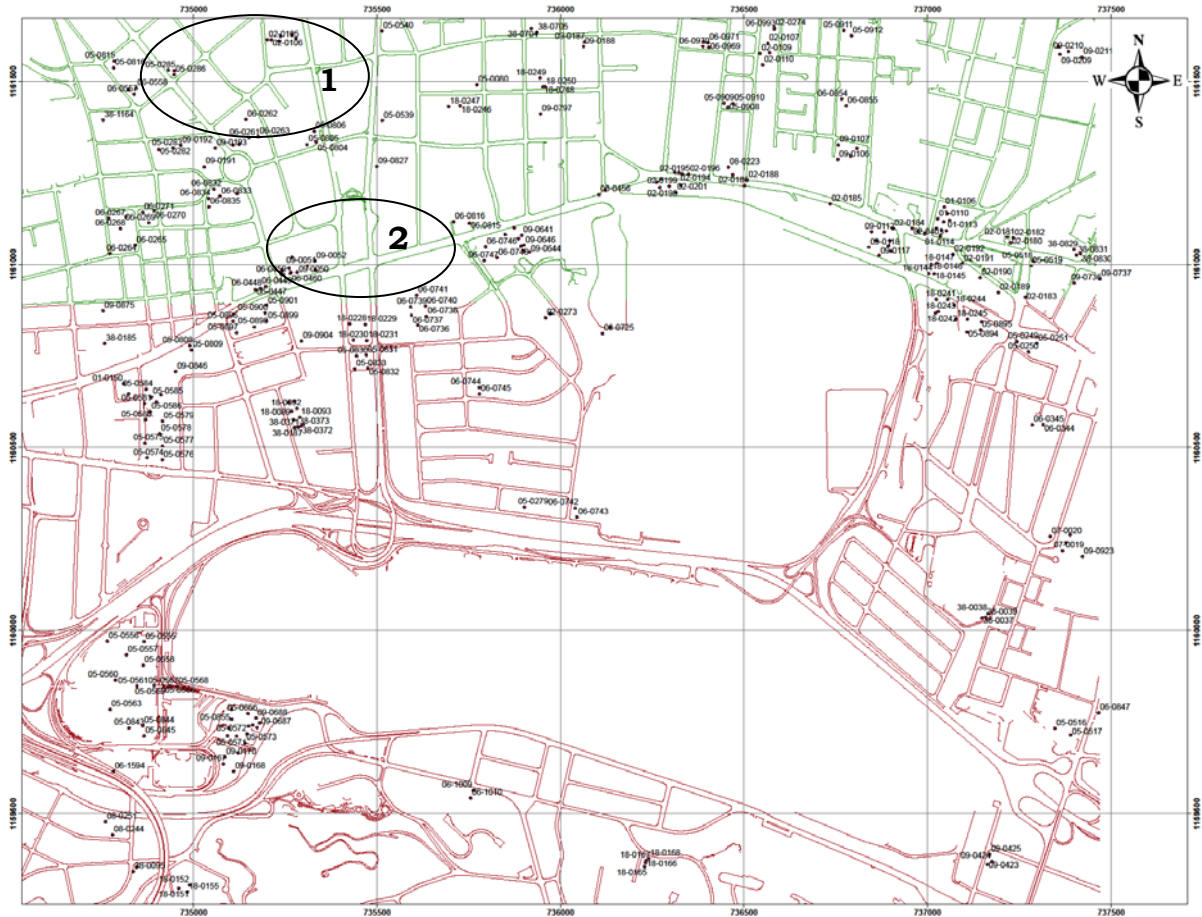


Figura 4.23. Plano de la unidad de bajos topográficos, mostrando la ubicación de las perforaciones geotécnicas. Aportado por la base de datos de FUNVISIS.

La zona comprendida en la figura 4.23, se dividió en dos subunidades litológicas, siendo una de ellas las más dominante, caracterizándose geotécnicamente como una arena limosa (SM) fina a media, micácea, con variable contenido de grava y presencia de cantos de gneis, en avanzado grado de meteorización, mientras que en otros sectores como: Bello Campo y la Urb. La Floresta el material se comporta como la misma arena limosa en presencia de contenido arcilloso y hacia la floresta y El Parque Generalísimo Francisco Miranda, se observaron en las perforaciones fragmentos de cuarzos y esquistos muy descompuestos en matriz areno limo arcilloso de color anaranjado.

La fuente de estos materiales según (SINGER, 2007) es atribuida a un abanico aluvial basado en sedimentos Q2, que presenta una facies fluviotorrencial marcada por la coexistencia de abundantes rodados con clastos más angulosos y bloques aislados. Hacia la

parte superior estos materiales se encuentran sustituidos por facies más finas de explayamientos areno-gravoso.

Para (SINGER OP. CIT.) el resultado de este evento holoceno de aludes torrenciales se refiere a la edificación de dos amplios deltas originados por transfluencia: el primero, entre Montecristo y la zona de estudio Parque Miranda y Los Cortijos de Lourdes por el río Tócome, represado y desviado en Los Chorros por el deslaves de la Qda. La Julia y el segundo entre Chapellin y Plaza Venezuela, por la Qda. Chacaíto auto-desviada hacia el oeste por el voluminoso abanico de deslaves acumulado entre Pedregal y Chacao, sectores cercanos a la zona de estudio y que se encuentran señalados en el mapa por una red muy densa de canales de deslaves.

Esta unidad geomorfológica descrita por (OROPEZA & ZAMBRANO, 2007) ocupa la parte más extensa del Valle de Caracas, entre el escarpe de falla del Ávila y la planicie aluvial holocena y constituye la expresión superficial del prima sedimentario de espesor y geometría variables, que se encuentran alojado en la depresión de ángulo de falla asimétrica.

Los sectores identificados en el plano como 1 y 2 (ver figura 4.23) están descritos como peñones de gneis muy meteorizados, angulosos, con un tamaño superior a 30 cm en presencia de fragmentos de cuarzo descompuestos embebidos en una matriz limo-arcillosa color marrón oscuro, los cuales según la clasificación unificada de suelos se describió como un material gravoso mal gradado limoso.

La génesis de este material fue descrita por (SINGER, 2008) como facies proximal de acumulaciones caóticas de bloques rocosos, que fueron producto por el arrastre de paleocauces coalescentes de deslaves torrenciales, por ser un canal es evidente que consigo había aporte de material areno-gravoso.

Esta unidad representa las manifestaciones del impacto dinámico de los aludes torrenciales descritos antes, como evidencia de ello son los grandes bloques gnéisicos que fueron impulsados por los aportes voluminosos provenientes del Ávila y que irrumpieron en forma relámpago en el lecho del río Guaire.

4.6 Descripción de los fosos de Bello Campo y Miranda II, perteneciente a la línea 5 del metro de Caracas.

4.6.1 Descripción geológico-geotécnica del foso Miranda II

En las inmediaciones de la estación Miranda II se realizó el levantamiento del foso de extracción el cual tiene 26 metros de profundidad con un diámetro de 28 metros (ver figura 4.24).



Figura 4.24. Vista en planta del foso de extracción Miranda II, a una profundidad de 23 metros, se observa un jumbo limpiando la zona, removiendo la tierra, material acumulado del concreto entre otros. Nótese la acumulación de agua producto a presencia del nivel freático, la cual se extraía mediante los sumideros.

De acuerdo al orden estratigráfico, se dividieron en cuatro capas representativas de tope a base, las cuales se describen de la siguiente manera:

Capa 1: Relleno

El primero metro es una material de relleno que litológicamente corresponde a un limo de baja plasticidad con contenido de material orgánico, de color marrón.

Capa 2: Arena limosa.

Este paquete de 11 metros de espesor se caracterizó, según la clasificación unificada de suelos, como una arena fina a media limosa (SM) con tonalidad marrón grisáceo. También se observó algo de material gravoso y su consistencia es densa.

En este mismo paquete se reflejaron otro tipo de litología que se observaron en campo como lentes de arena mal gradada (SP) y de grava mal gradada arenosa s(GP) ambas presentaron fragmentos caóticos de rocas descompuestas, provenientes del Ávila pertenecientes a la Formación Peña de Mora específicamente, angulosos con tamaño promedio de 10cm, pero el lente de grava estaba conformado mayormente por cantos rodados de cuarzo muy redondeados con un tamaño de 5cm en su mayoría. (Ver figura 4.25)

Por debajo del primer material descrito anteriormente, con un espesor de 2 metros se describió la misma arena sin presencia de materiales finos (limo), no obstante se observó un alto contenido de grava y un arreglo desordenado, variando los tamaños desde 3 a 10 cm, también en presencia con algunos fragmentos de esquistos fracturados que podían ser triturados con la mano, clasificando el paquete como g(SW).

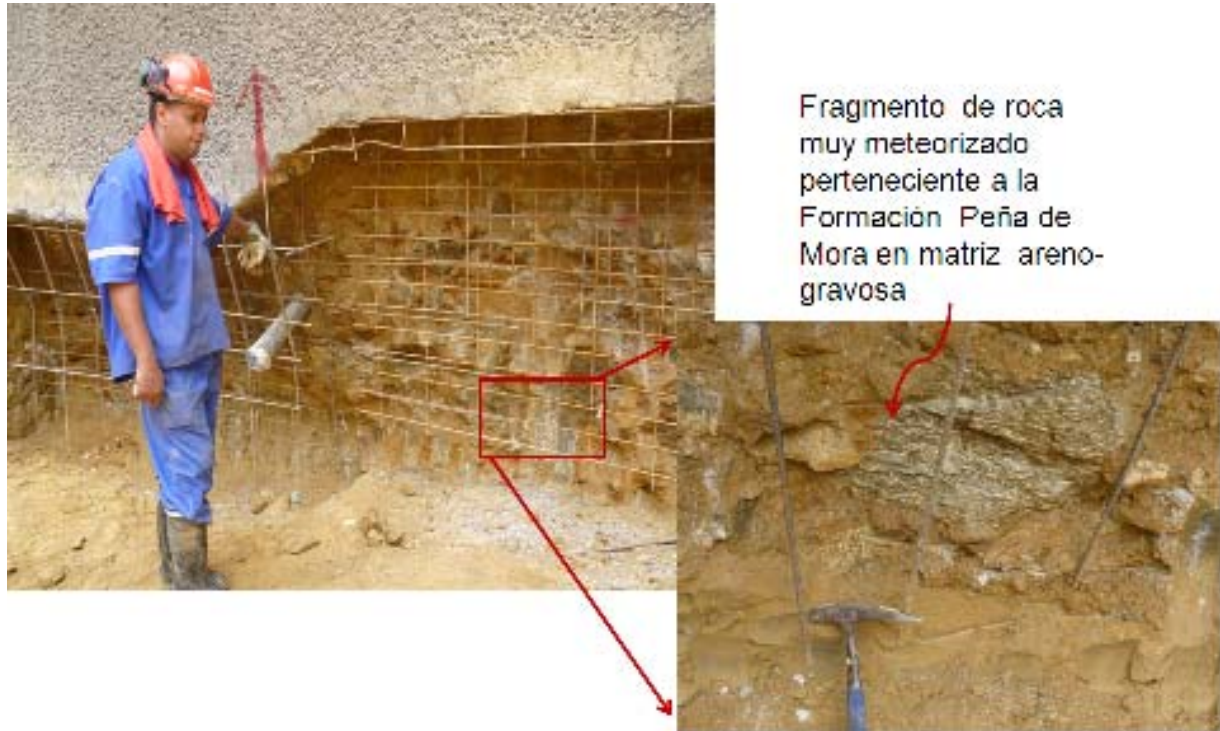


Figura 4.25. Obsérvese en la foto material gravoso en matriz arenolimoso, mostrando autosuporte en las paredes del foso. Nótese en los fragmentos de roca rasgos de avanzado grado de meteorización.

La matriz conformada como (SM) presentó a lo largo del anillo variabilidad en la granulometría, observándose al tope del anillo tamaños de grano más gruesos en los medios más finos y hacia la base vuelve a notarse una granulometría mayor, muy similar a la del tope (ver figura 4.26), este comportamiento se interpretó como cambios de nivel de energía en el momento en que los sedimentos se estaban depositando, en concordancia con el evento descrito por (Singer, 2007) como una facies fluvio-torrencial marcada por la existencia de abundantes cantos rodados con clastos más angulosos y bloques aislados, en presencia de facies más finas de explayamientos arenogravoso que alternan con niveles fangolíticos (limo y arcillas) y niveles granulares asociados con el desarrollo de rampas coluviales, lo cual evidencia una acción muy importante de remoción dejando expuesto los depósitos Q_2 .

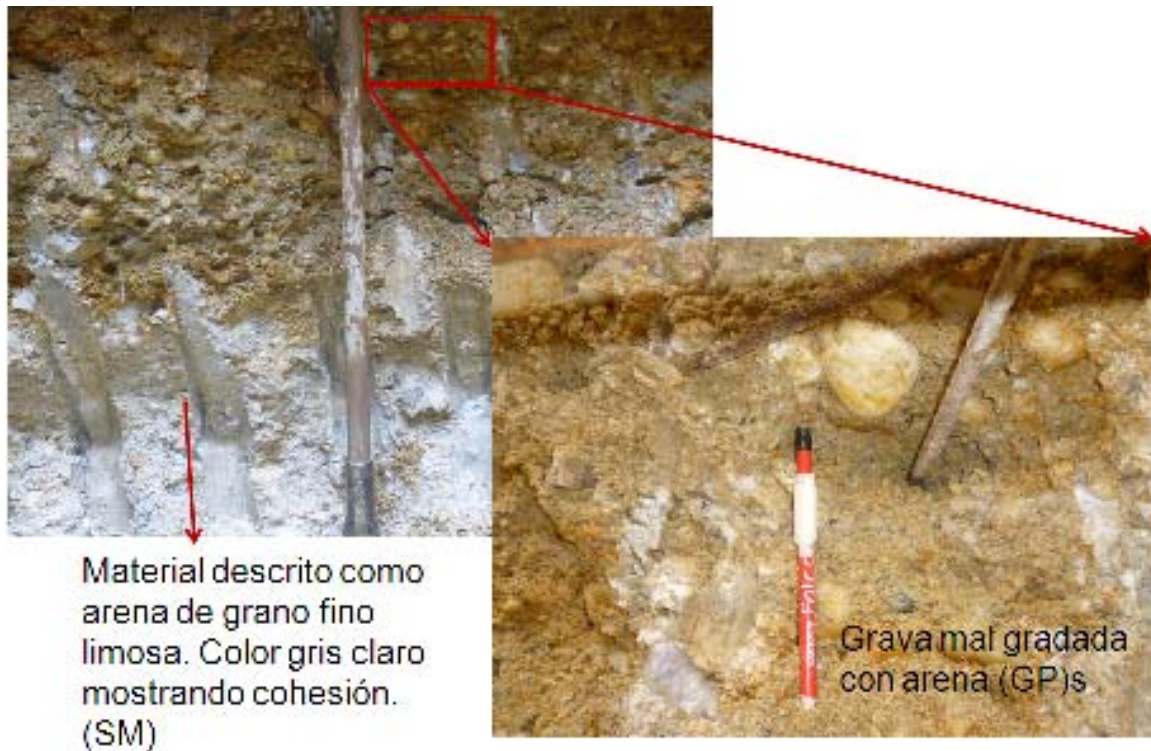


Figura 4.26. Vista en campo del cambio de granulometría en el panel perteneciente al foso de Miranda II. Obsérvese los cantos bien redondeados indicios de un continuo transporte de materiales aguas abajo.

Capa 3: Grava mal gradada con limo.

A 14 metros de profundidad con un espesor de 3 metros, se observó un nivel de peñones compuesto por rocas provenientes de la Formación Peña de Mora en su mayoría esféricas y Esquistos de las Mercedes subangulosos con forma discoidal, muy descompuestos, siendo característico para estas formaciones la presencia de cantos rodados de cuarzo, los esquistos mayormente eran micáceos con zonas grafitosas y el tamaño variaba desde 10 a 30 cm de longitud, el cual dio a lugar para describir como bloques de roca.



Figura 4.27. Vista en campo de fragmentos de roca angulosas de diferentes tamaños aislados que varían de 20 a 30 cm de longitud, siendo los más representativos los gneis feldespáticos sub-redondeados y en menos proporción cantos de esquistos micáceos y feldespáticos sub-angulosos



Figura 4.28. Vista del panel 8, anillo 17 perteneciente a la capa descrita como grava mal gradada. Observe la distribución de los fragmentos de roca y la heterogeneidad de los materiales. Note que esta unidad tiene un contenido arenoso y que es pobremente escogida.

Este paquete se caracterizó geotécnicamente como una grava mal gradada (GP-GM) de consistencia densa, color ocre.

Es importante resaltar que este material corresponde a una dinámica de ambiente de paleocauces coalescentes de deslaves torrenciales, arena gravosos con acumulaciones erráticas de bloque de roca, como se explicó anteriormente y por cambios de niveles de energía se depositan estos bloques, describiéndose como facies gravosos ubicados en la planicie aluvial holocénica a lo largo de las quebradas tributarias del Río Guaire, por cuanto estos depósitos conforman cauces portadores de agua subterránea que cruzan la prolongación de la línea 5 en la venedad de la Zona Rental de la Plaza Venezuela, en el distribuidor de tránsito de Altamira y en la Avenida Francisco de Miranda a la altura de la urbanización la Floresta, muy cercano al Parque Generalísimo Francisco. (Tomado de CENTENO-RODRÍGUEZ Y ASOCIADOS 2006).

En general para (SINGER 2007) estos materiales los describe como depósitos aluviales, estos se encuentran en la facies proximal del abanico aluvial, donde se depositan esencialmente fragmentos de rocas pobremente escogidos, cuya composición mineralógica depende de la roca madre y pueden ser tanto granos sub-angulares como redondeados que dependen de la abrasión que experimentan a medida que son transportados pendiente abajo. Los sedimentos principales son las gravas, peñones en matriz arenosa, como los observados en el foso.

Capa 4: Arcilla de baja plasticidad

Por debajo del paquete de grava, se expone un material arcilloso muy cohesivo, gris oscuro, mientras que para el meteorizado era gris claro con anaranjado, hacia la base del anillo se observaron tamaños de granos más gruesos caracterizándose como una arena de grano media a grueso arcillosa color ocre, densa, la cual mostró un nivel de color negro a lo largo de todo el anillo (ver figura 4.29).

Esto demuestra que estamos en presencia de sedimentos Q_2 , descritos por (SINGER, 2007) como depósitos aluviales del pleistoceno medio, marcados por una facies fluvio torrencial explicada en la capa 1. También podemos explicar que la coloración negra es un proceso sostenido de ferruginización, evidenciado además por la presencia de abundantes pisolitos de hierro en los niveles coluviales y por el desarrollo de costras freáticas, debido a las subidas y bajadas del nivel freático (SINGER, 2007).

Dicho evento sucede a mayor profundidades en los niveles conglomeráticos.



Figura 4.29. Costra ferro-magnésicas producto de subidas y bajadas del nivel freático. Obsérvese que la matriz de esta unidad es arenosa de granos medio a grueso color marrón claro, embebido en una matriz arcillosa de baja plasticidad.

Por debajo a esta unidad con un espesor de 2 metros está constituida por cantos esquistosos y guijones, soportada por una matriz arenosa moderadamente escogida, caracterizándose geotécnicamente como una arena mal gradada marrón claro.

A 24 metros de profundidad con espesor de 2 a 3 metros reaparece el material comprendido por cantos, bloque de esquistos y gneis, describiéndose según (SUSC) como grava mal gradada. (Litología similar a la capa 3)

El esquistos es micáceo cuarzosos en su mayoría y en otras cuarzo feldespático micáceo de color fresco gris claro, la textura foliada que lo caracteriza no estaba preservada, seguramente por el desgaste y retrabajo durante el transporte desde la fuente del

material rocoso, aquellos fragmentos gnéisicos se observaron menos descompuestos, a lo que se le atribuye el contenido mineralógico presente, ya que contiene mayor contenido de minerales del grupo SiO_2 aportando mayor dureza la roca y lo más importante: es no tener hábito hojoso lo cual le permite resistencia a la roca (ver figura 4.30).

Este paquete como se explico antes fue producto de la ocurrencia de aludes torrenciales los cuales arrastraron consigo material proveniente del Ávila

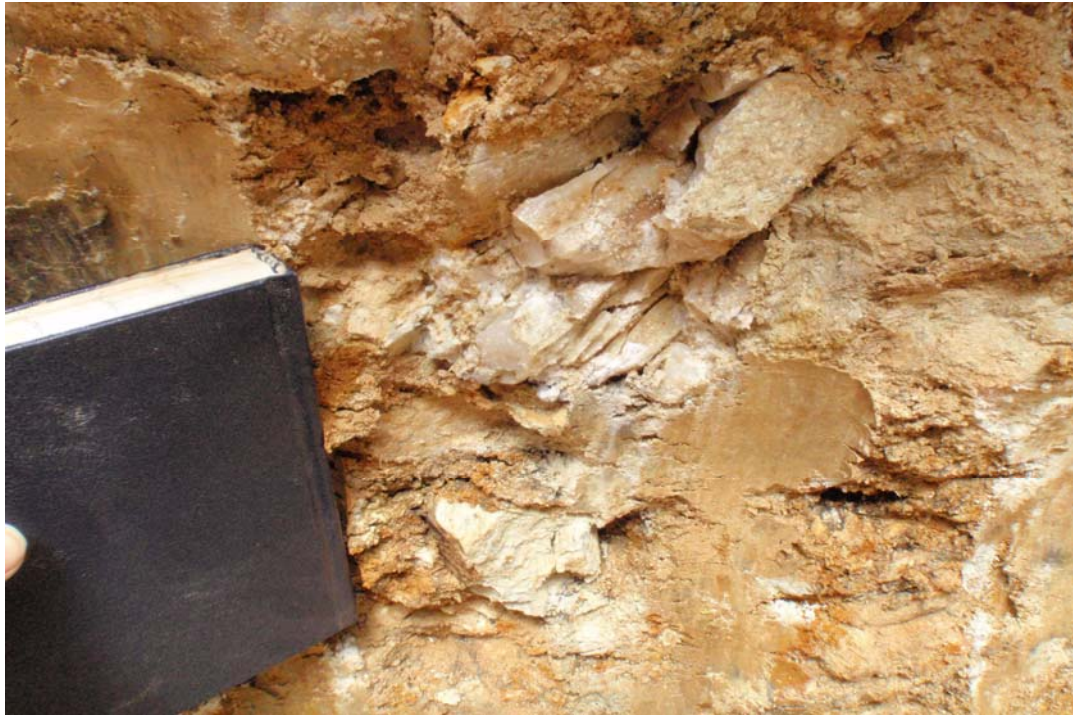


Figura 4.30. Observe en la imagen fragmentos de gneis fracturados motivados por dos acciones, principalmente por la maquinaria al momento de excavar y otra por el transporte desde la roca a la fuente. Este material está embebido en una matriz areno arcillosa color ocre claro con anaranjado.

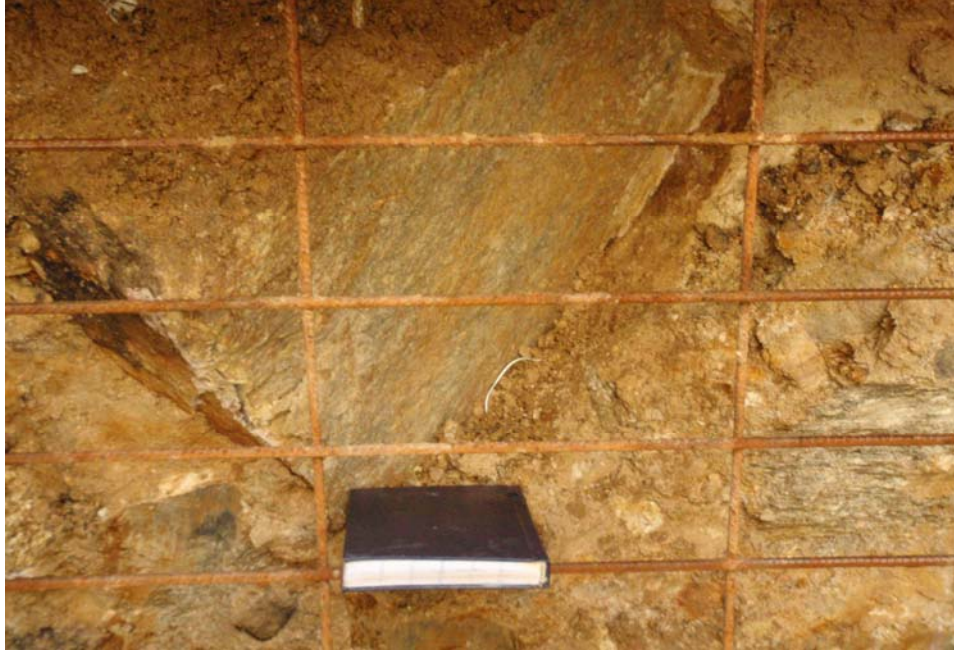


Figura 4.31. Note en la imagen un bloque de gneis moderadamente meteorizado y cantos esquistosos a la derecha de la libreta en matriz arenosa.

4.6.2 Descripción geológico-geotécnica del foso Norte de Bello Campo



Figura 4.32. Observe en la imagen el foso de Bello campo a una profundidad de 28 metros, note en el núcleo material acumulado de los paneles excavados en presencia de agua descargada por los geodrenes.

Capa 1: Limo arenoso

En los primeros dos metros están conformados por relleno con características principalmente limo arenoso con contenido de material gravoso.

Capa 2: Grava mal grada arenosa

Subyacente al paquete anterior se observó un material caracterizado como grava mal gradada de 8 metros de espesor. Esta capa se caracteriza por cantos y bloques de gneis tamaño 30 cm aproximadamente embebidos en matriz arenosa de grano medio a grueso de color ocre, con abundante materia orgánica.

Los gneises observados son de tipo cuarzo feldespático micáceo de color blanco a gris y de grano grueso.

Las observaciones visuales en campo muestran el dominio de los cantos de gneis y esquistos con forma discoidal, en menor escala elipsoidal y algunos gneises esféricos. Esta litología se distribuye a lo largo y ancho de los anillos 3, 4, 5, 6, 7, 8,9 y 10.

Este material responde a una dinámica de ambiente de paleocauces de deslaves torrenciales que forman el abanico aluvial, por los tamaños de grano de este paquete corresponden a facies proximal, la cual presenta un gran número de canales principales y secundarios que atraviesan los macizos rocosos distribuyendo los sedimentos desde la pendiente del talud hasta llegar a la planicie, donde se depositan principalmente fragmentos de roca pobremente escogidos cuya composición de la roca depende de la roca madre .

Los sedimentos característicos de esta facies son las gravas en matriz arenosa o limosa (ver figura 4.33).



Figura 4.33. La imagen muestra una pala de jumbo con material clasificado como grava arenosa color gris a blanco, se puede notar los tamaños de grano grueso de la arena y los cantos redondeados, algunos fragmentos de esquistos sub-angulares, meteorizados.

Capa 3: Arena limosa

Esta unidad está compuesta por arena de granulometría media a fina, de color marrón con matriz limosa de color ocre bastante micácea, además presenta cantos de gneis feldespáticos y de esquistos feldespáticos – micáceos. Esta capa posee un espesor de 8 metros a una profundidad de 10 metros.

La zona donde se hace más limosa es hacia la parte sur del foso, con coloraciones blanquecino a ocre con algunas manchas anaranjadas que indican la presencia de óxido de hierro.

Capa 4: Arcilla limosa

Las arcillas son de color gris de alta plasticidad con abundante contenido de materia orgánica, presentan lentes de limo color ocre con arena fina como matriz y otro lente más

extenso de 2 metros de espesor constituido por una grava arenosa Este paquete se observó mayormente hacia el sur de la zona de Bello Campo, representando espesores de 9 metros aproximadamente.

Las capas número 2 y 3 (SINGER, ET OP) las denomina como sedimentos Q_2 , que muestran un color característico ocre beige y que son el resultado de una facies fluviotorrencial, ubicándose en la las facies distal del abanico aluvial, esta zona se caracteriza por tener pendiente moderada y suaves, donde los canales se convierten en someros depositando sedimentos de granulometría fina como arcillas, limos y alta proporción de arenas finas en los extremos de la zona distal.

Capa 4: Grava arenosa

A 33 metro de profundidad con un espesor aproximado de 7 metros se describió una grava arenosa, muy similar a las características tanto litológica como dinámica de la capa 2, (ver figura 4.33).



Figura 4.33. Observe en la imagen sedimentos depositados de granulometría gruesa, descrito según la clasificación unificada de suelos (SUSC) como una grava arenosa

moderadamente escogida. Los tonos de color anaranjado es producto a la oxidación de minerales de hierro.

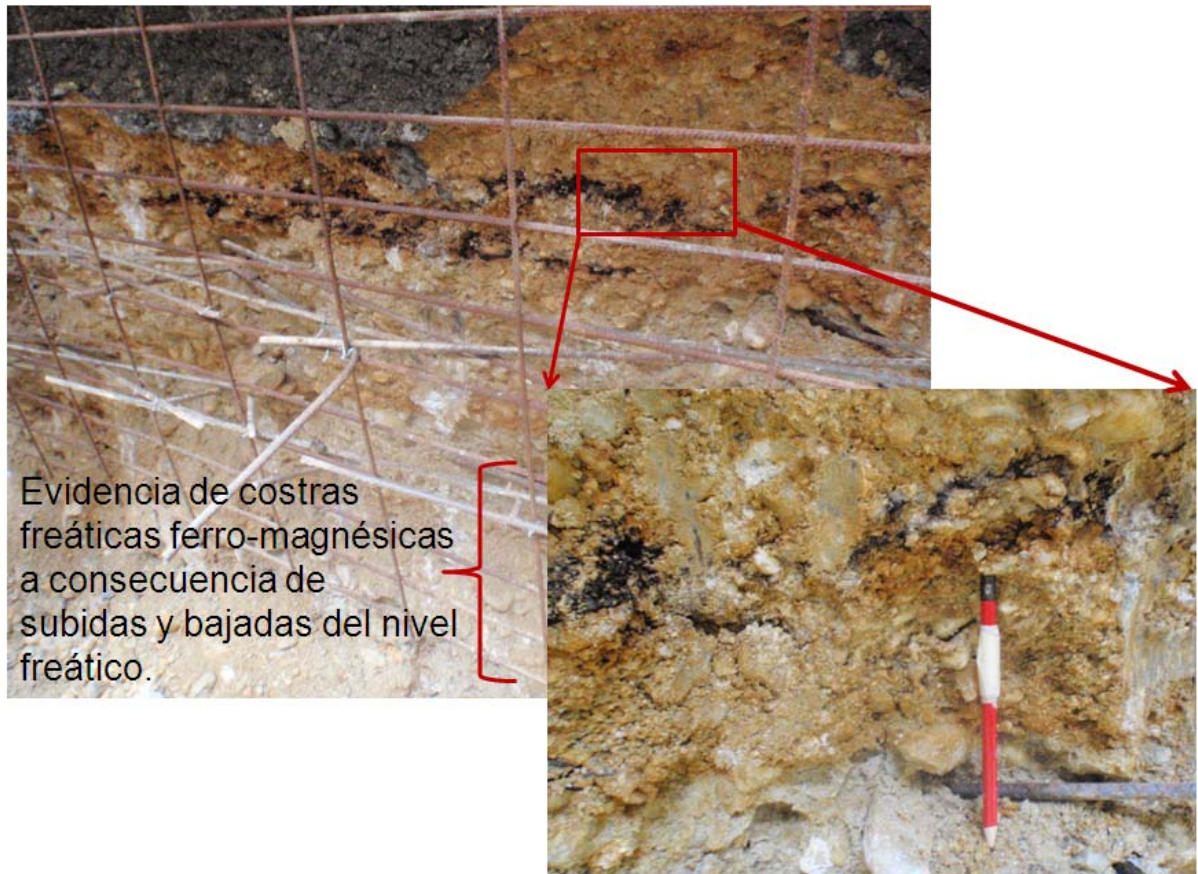


Figura 4.34. Vista en campo del paquete de la grava arenosa. La imagen que se encuentra a la izquierda se observa fragmentos de rocas de litología esquistosas muy descompuestas, producto al retrabajo sufrido y también a los golpes ocasionados por la máquina al momento de excavar.

CAPÍTULO V

MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades

Los deslizamientos son unos de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, acarreado consigo pérdidas de vida y material. Sin embargo esto pudiese evitarse si el problema se identifica con anterioridad y se toman todas las medidas de prevención y control posible.

Este estudio se realizó en zonas caracterizadas como de montañas tropicales, las cuales en los en el último trimestre del año 2010 fueron vulnerables a las constantes lluvias y sufrieron deslizamiento de tierra.

Se reúnen cuatro elementos más importantes para su ocurrencia tales como lo son: la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas. Es por ello que se reúne unas series de conceptos para profundizar acerca del comportamiento de los taludes en zonas tropicales.

5.2.- Caracterización de los movimientos.

5.2.1.- Nomenclatura de un talud o ladera

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendientes o cambios de altura significativos. Jaime Suárez Días (1998) define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. (Figura 5.1)

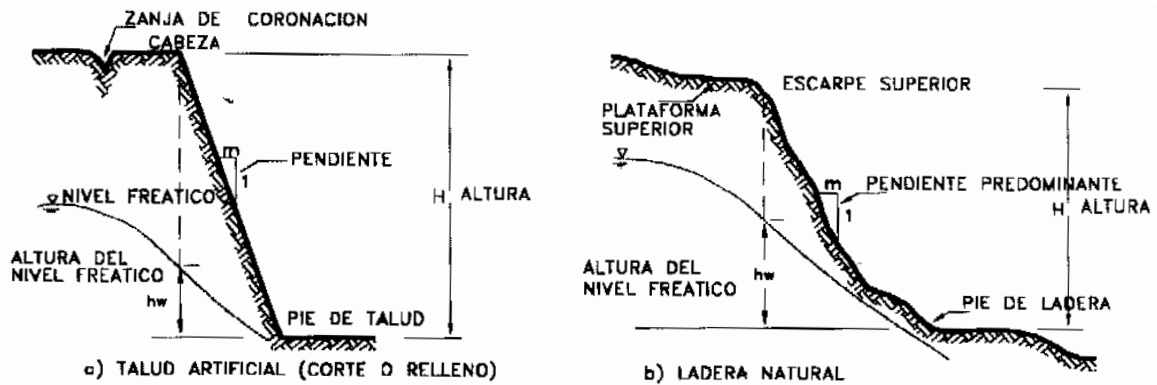


Figura 5.1. Nomenclatura de taludes y laderas

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

1. Altura

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada en cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

2. Pie

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

3. Cabeza o escarpe

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

4. Altura del nivel freático

Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida.

5. Pendiente

Medida de inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados en porcentaje o en relación $m/1$, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

5.2.2. Procesos en la etapa de deterioro

Cuando un talud se corta, para la construcción de una vía o de una obra infraestructura, ocurre una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la posición de equilibrio por una de deterioro acelerado.

Para JAIME SUÁREZ (1998) explica como el deterioro la alteración física y química de los materiales y su subsecuente desprendimiento o remoción. Este incluye la alteración mineral, los efectos de relajación y la abrasión.

La clasificación de los modos comunes de deterioro fue propuesta por NICHOLSON Y HENCHER (1997), pero JAIME SUÁREZ (1998) amplió estos factores con el modo de incluir la mayoría de los procesos que ocurren previamente a la falla masiva. (Figura 5.2)

1. *Caídas de granos*

Consiste en la caída de granos individuales en la masa de roca con desintegración física a granos como prerrequisito. No representa amenaza en sí misma pero puede conducir a la pérdida de soporte y subsecuente colapso en pequeña escala.

2. *Descascaramiento*

Caídas de cáscaras de material de la masa de roca. Las cáscaras tiene forma de láminas con una dimensión significativamente menor a las otras dos dimensiones. Puede reflejar la litología, fisilidad, o puede reflejar la penetración de la meteorización.

3. *Inclinación y caída de losas*

Se forman prismas o pequeñas placas con dimensiones mínimas de 50 mm, pudiendo existir deslizamiento y rotación o pandeo.

4. *Caídas de bloques*

Pueden caer por gravedad, en forma ocasional bloques individuales de roca de cualquier dimensión, produciendo un deterioro en la estructura del talud.

5. Desmoronamiento del talud

El desmoronamiento general del talud produce la caída de bloques de diversas dimensiones en forma semicontinua, causando una amenaza significativa y creas grades acumulaciones de detritos en el pie del talud.

6. Caídas de roca

La caída de muchos bloques de roca “en un solo evento” requiere que haya ocurrido un debilitamiento de la masa de roca, debido a la fragmentación y a la ausencia de soporte lateral.

7. Lavado superficial o erosión

La erosión es el desprendimiento, transporte y depositación de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por la acción de fuerzas generadas por el movimiento de agua.

8. Flujo de detritos

El desprendimiento y transporte de partículas gruesas y finas en una matriz de agua y granos en forma de flujo seco o saturado. Generalmente no se les considera como proceso de deterioro sino como deslizamientos.

PROCESOS DE DETERIORO

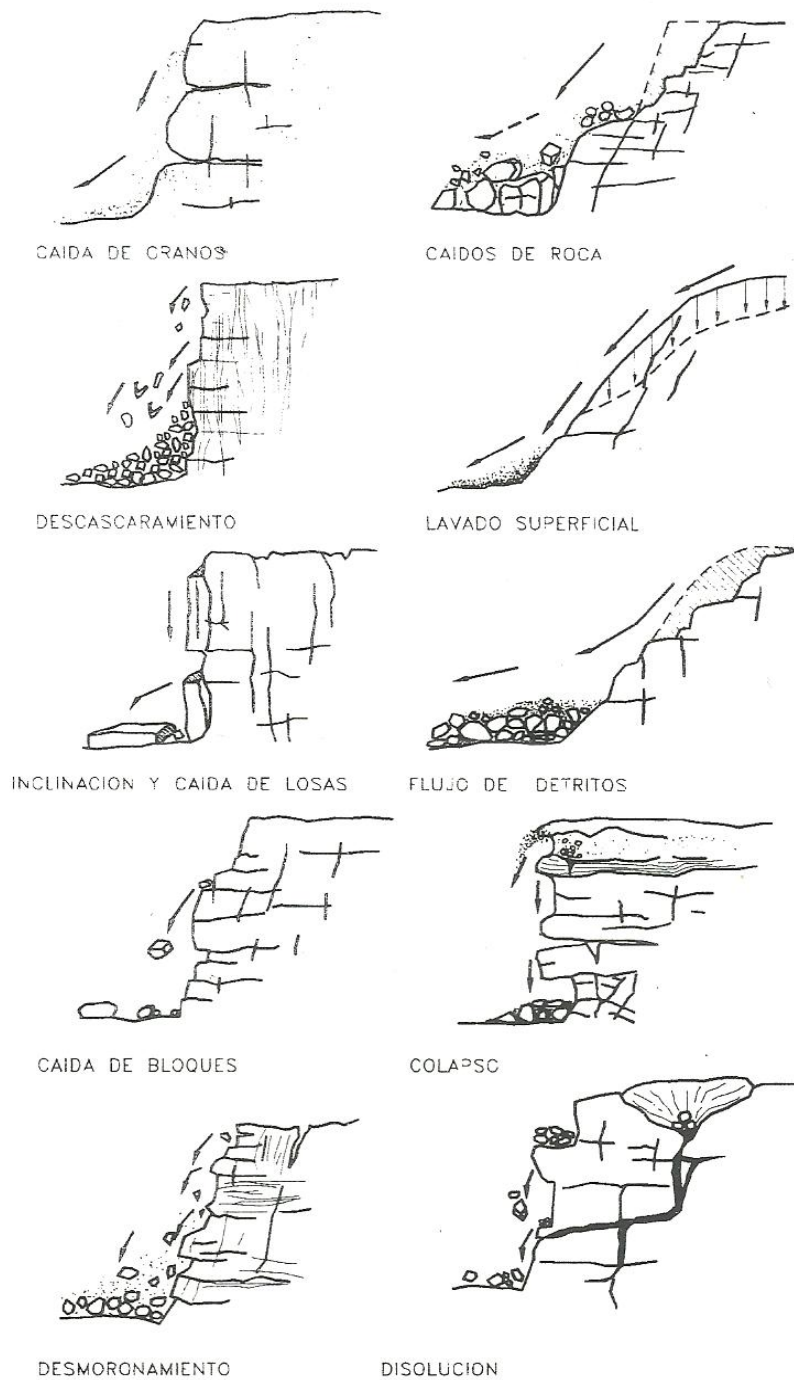


Figura 5.2. Procesos de deterioro de macizos rocosos.

5.3.- Inestabilidad de Taludes

En el proceso de urbanización resulta ser un factor importante y determinante el estudio de la estabilidad de taludes, visto que sobre esas topografías se llevara a cabo futuras obras y se debe tener el nivel de seguridad necesario para garantizar su estabilidad y durabilidad.

Esto nos lleva a lo establecido en WIKIPEDIA, 2009, la inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que se origina por diferentes razones, que se resumen en las siguientes:

- ❖ Razones Geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, meteorización, entre otras.
- ❖ Variación del nivel freático: situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.
- ❖ Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

Entre los tipos de inestabilidad se puede identificar:

- ❖ Desprendimientos o desplomes: son movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo, englobando a una escasa cantidad de terreno. Suele tratarse de rocas que caen por una ladera, debido a la pérdida del apoyo que las sustentaba. Entre los desprendimientos o desplomes, se puede incluir el caso del desplome de una columna rocosa en un acantilado, debido a la erosión en la base del mismo.

- ❖ Corrimientos: son movimientos que afectan a una gran cantidad de masa de terreno. Un tipo particular de corrimiento de tierra son los deslizamientos, que se producen cuando una gran superficie o zona inestable, desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor. Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Estos tipos de corrimiento son ingenierilmente evitables. Sin embargo existen otros que no lo son, como por ejemplo:

- ❖ Un flujo de arcilla se produce en zonas muy lluviosas afectando a zonas muy grandes. Los terrenos arcillosos, al entrar en contacto con el agua, se comportan como sí

alcanzaren el límite líquido y se mueven de manera más lenta que los deslizamientos. Se dan en pequeñas pendientes, pero en gran cantidad.

❖ **Licuefacción:** se da en zonas de arenas limosas saturadas, o en arenas muy finas redondeadas (loess). Producto a la gran cantidad de agua que presentan, las presiones intersticiales son tan elevadas que un sismo, o una carga dinámica, o la elevación del nivel freático, pueden aumentarlas, llegando a anular las tensiones efectivas. Esto motiva que las tensiones tangenciales se anulen, comportándose el terreno como un “pseudolíquido”.

5.3.1.-Deslizamientos del Terreno

Según CROIZER (1936) un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendentes de tierras o roca sin la ayuda del agua como agente de transporte. SHARPE en (1938) definió los deslizamientos como caída perceptible o movimiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.

Estos procesos llegan a construir riesgos geológicos potenciales, ya que pueden causar daños económicos y sociales al afectar a las actividades y construcciones humanas. VALLEJO (2002).

Existen varias clasificaciones de deslizamientos, basadas todas ellas en el mecanismo de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados. Según COROMINAS (1989), el criterio básico que permite separar los distintos tipos de deslizamientos en la mayoría de las clasificaciones son los mecanismos de rotura. Encontrados de esta forma cuatro tipos principales:

❖ **Desprendimientos o caídas:** Un desprendimiento es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente que, en gran parte de su trayectoria desciende por el aire en caída libre, volviendo a estar en contacto con el terreno, donde se producen saltos, rebotes y rodaduras.

❖ **Vuelcos:** son movimiento de rotación hacia el exterior, de una unidad o de un conjunto de bloques, alrededor de un eje pivotante situado por debajo del centro de gravedad de la masa movida.

- ❖ Expansiones laterales: Es la extusión plástica lateral, acomodada por fracturas de cizalla o de tracción que en ocasiones pueden ser de difícil localización.
- ❖ Flujos: Son movimientos de una masa desorganizada o mezclada donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas.

5.3.2.- Factores que afectan la estabilidad del terreno.

Los factores que influyen en la estabilidad de las laderas se divide en dos grupos. FERRER (1987):

- ❖ Factores internos: dentro de estos se encuentra características intrínsecas y extrínsecas.

Las primeras influyen parámetros como litología, textura, consolidación y espesor de los materiales y parámetros estructurales relativos a los planos de estratificación y de debilidad. En las características extrínsecas podemos encontrar las morfológicas como la pendiente de la ladera y su disposición respecto a las discontinuidades geológicas y la orientación (relacionada con la humedad del terreno) y factores de tipo ambiental como temperatura y vegetación

- ❖ Factores externos: actúan sobre el material y dan lugar a modificaciones a las condiciones iniciales de las laderas, provocando o desencadenando las roturas debido a las variaciones que ejercen el estado de equilibrio de aquella. Incluyen tres tipos de acciones; la infiltración de agua que provoca aumento de la presión intersticial disminuyendo la resistencia de los materiales; las vibraciones provocan aceleraciones en el terreno favoreciendo la rotura y la licuefacción; y finalmente la actividad humana alteran el equilibrio de las laderas debido a cargas estáticas provocadas por construcción de edificios, construcciones de taludes para vías de comunicación, entre otros.

5.3.3.- Factores que influyen en la estabilidad de los taludes

El proceso de identificar las capas e depósitos que subyacen a una estructura propuesta y sus características físicas generalmente se denomina exploración del subsuelo. Su propósito es obtener información que ayude al ingeniero geotécnico en:

- Seleccionar el tipo y profundidad de la cimentación adecuada para una estructura dada.
- Evaluar la capacidad de carga de la cimentación.
- Estimar el asentamiento probable de una estructura.
- Detectar problemas potenciales de la cimentación.
- Determinar la posición del nivel freático.
- Predecir el empuje lateral de tierra en estructuras como muros de retención, tablestacados y cortes arriostrados.
- Establecer métodos de construcción para condiciones cambiantes del subsuelo. (MODIFICADO DE DAS, 2006).

Según VALLEJO (2002), la estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (alturas e inclinación), *factores geológicos* (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), *factores hidrogeológicos* (presencia de agua) y *factores geotécnicos*, relacionado con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes	
Factores condicionantes	Factores desencadenantes
<ul style="list-style-type: none"> - Estratigrafía y litología. - Estructura geológica. - Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales. - Propiedades físicas, resistentes y deformacionales. - Tensiones naturales y estado tenso-deformacional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrecargas estáticas. - Cargas dinámicas. - Cambios en las condiciones hidrogeológicas. - Factores climáticos - Variaciones en la geometría. - Reducción de parámetros resistentes.

Figura 5.3. Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes. (TOMADO DE VALLEJO, 2002).

5.4. Perfil de Meteorización

Para realizar el perfil de meteorización en presente trabajo de grado, se basó en el perfil propuesto por DEERE Y PATTON (1971), en zonas de clima tropical, el cual está constituido por tres horizontes, que en orden ascendente van desde la roca no meteorizada hasta el suelo residual correspondiente al horizonte I.

La figura 5.4 muestra el perfil utilizado para la descripción de la unidad presente en la zona.

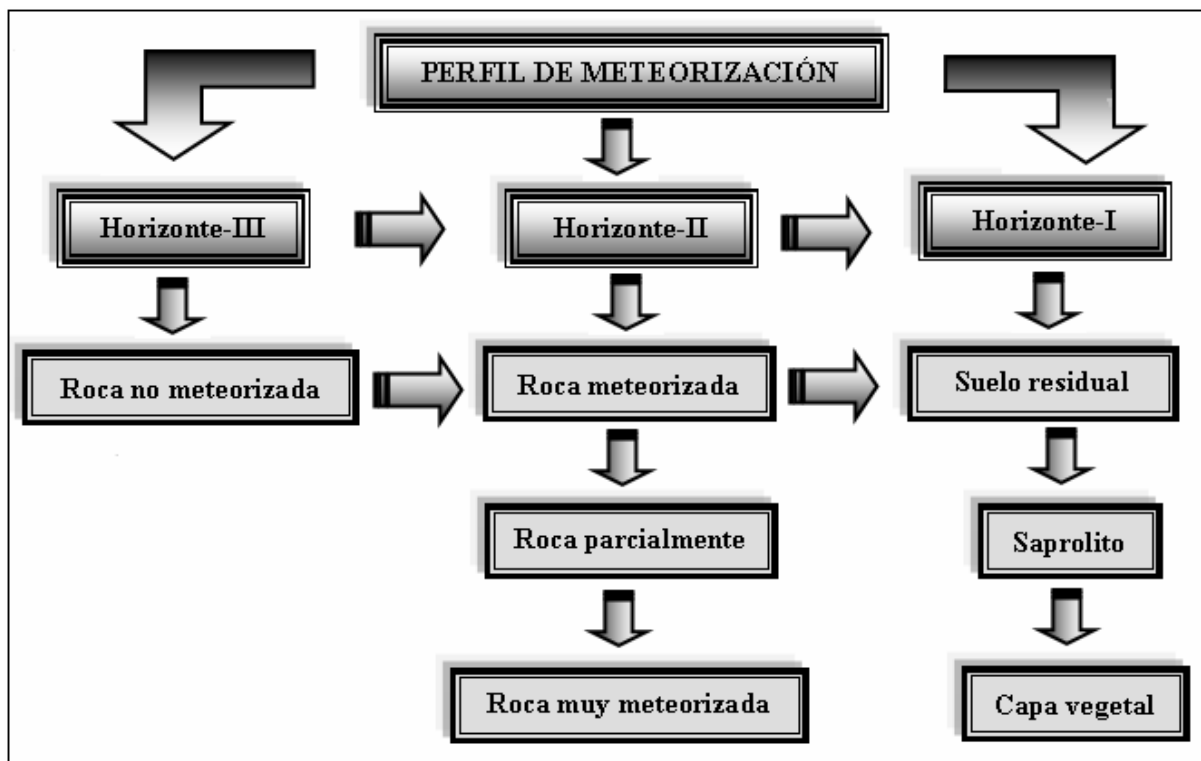


Figura 5.4. Perfil de meteorización propuesto por Deere y Patton (1971)

Descripción del perfil de meteorización

Horizonte III: Roca no meteorizada. 100% roca sana

Describen a este horizonte como aquel material rocoso, que conserva sus características y no muestra efectos de meteorización.

Este horizonte no se presentó en el trabajo de campo, puesto que todos los taludes expuestos estaban afectados por los agentes morfoclimáticos y exodinámicos.

Horizonte II: Roca meteorizada.

Dentro de este paquete se divide en dos subhorizontes, definiéndose de la siguiente manera.

- ❖ Roca parcialmente meteorizada: aquella cuya composición química, textura, estructura y color han sido levemente alterados y son próximos a los de la roca original.

- ❖ Roca muy meteorizada: es aquella cuyas propiedades han sido muy meteorizadas, pueden haber cambios en la composición química, pérdida de rigidez, color y consistencia original.

Este subhorizonte, también puede ser calificado como roca descompuesta, en caso de que la roca solo conserve restos de su textura y estructura original.

II-A. Roca parcialmente meteorizada: más del 90% de roca sólida.

Se compone de rocas compactas de textura esquistosa, que exhiben planos de foliación bien desarrollados, aunque en algunos casos esta textura es fina generando delgados planos de foliación.

II-B. Roca muy meteorizada: entre el 50-90% de roca sólida.

Este horizonte se muestra bastante cambiante, dependiendo del tipo litológico, el cual está influenciado por la composición mineralógica predominante, a continuación se describirán las características generales más relevantes de este intervalo.

El material rocoso, aun conserva su textura esquistosa, con planos de foliación poco o nada conservados a veces embebidos en una matriz areno-limosa.

Mineralógicamente, comienzan a alterarse los feldespatos y micas, las tonalidades en la roca se hacen más oscuras con coloraciones rojizas y apariencia húmeda, la matriz se torna desde amarillenta a rojiza, gracias a la presencia de limonita., la cual está afectada por el fenómeno de oxidación.

El material rocoso se muestra muy fisil, fácilmente desmoronable con los dedos.

I-A. Saprolito: 0% de roca sólida.

Constituido por lo general por arenas limosas, se les puede clasificar como suelos mezclados, dado que presentan partículas gruesas provenientes de las vetas y lentes tanto de cuarzo como de calcita.

Usualmente presenta estructuras heredadas de la roca, aunque esto depende de la estructura que adopte el suelo; también pueden contener raíces, horadaciones, es decir; huellas de actividad animal.

Poseen tonalidades que van desde colores amarillentos hasta rojizos, debido al alto contenido de óxidos ferrosos.

Las micas y los feldespatos están alterados, y el cuarzo puede permanecer como arena.

I-B. Capa vegetal:

Es la cobertera del suelo residual, es en donde se sustentan y desarrolla la vegetación este subhorizonte por lo general no es muy espeso, ya que la escorrentía no permite un amplio desarrollo del mismo, y en algunas ocasiones impide su desarrollo, de aquí que la vegetación desarrollada sea de tipo seca y de raíces muy superficiales.

5.4.1 Perfil utilizado para grados de meteorización.

A medida que se avanza en el perfil las propiedades de los suelos van cambiando en forma rápida y esto dificultad no solamente los ensayos sino los análisis, debido a que la

estructura del material se vuelve muy importante a medida que se va profundizando, pasando de un comportamiento de suelo a un comportamiento de roca. (JAIME SUÁREZ DÍAZ, 1998).

Grado	Descomposición	Detalles de diagnóstico en las muestras
VI	Suelo	No aparece textura reconocible de roca. Las capas superficiales pueden contener materia orgánica y raíces.
V	Completamente descompuesta	Roca completamente descompuesta pero aún aparece textura de roca ligeramente reconocible.
IV	Muy descompuesta	Pedazos grandes que pueden ser destruidos con las manos.
III	Moderadamente descompuesta	Pedazos grandes que no pueden ser descompuestos por las manos (muestras tomadas con broca a rotación).
II	Algo descompuesta	Aparece como roca sana pero tiene manchas muestras de descomposición.
I	Roca sana	

Figura 5.5. Sistema de clasificación de perfil de meteorización empleado en Hong Kong (oficina de control geotécnico, 1979)

Término	Descripción
Fresca	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa.
Decolorada	Se observan cambios en el color original de la matriz rocosa. Es conveniente indicar el grado de cambio. Si se observa que el cambio de color se restringe a uno o algunos minerales se debe mencionar.
Desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original. La roca es friable, pero los granos minerales no están descompuestos.
Descompuesta	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

Figura 5.6. Descripción del grado de meteorización, (según Vallejos, 2002)

PERFIL ESQUEMÁTICO	LOVE (1951) LITTLE (1961)	VARGAS (1951)	SOWERS (1954, 1963)	CHANDLER (1969)	GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)	
	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS, BASÁLTICAS Y ARENISCAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	V COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA	
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	PARCIALMENTE ALTERADA	IV	HORIZONTE IB	
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA		III	V COMPLETAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IC (SAPROLITO)
	III MODERADAMENTE ALTERADA			II	IV ALTAMENTE ALTERADA	ZONA DE TRANSICIÓN	IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	II ALGO ALTERADA			IB MUY POCO ALTERADA	III MODERADAMENTE ALTERADA		IB PARCIALMENTE METEORIZADA
	I ROCA SANA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	I ROCA INALTERADA	IA ROCA SANA	ROCA SANA	

Figura 5.7. Perfil de Meteorización, según diferentes autores.

En este perfil la roca madre ocupa la parte más baja y alejada de la superficie, y el suelo la más alta.

Tal como lo establece González de Vallejo (2005) cuando el suelo permanece *in situ* sin ser transportado, se le conoce como suelo residual, mientras que si ha sufrido transporte, formando depósitos coluviales, aluviales, etc., se refiere a suelo transportado.

5.4.2.- Origen del Suelo

Para DAS (2006) la mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por el interperismo de diferentes rocas. Existen dos tipos generales de interperismo, por un lado está el mecánico y por otro el químico.

- El interperismo mecánico no es más que el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, el viento, las olas oceánicas, el hielo glacial, la acción de congelamiento, además de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor.

- Por su parte el interperismo químico está referido al proceso de descomposición química de la roca original.

Se establece una diferencia clara en los dos procesos, debido a que, en el caso del interperismo mecánico la roca solo se fractura en piezas de menor tamaño sin cambiar su composición química, mientras que, en el interperismo químico el material original puede transformarse en otro totalmente diferente.

Por otro lado González de Vallejo (2005) establece que los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión, pero con la diferencia de que el autor establece tres fases, que son las siguientes:

❖ Física: se produce por un lado por cambios térmicos, lo que origina dilataciones diferenciales entre los diversos minerales, dando lugar a acciones y fisuras internas, y por otro lado por la acción del agua que produce arrastres de fragmentos ya erosionados.

❖ Química: ésta se origina por fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, cementación, entre otros.

❖ Biológica: producida por actividad bacteriana, induciendo putrefacciones de materiales orgánicos y mezclando el producto con otras partículas de origen físico-químico, actuando de elemento catalizador.

En el siguiente cuadro se resumen los distintos procesos que intervienen en la formación de los suelos:

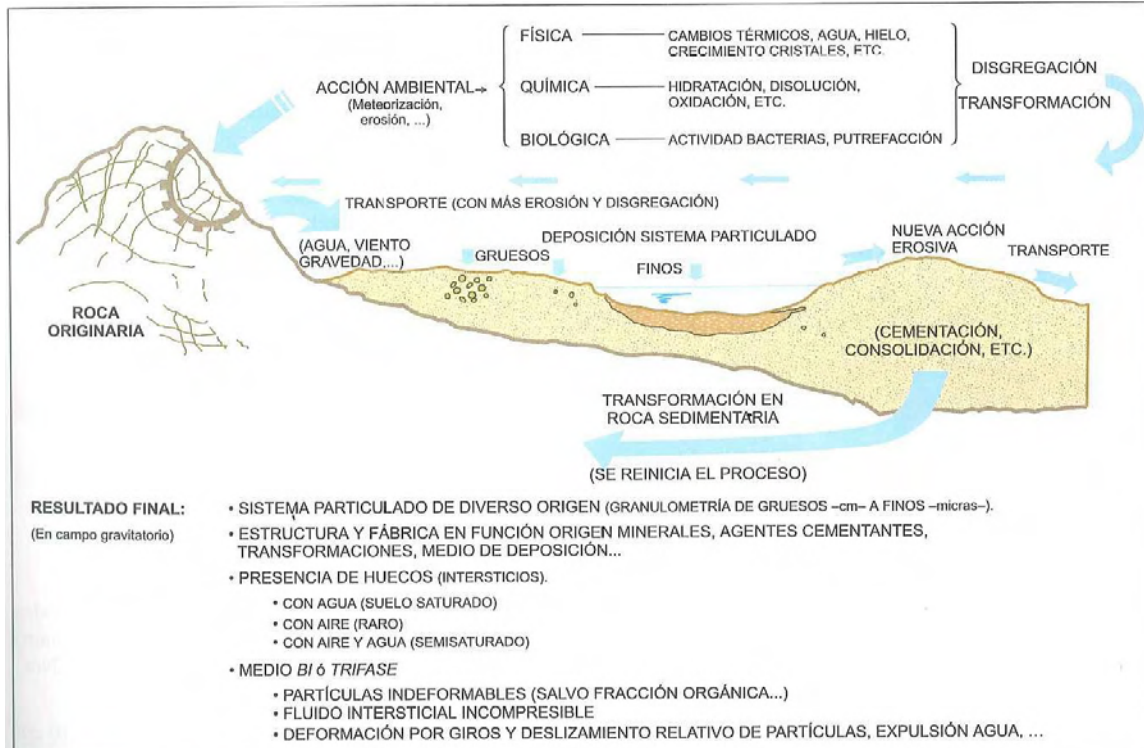


Figura 5.8. Formación del suelo.

5.5.- Características geotécnicas de los sedimentos

VALLEJO (2002), define como depósitos sedimentarios aquellos formados por los procesos geomorfológicos y climáticos, destacando el medio de transporte y la meteorización. Explica que en la rama de la geotecnia la clasificación de los depósitos sedimentarios es importante puesto que con ello se conoce granulometría, forma y tamaño que esto dependerá del medio de transporte que prevaleció en la zona al momento de acumularse y compactarse los sedimentos.

Tipos de depósitos, en función de sus relaciones geológicas-geotécnicas más características:

❖ Suelo Residual:

Se conoce entonces que el suelo residual es aquel que permanece in situ sin ser transportado, según DAS (2006) los depósitos de suelo residual son comunes en los

trópicos, en las islas como Hawaii y en el sureste de Estados Unidos. Es importante destacar que la naturaleza de un depósito de suelo residual dependerá generalmente de la roca madre.

Al tratar con suelo residual se deben de tomar las siguientes consideraciones;

- Los suelos residuales que derivan de rocas químicas poseen una zona gradual de transición al lecho de roca.
- Los suelos residuales derivados de la intemperización de rocas tipo calizas son casi todos de color gris; aunque de tipo uniforme.
- Los suelos residuales inmediatamente arriba del lecho rocoso pueden estar normalmente consolidados.
- Las cimentaciones de gran tamaño con grandes cargas sobre ellas son susceptibles a grandes asentamientos por consolidación en estos suelos.

❖ **Depósitos Coluviales**

Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo-deshielo principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de la ladera o depósitos de solifluxión. Frecuentemente están asociados a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, están formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, embebidos en una matriz limo arcillosa. (VALLEJO, 2002)

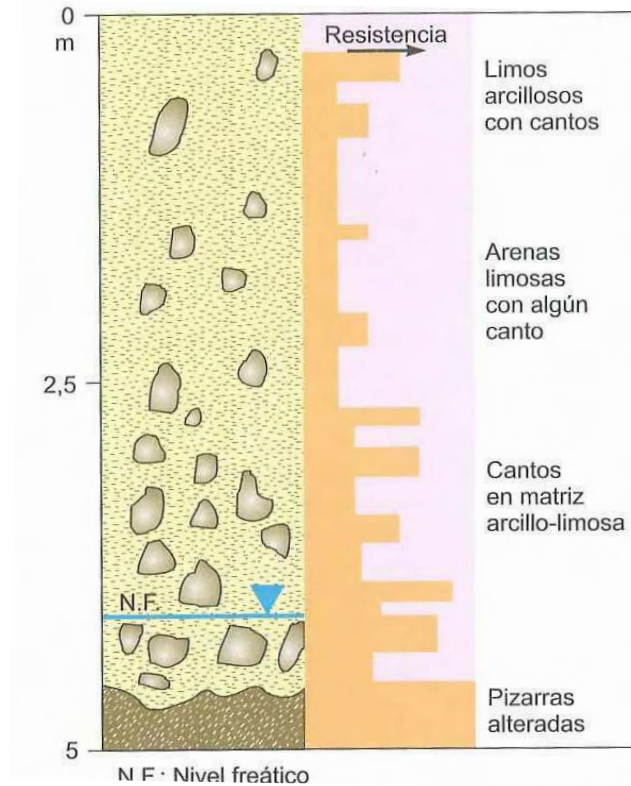


Figura 5.9: Perfil tipo de depósitos coluviales

❖ Depósitos de Climas Tropicales:

Las condiciones climáticas en regiones tropicales con alta humedad y altas temperaturas determinan una intensa meteorización química originando suelos residuales muy desarrollados. Su composición mineralógica, fábrica y las condiciones geoquímicas del medio controlan el comportamiento geotécnico de estos suelos.

Cuando precipitan altos contenidos de hierro y aluminio se forman las lateritas. Si las condiciones de drenaje son deficientes pueden formarse los denominados suelos negros, ricos en esmectitas. Si el drenaje es alto se forman las arcillas rojas, ricas en halloysitas.

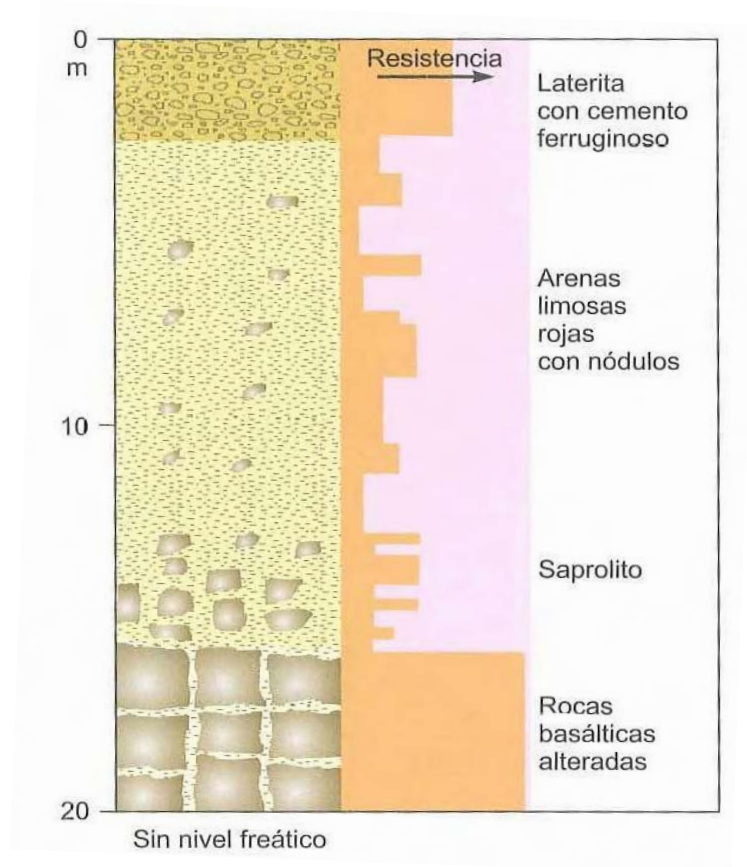


Figura 5.10: Perfil tipo de depósitos de climas tropicales

❖ **Depósitos aluviales:**

Los depósitos de suelo aluvial se generan por la acción de corrientes de agua y ríos, su tamaño varía desde las arcillas hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Están muy desarrollados en los climas templados, ocupando causes y valles fluviales, llanuras y abanicos aluviales, terrazas y paleocauces.

Son suelos muy anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría.

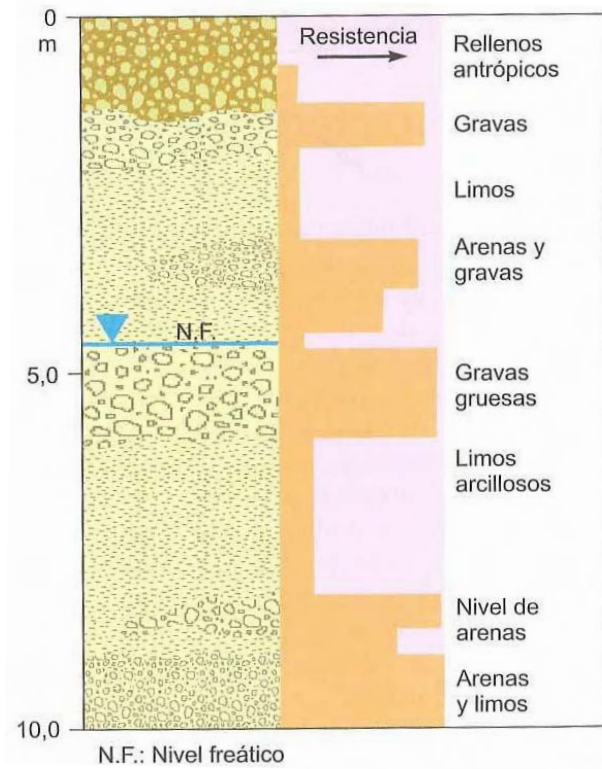


Figura 5.11: Perfil tipo de depósitos aluviales.

Se dividen en dos categorías principales: depósitos de corrientes entrelazadas (anastomosadas) y depósitos causados por el serpenteo meándrico de corrientes. (MODIFICADO DE DAS, 2006).

❖ Depósitos de corrientes entrelazadas:

Las corrientes entrelazadas son de flujo rápido y gradiente pronunciado. Son altamente erosivas y arrastran grandes cantidades de sedimentos. Debido a la elevada carga de fondo, un cambio pequeño en la velocidad del flujo ocasionará el depósito de sedimentos y así generan una compleja maraña de canales convergentes y divergentes separados por bancos de arena e islotes. (MODIFICADO DE DAS, 2006).

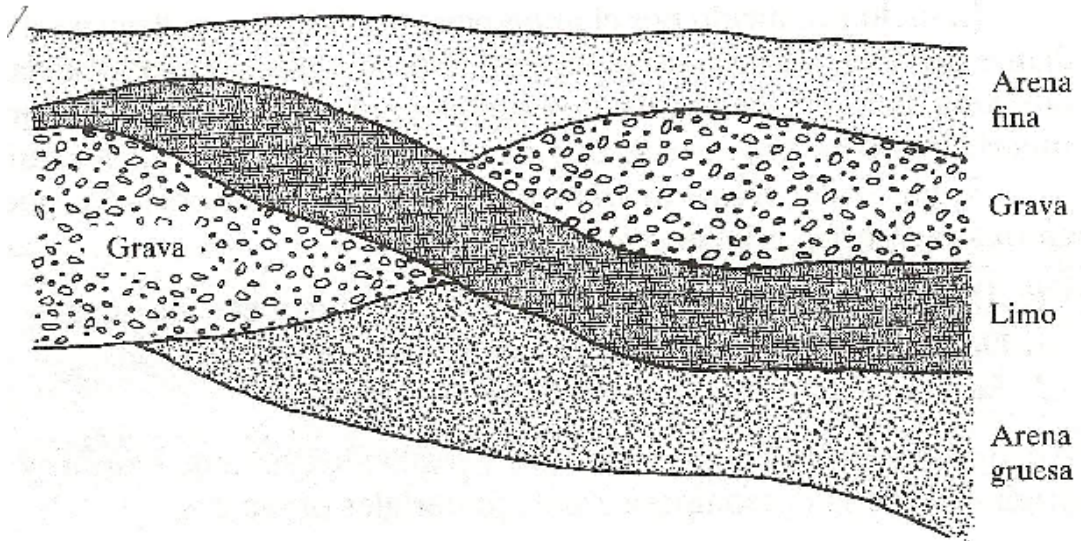


Figura 5.12: Depósitos de corrientes entrelazadas

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1. COMPRESIÓN UNIAXIAL

6.1.1 Resistencia a la compresión a la roca de las zonas de San Román y Lomas de Las Mercedes.

Se realizaron mediciones en los diferentes puntos de la zona de estudio, en aquellas zonas donde afloraba la roca y estuviese en condiciones óptimas para ensayar. Cabe destacar que tanto las mediciones como la toma de muestra se hicieron en sentido perpendicular a los planos de foliación.

Los resultados de la Resistencia a la Compresión en cubos de roca arrojaron valores dispersos; en las muestras M-10 y M-13' las cuales son los menores valores de resistencia a la compresión en cubos se obtuvo un promedio de $93 \text{ Kg/cm}^2 \pm 18 \text{ Kg/cm}^2$, mientras que en las muestras M-10', M-12, M-12' y M-13 las cuales corresponden a los mayores valores de resistencia a la compresión se obtuvo un promedio de $224 \text{ Kg/cm}^2 \pm 40 \text{ Kg/cm}^2$. En general se presentó un máximo de 282.51 Kg/cm^2 y un mínimo de 75.68 Kg/cm^2 (ver Gráfico 6.1).

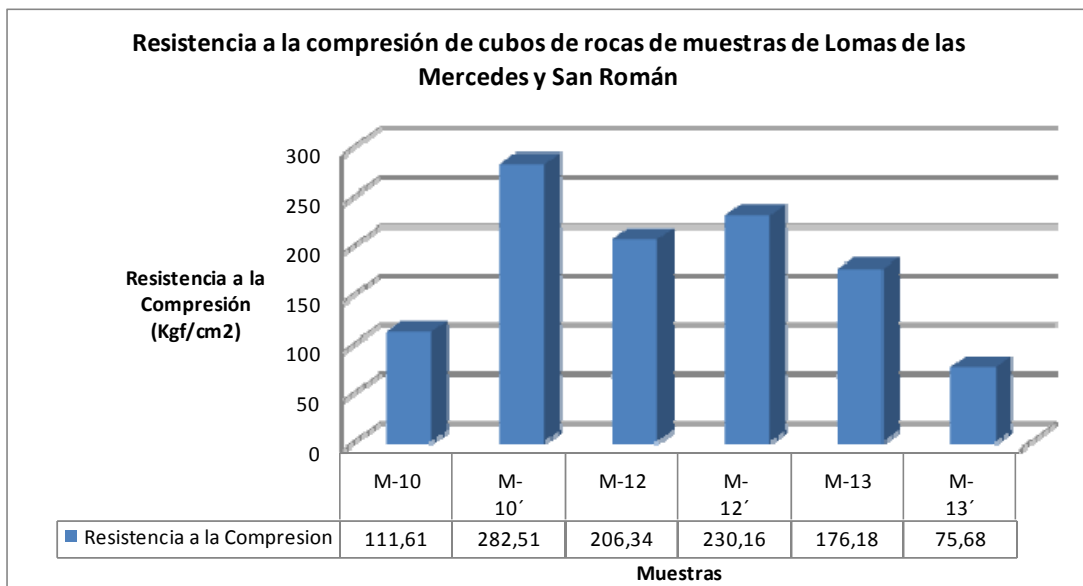


Gráfico 6.1. Refleja los valores de compresión de las muestras obtenidas en roca.

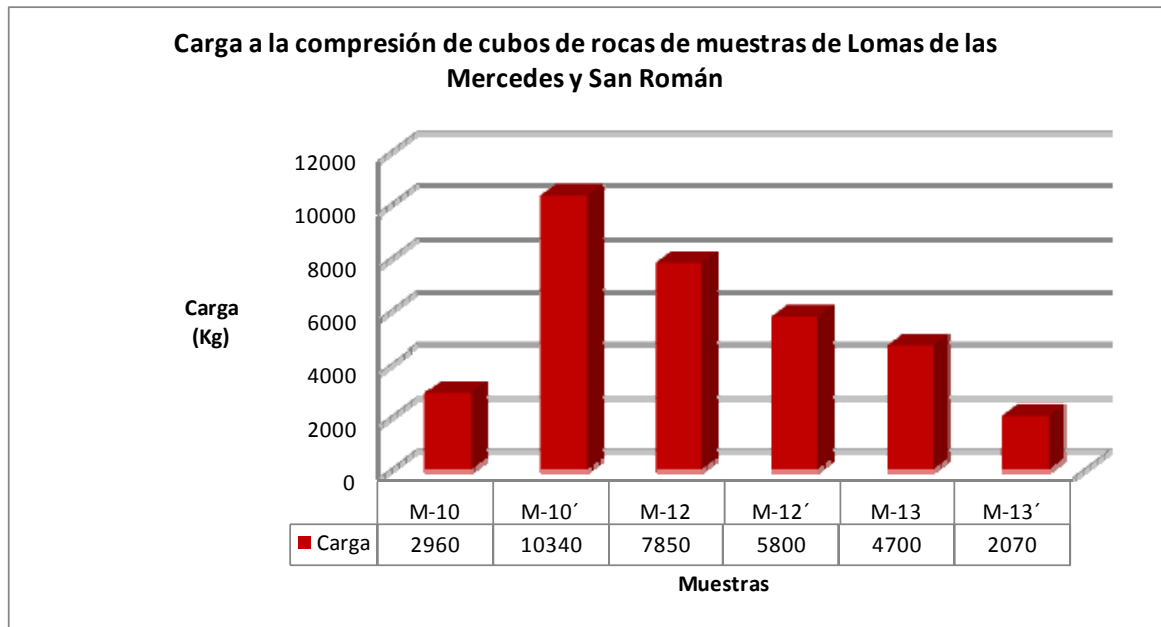


Gráfico 6.2. Muestra los valores de carga que soporta la roca

6.1.2 Resistencia a la compresión a la roca del sector de Caurimare.

Los resultados de la Resistencia a la Compresión en cubos de roca arrojaron valores dispersos; en las muestras M-7 y M-8 las cuales son los menores valores de resistencia a la compresión en cubos se obtuvo un promedio de $69,76 \text{ Kgf/cm}^2 \pm 29,82 \text{ Kgf/cm}^2$, mientras que en las muestras M-7, M-7' y las cuales corresponden a los mayores valores de resistencia a la compresión se obtuvo un promedio de $79,95 \text{ Kgf/cm}^2 \pm 19,63 \text{ Kgf/cm}^2$. En general se presentó un máximo de $99,58 \text{ Kgf/cm}^2$ y un mínimo de $69,12 \text{ Kgf/cm}^2$ (ver Gráfico 6.3).

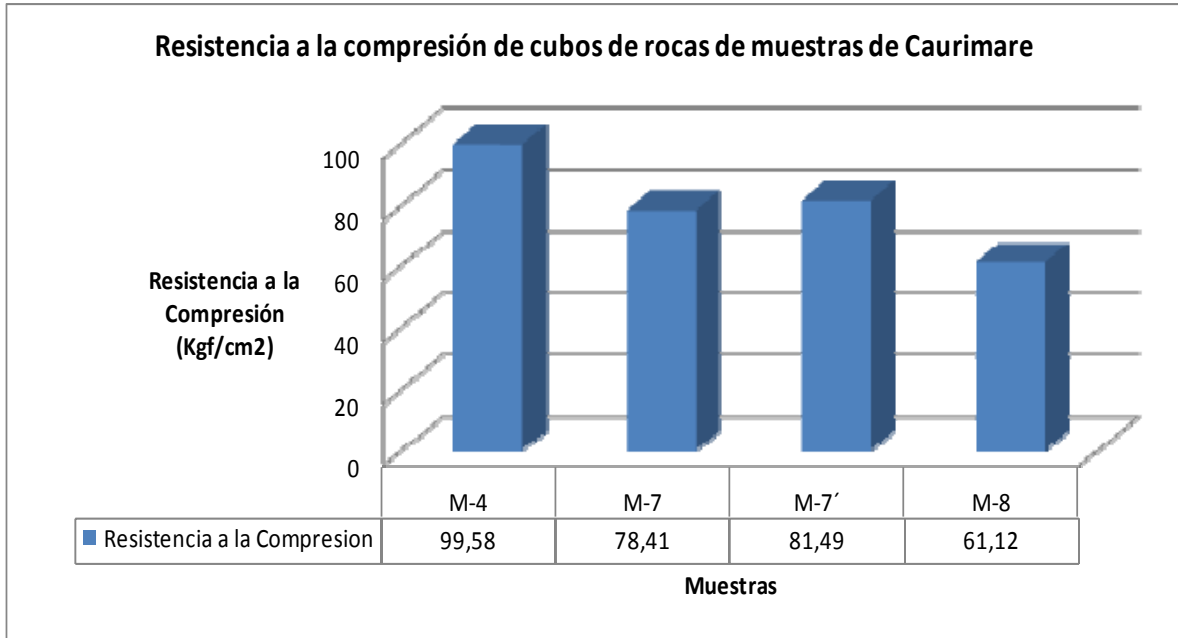


Gráfico 6.3. Refleja los valores de compresión de las muestras obtenidas en roca.

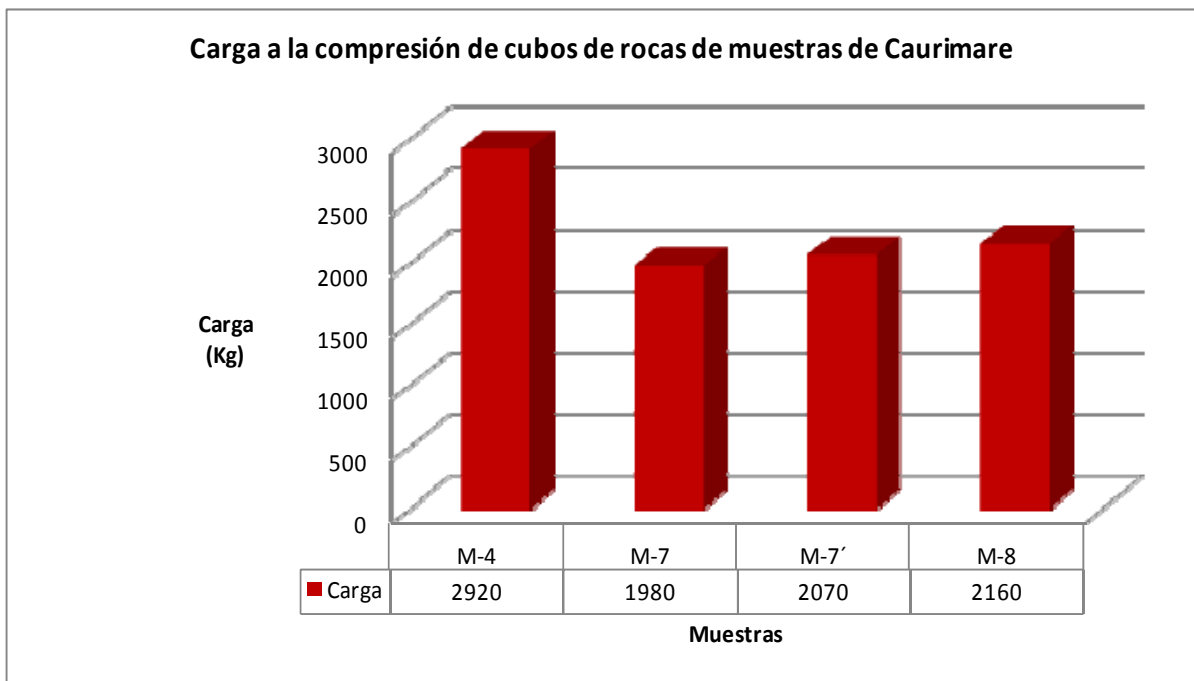


Gráfico 6.4. Muestra los valores de carga que soporta la roca

6.2. GRANULOMETRÍA

6.2.1 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en Caurimare Av. AC3

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	20,29	2,70	2,70	97,30	
	1/2"	12.700	26,11	3,47	6,17	93,83	
	3/8"	9.524	10,17	1,35	7,52	92,48	
	# 4	4.763	43,02	5,73	13,25	86,75	% Arena
GRUESA	# 10	2.000	71,49	9,51	22,76	77,24	9,50
ARENA MEDIA	# 20	0,850	83,46	11,11	33,87	66,13	19,50
	# 40	0,425	63,24	8,42	42,29	57,71	
ARENA FINA	# 100	0,150	91,25	12,14	54,43	45,57	19,90
	# 200	0,074	58,65	7,81	62,24	37,76	

% GRAVA 13,25

% TOTAL ARENA 48,90

% PASA 200 37,76

Tabla 6.1: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M1, estación 1. Caurimare Av. AC3

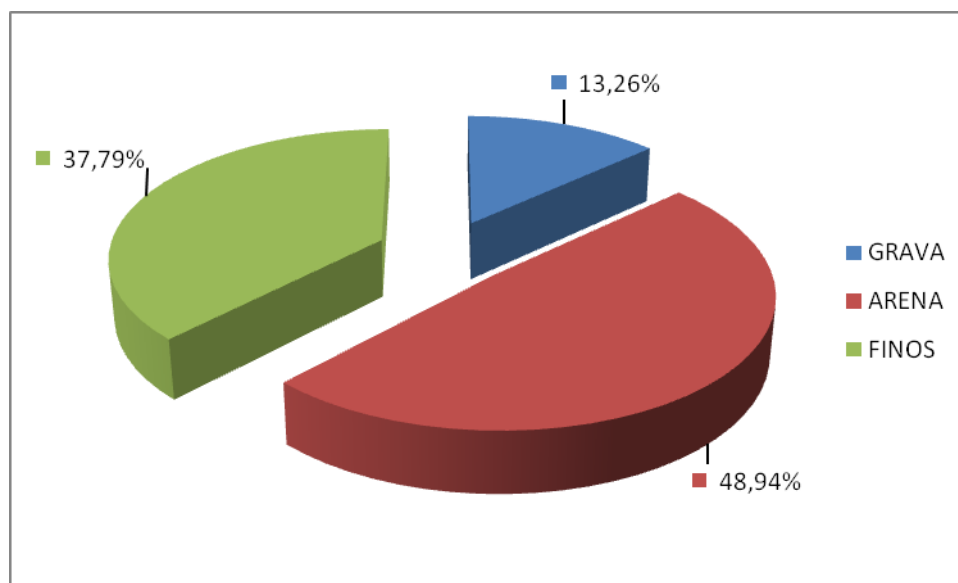


Gráfico 6.5. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M1, estación 1. Caurimare Av. AC3

6.2.2 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en Caurimare Av. AC.

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	-	-	-	100,00	
	1/2"	12.700	7,87	1,77	1,77	98,23	
	3/8"	9.524	3,44	0,77	2,54	97,46	
	# 4	4.763	15,57	3,49	6,03	93,97	% Arena
GRUESA	# 10	2.000	21,68	4,87	10,90	89,10	4,90
ARENA MEDIA	# 20	0,850	29,72	6,67	17,57	82,43	12,20
	# 40	0,425	24,60	5,52	23,09	76,91	
ARENA FINA	# 100	0,150	43,07	9,67	32,76	67,24	17,90
	# 200	0,074	36,81	8,26	41,02	58,98	

% GRAVA

% TOTAL ARENA

% PASA 200

Tabla 6.2: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M2, estación 2. Caurimare Av. AC.

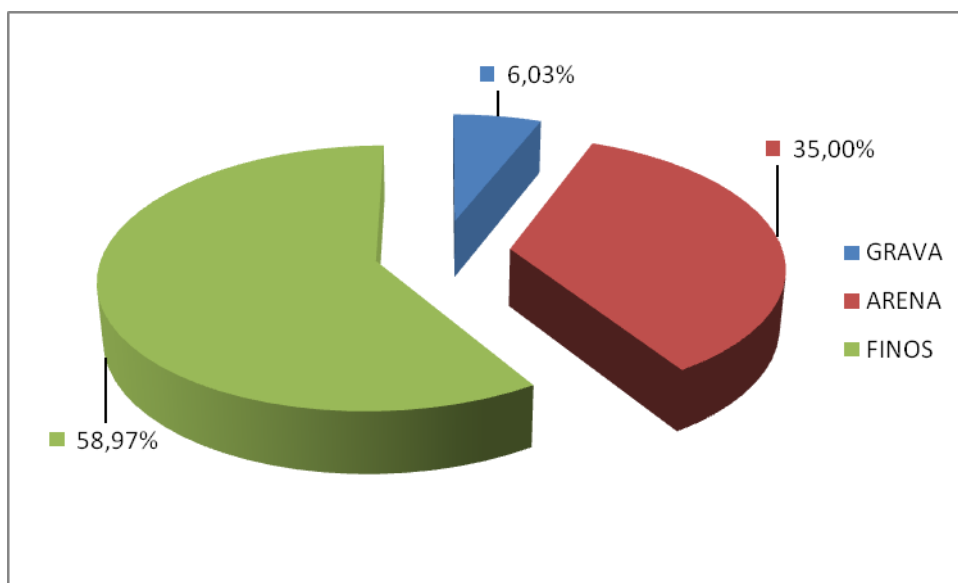


Gráfico 6.6. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M2, estación 2. Caurimare Av. AC

6.2.3 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en Caurimare Av. C "Sector Tepuy".

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	117,37	11,76	11,76	88,24	
	1/2"	12.700	36,86	3,69	15,45	84,55	
	3/8"	9.524	55,10	5,52	20,97	79,03	
	# 4	4.763	90,27	9,05	30,02	69,98	% Arena
GRUESA	# 10	2.000	108,44	10,87	40,89	59,11	10,90
ARENA MEDIA	# 20	0,850	92,80	9,30	50,19	49,81	15,80
	# 40	0,425	64,73	6,49	56,68	43,32	
ARENA FINA	# 100	0,150	91,69	9,19	65,87	34,13	14,70
	# 200	0,074	55,47	5,56	71,43	28,57	

Tabla 6.3: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M3, estación 3. Caurimare Av. C "Sector Tepuy".

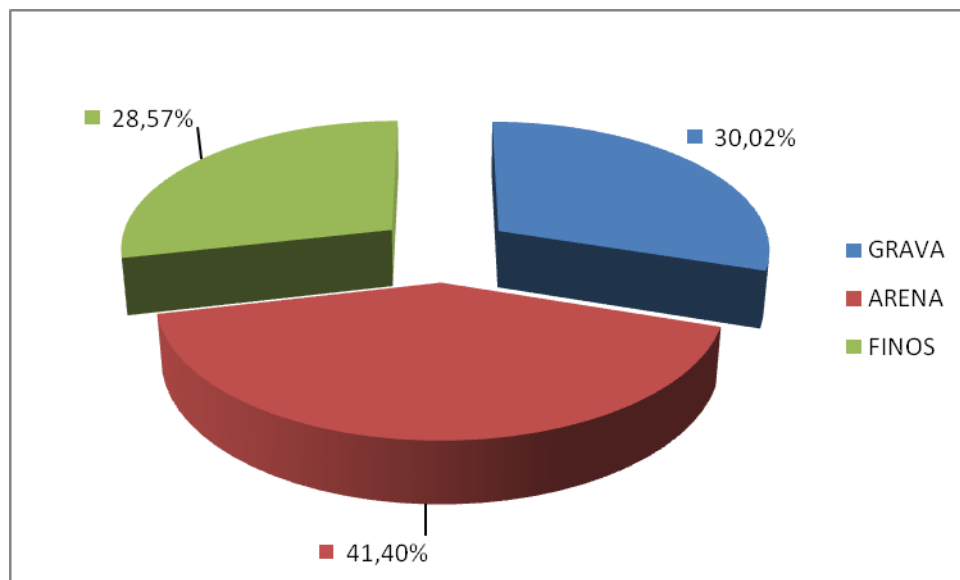


Gráfico 6.7. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M3, estación 3. Caurimare Av. C "Sector Tepuy"

6.2.4 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en Caurimare Calle

F.

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	30,89	3,41	3,41	96,59	
	1/2"	12.700	43,30	4,79	8,20	91,80	
	3/8"	9.524	42,36	4,68	12,88	87,12	
	# 4	4.763	91,41	10,10	22,98	77,02	% Arena
GRUESA	# 10	2.000	108,07	11,95	34,93	65,07	11,90
ARENA MEDIA	# 20	0,850	105,39	11,65	46,58	53,42	19,60
	# 40	0,425	71,81	7,94	54,52	45,48	
ARENA FINA	# 100	0,150	94,15	10,41	64,93	35,07	17,20
	# 200	0,074	61,26	6,77	71,70	28,30	

% GRAVA

% TOTAL ARENA

% PASA 200

Tabla 6.4: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M5, estación 4. Caurimare Calle F.

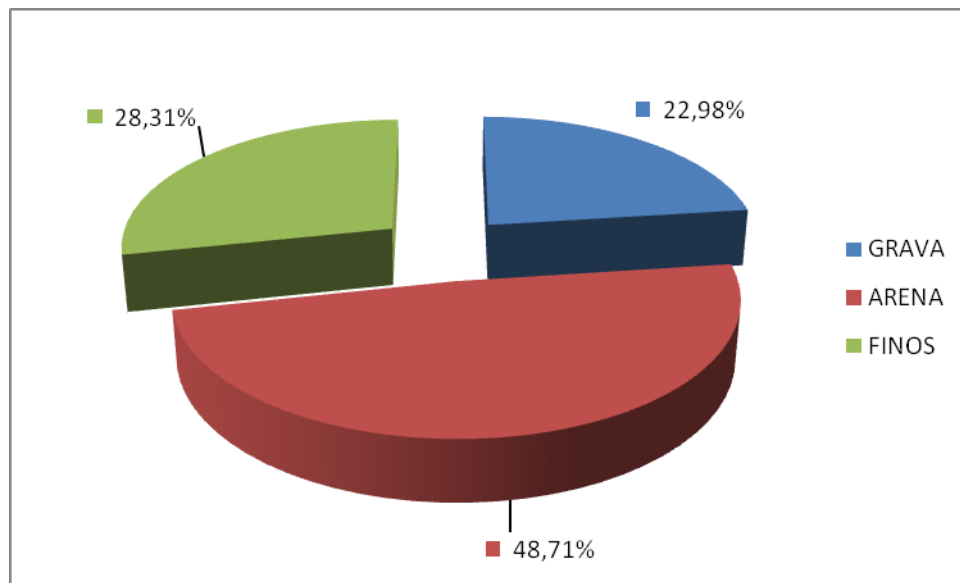


Gráfico 6.8. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M5, estación 4. Caurimare Calle F.

6.2.5 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en la Av. Principal de Caurimare.

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	-	-	-	100,00	
	1/2"	12.700	21,63	3,37	3,37	96,63	
	3/8"	9.524	24,99	3,89	7,26	92,74	
	# 4	4.763	45,43	7,07	14,33	85,67	
GRUESA	# 10	2.000	51,39	8,00	22,33	77,67	8,00
ARENA MEDIA	# 20	0,850	53,97	8,40	30,73	69,27	15,60
	# 40	0,425	46,09	7,17	37,90	62,10	
ARENA FINA	# 100	0,150	71,22	11,08	48,98	51,02	18,60
	# 200	0,074	48,18	7,50	56,48	43,52	

% GRAVA % TOTAL ARENA % PASA 200

Tabla 6.5: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M6, estación 5. Av. Principal de Caurimare.

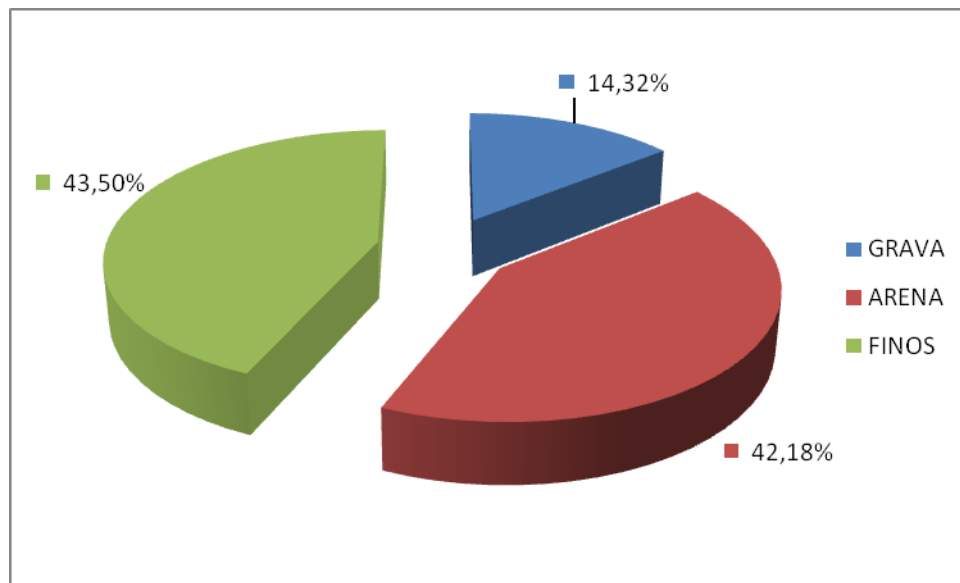


Gráfico 6.9. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M6, estación 5. Av. Principal de Caurimare.

6.2.6 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	8,20	1,00	1,00	99,00	
	1/2"	12.700	27,00	3,40	4,40	95,60	
	3/8"	9.524	14,10	1,80	6,20	93,80	
	# 4	4.763	50,10	6,30	12,50	87,50	
GRUESA	# 10	2.000	78,80	9,90	22,40	77,60	% Arena
ARENA MEDIA	# 20	0,850	92,30	11,60	34,00	66,00	21,80
	# 40	0,425	81,10	10,20	44,20	55,80	
ARENA FINA	# 100	0,150	116,80	14,70	58,90	41,10	22,40
	# 200	0,074	60,70	7,60	66,50	33,50	

% GRAVA

% TOTAL ARENA

% PASA 200

Tabla 6.6: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M9, estación 7. Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

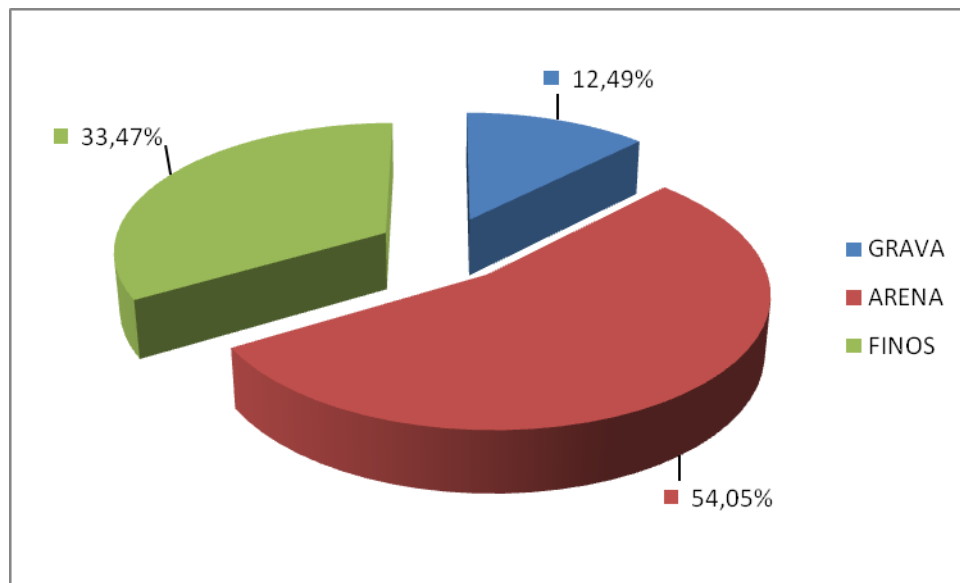


Gráfico 6.10. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M9, estación 7. Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

6.2.7 Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a en Lomas de San Román Calle Buenaire.

Clasificación	Tamiz		Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acum.	% que Pasa	
GRAVA	3"	76.200	-	-	-	100,00	
	2"	50.800	-	-	-	100,00	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100,00	
	3/4"	19.050	117,00	15,30	15,30	84,70	
	1/2"	12.700	27,10	3,50	18,80	81,20	
	3/8"	9.524	20,00	2,60	21,40	78,60	
	# 4	4.763	35,90	4,70	26,10	73,90	
GRUESA	# 10	2.000	57,20	7,50	33,60	66,40	% Arena
ARENA MEDIA	# 20	0,850	48,30	6,30	39,90	60,10	10,50
	# 40	0,425	31,60	4,10	44,00	56,00	
ARENA FINA	# 100	0,150	56,90	7,40	51,40	48,60	14,30
	# 200	0,074	52,10	6,80	58,20	41,80	

% GRAVA

% TOTAL ARENA

% PASA 200

Tabla 6.7: Ensayo de granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M11. Lomas de San Román Calle Buenaire.

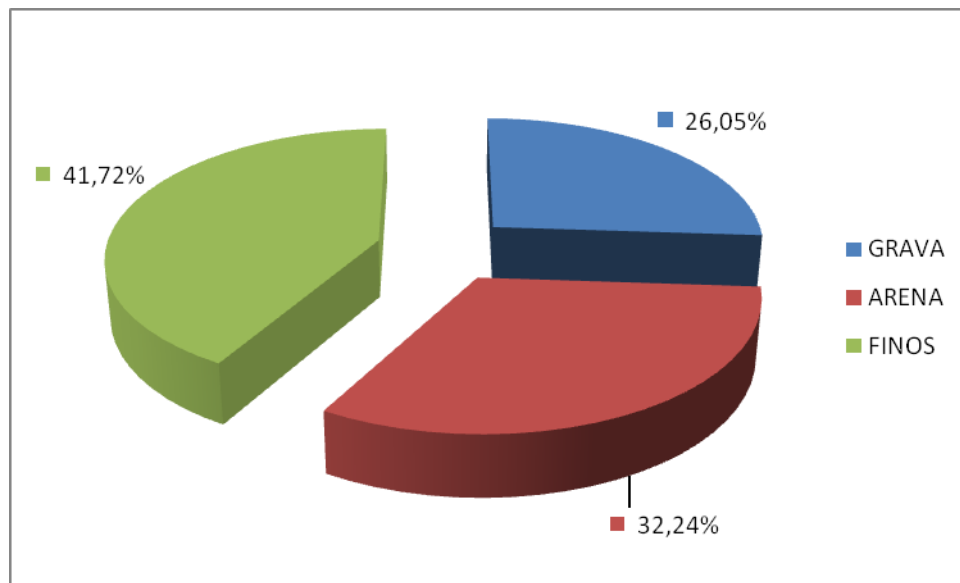


Gráfico 6.11. Distribución de la granulometría de suelos ASTM C-136-96^a, muestra M11. Lomas de San Román Calle Buenaire.

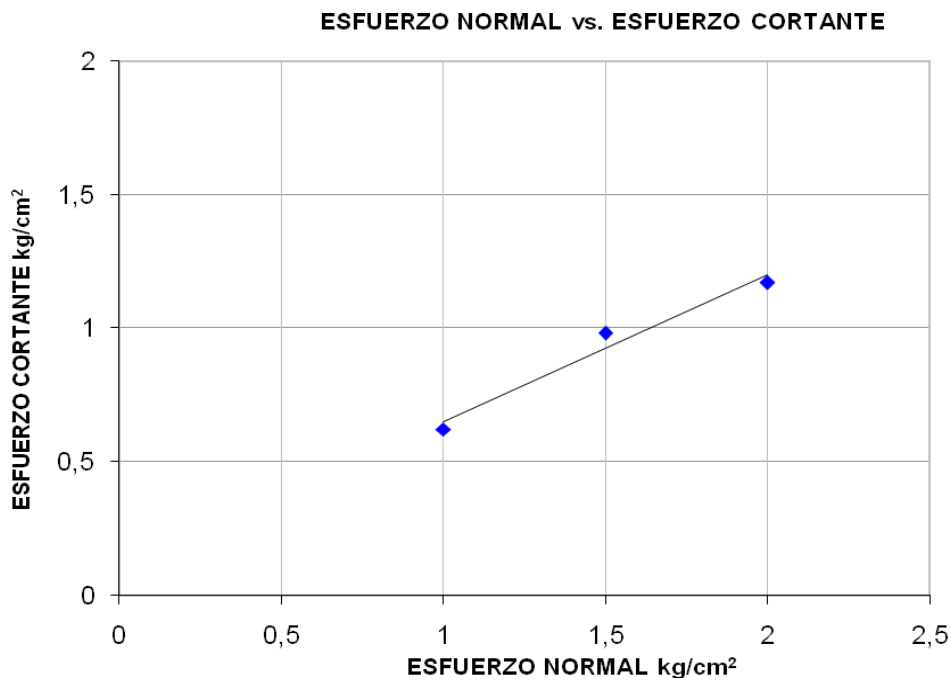
6.3. CORTE DIRECTO

6.3.1. Ensayo de corte directo ASTM-D 3080 en las Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

MEDIDAS INICIALES M-1		MEDIDAS INICIALES M-2		MEDIDAS INICIALES M-3	
Ancho (cm)	6	Ancho (cm)	6	Ancho (cm)	6
Altura (cm)	2,8	Altura (cm)	2,8	Altura (cm)	2,8
Peso (g)	200,40	Peso (g)	200,40	Peso (g)	200,40
Humedad (%)	8,45	Humedad (%)	8,45	Humedad (%)	8,45
Area (cm ²)	36	Area (cm ²)	36	Area (cm ²)	36
Volumen (cm ³)	100,80	Volumen (cm ³)	100,80	Volumen (cm ³)	100,80
Dens.Hum (g/cm ³)	1,988	Dens.Hum (g/cm ³)	1,988	Dens.Hum (g/cm ³)	1,988
Dens.Seca (g/cm ³)	1,833	Dens.Seca (g/cm ³)	1,833	Dens.Seca (g/cm ³)	1,833

Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0,623	0,982	1,170

Tabla 6.8: Ensayo de corte directo ASTM-D 3080, muestra 9 en las Lomas de las Mercedes Calle la Peña.



Valor de Cohesión C (kg/cm ²)	0,10
Angulo de Fricción ϕ	28,68

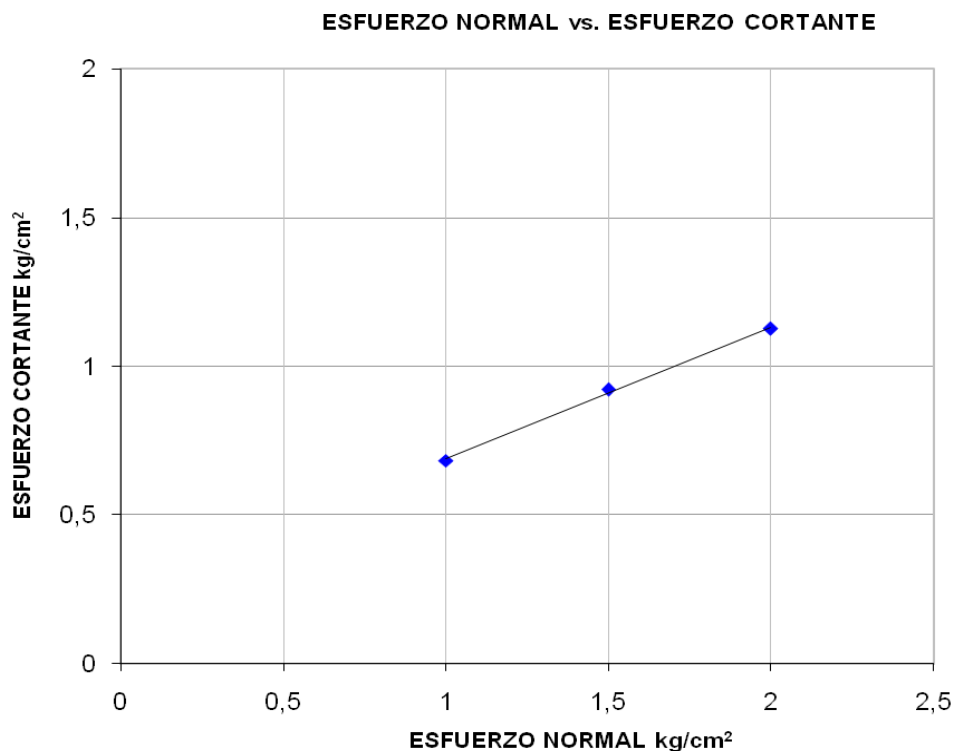
Gráfico 6.12. Esfuerzo normal vs. Esfuerzo cortante de la muestra 9 ubicada en Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

6.3.2. Ensayo de corte directo ASTM-D 3080 en las Lomas de San Roman Calle Buenaire.

MEDIDAS INICIALES M-1		MEDIDAS INICIALES M-2		MEDIDAS INICIALES M-3	
Ancho (cm)	6	Ancho (cm)	6	Ancho (cm)	6
Altura (cm)	2,8	Altura (cm)	2,8	Altura (cm)	2,8
Peso (g)	194,40	Peso (g)	194,40	Peso (g)	194,40
Humedad (%)	10,96	Humedad (%)	10,96	Humedad (%)	10,96
Area (cm ²)	36	Area (cm ²)	36	Area (cm ²)	36
Volumen (cm ³)	100,80	Volumen (cm ³)	100,80	Volumen (cm ³)	100,80
Dens.Hum (g/cm ³)	1,929	Dens.Hum (g/cm ³)	1,929	Dens.Hum (g/cm ³)	1,929
Dens.Seca (g/cm ³)	1,738	Dens.Seca (g/cm ³)	1,738	Dens.Seca (g/cm ³)	1,738

Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0,683	0,921	1,126

Tabla 6.9: Ensayo de corte directo ASTM-D 3080, muestra 11 en las Lomas de San Román Calle Buenaire.



Valor de Cohesión C (kg/cm ²)	0,25
Angulo de Fricción ϕ	23,89

Gráfico 6.13. Esfuerzo normal vs. Esfuerzo cortante de la muestra 11 ubicada en Lomas de San Román Calle Buenaire.

6.4. LIMITES DE CONSISTENCIA.**6.4.1. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Av. AC 3.**

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	15	25	35		
Cápsula N°	41A	226	209	AE-A	
Peso cápsula	24,58	27,14	20,97	26,30	
Cápsula+suelo húmedo	42,40	44,43	42,55	37,12	
Cápsula+suelo seco	38,26	40,64	37,95	35,31	
Cantidad de agua	4,14	3,79	4,60	1,81	
Peso del suelo seco	13,68	13,50	16,98	9,01	
% Humedad	30,26	28,07	27,09	20,09	
Límite líquido (%)	28,07	Límite plástico (%)	20,09	Índice plasticidad	7,99

Tabla 6.10: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 1 estación 1, Caurimare Av. AC 3.

6.4.2. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Av. AC.

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	17,00	25,00	34,00		
Cápsula N°	172	186	297	111	
Peso cápsula	23,90	21,59	20,07	22,18	
Cápsula+suelo húmedo	40,77	37,59	37,48	32,60	
Cápsula+suelo seco	36,44	33,62	33,36	30,80	
Cantidad de agua	4,33	3,97	4,12	1,80	
Peso del suelo seco	12,54	12,03	13,29	8,62	
% Humedad	34,53	33,00	31,00	20,88	

Límite líquido (%)	33	Límite plástico (%)	20,88	Índice plasticidad	12,12
--------------------	----	---------------------	-------	--------------------	-------

Tabla 6.11: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 2 estación 2, Caurimare Av. AC.

6.4.3. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Av. C "Sector Tepuy".

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	17	24	37		
Cápsula N°	19A	237	82	34A	
Peso cápsula	24,59	21,19	25,2	25,31	
Cápsula+suelo húmedo	40,71	39,21	43,48	36,54	
Cápsula+suelo seco	36,51	34,67	39,06	34,32	
Cantidad de agua	4,2	4,54	4,42	2,22	
Peso del suelo seco	11,92	13,48	13,86	9,01	
% Humedad	32,23	33,68	31,89	24,64	

Límite líquido (%)	33,54	Límite plástico (%)	24,64	Índice plasticidad	8,9
--------------------	-------	---------------------	-------	--------------------	-----

Tabla 6.12: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 3 estación 3, Caurimare Av. C "Sector Tepuy".

6.4.4. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Caurimare Calle F.

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	17	24	34		
Cápsula N°	298	117	16	178	
Peso cápsula	21,11	26,00	21,60	21,96	
Cápsula+suelo húmedo	41,81	44,23	40,92	32,20	
Cápsula+suelo seco	36,66	39,86	36,51	30,34	
Cantidad de agua	5,15	4,37	4,41	1,86	
Peso del suelo seco	15,55	13,86	14,91	8,38	
% Humedad	33,12	31,53	29,58	22,20	

Límite líquido (%)	31,45	Límite plástico (%)	22,2	Índice plasticidad	9,26
--------------------	-------	---------------------	------	--------------------	------

Tabla 6.13: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 5 estación 4, Caurimare Calle F.

6.4.5. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Av. Principal Caurimare.

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	15	25	35		
Cápsula N°	2	33	10A	275	
Peso cápsula	21,34	26,22	23,45	21,92	
Cápsula+suelo húmedo	39,89	46,09	43,46	33,50	
Cápsula+suelo seco	35,21	41,32	38,91	31,17	
Cantidad de agua	4,68	4,77	4,55	2,33	
Peso del suelo seco	13,87	15,10	15,46	9,25	
% Humedad	33,74	31,59	29,43	25,19	

Límite líquido (%)	31,59	Límite plástico (%)	25,19	Índice plasticidad	6,40
--------------------	-------	---------------------	-------	--------------------	------

Tabla 6.14: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 6 estación 5, Av. Principal Caurimare.

6.4.6. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	15	27	37		
Cápsula N°	149	747A	11	205	
Peso cápsula	26,53	23,11	20,93	26,76	
Cápsula+suelo húmedo	43,02	43,17	38,45	37,72	
Cápsula+suelo seco	39,31	38,87	34,86	35,84	
Cantidad de agua	3,71	4,30	3,59	1,88	
Peso del suelo seco	12,78	15,76	13,93	9,08	
% Humedad	29,03	27,28	25,77	20,70	

Límite líquido (%)	-	Límite plástico (%)	20,70	Índice plasticidad	-
--------------------	---	---------------------	-------	--------------------	---

Tabla 6.15: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 9 estación 7, Lomas de las Mercedes Calle la Peña.

6.4.7. Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, Lomas de San Román Calle Buenaire.

Ensayo	LL	LL	LL	LP	LP
Punto	1	2	3	1	2
N° de golpes	17	24	36		
Cápsula N°	3	17A	268	141	
Peso cápsula	20,70	24,74	21,75	21,17	
Cápsula+suelo húmedo	37,34	43,23	38,49	32,53	
Cápsula+suelo seco	33,17	38,82	34,66	30,34	
Cantidad de agua	4,17	4,41	3,83	2,19	
Peso del suelo seco	12,47	14,08	12,91	9,17	
% Humedad	33,44	31,32	29,67	23,88	

Límite líquido (%)	-	Límite plástico (%)	23,88	Índice plasticidad	-
--------------------	---	---------------------	-------	--------------------	---

Tabla 6.16: Determinación de los límites de consistencia ASTM D 4318-00, muestra 11, Lomas de San Román Calle Buenaire.

CAPITULO VII

ANALISIS DE RESULTADOS

7.1. ANÁLISIS DE LA OCURRENCIA DE DESASTRES POR DESLIZAMIENTOS Y FLUJOS DE DETRITOS A CONSECUENCIA DE LA LLUVIAS EN LOS MESES DE OCTUBRE Y DICIEMBRE DEL 2010 EN LA CIUDAD DE CARACAS

El agua es el factor que más se le asocia con las fallas de los taludes o en la ocurrencia de los flujos de detritos en zonas tropicales, debido a que la mayoría de los flujos o deslizamientos ocurren durante períodos lluviosos y después de lluvias fuertes, el agua que queda en la superficie del terreno y aquella que logra infiltrarse es otro factor que se asocia a la evolución de las inestabilidades de taludes, aunado al tipo de litología que constituye la ladera, colina, taludes, entre otros.

En el caso de Venezuela se manifiestan dos temporadas climáticas, lluvia y sequía, la cual se presentan entre los meses mayo-diciembre y diciembre principio de mayo, respectivamente, con la particularidad que en los últimos tiempos han ocurrido cambios climáticos que han ocasionado alteraciones en estas temporadas, originando períodos de lluvias más duraderos y seguidos. En el caso específico de los meses octubre, noviembre y diciembre del año 2008, tal como lo reseñó Salcedo (2010) se registraron precipitaciones de 110 mm y una lluvia acumulada de 15 días previos de 102.9 mm en una estación ubicada a 6 km del este del área afectada donde se desarrollaron múltiples flujos superficiales de laderas.

Con el pasar del tiempo, dos años más tarde en el 2010, en específico durante el último trimestre se registraron en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología precipitaciones que manejaron cifras de 10 mm a 62 mm en las mediciones diarias durante el último trimestre del año 2010, realizadas por el INAMEH.

Apoyándose en la gráfica utilizada por Salcedo, 2010 referida a la predicción de posible ocurrencia de desastres por deslizamientos en función de la relación entre lluvia máxima por hora y la lluvia acumulada, se logró determinar que en gran medida, las precipitaciones registradas para el último trimestre del 2010 se mantuvieron en los niveles fuera de riesgo a desastre con la salvedad que hubo registros que alcanzaron los niveles menores y en una ocasión alcanzó los 62 mm ubicándose en riesgo medio. Ver gráfico 7.1.

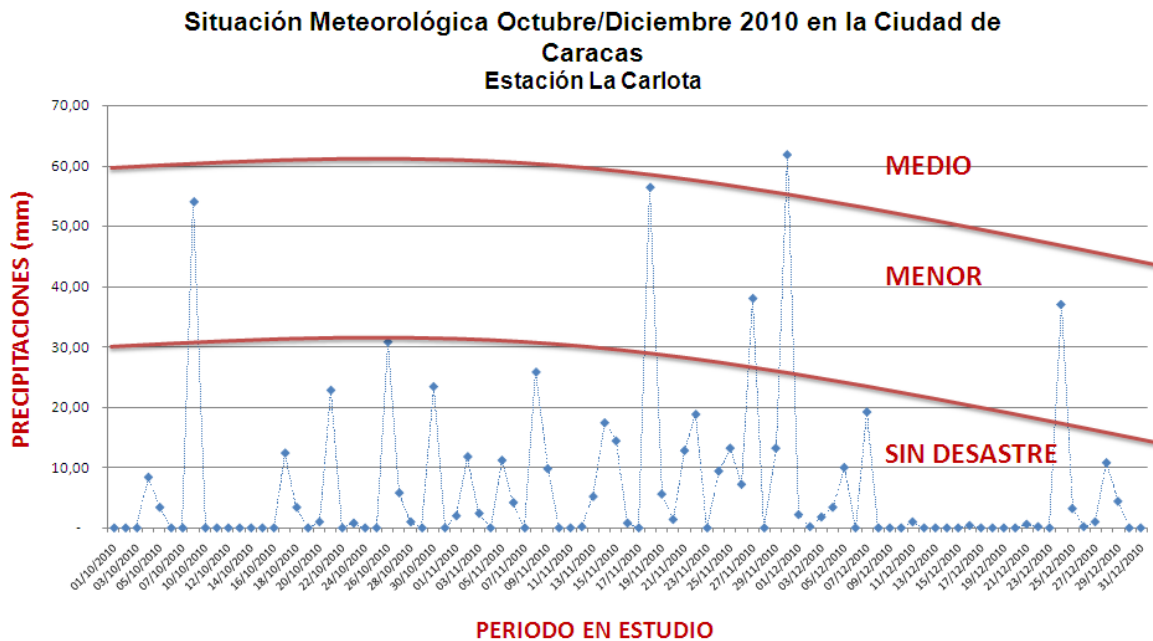


Gráfico 7.1. Note en la gráfica en el eje de la Y está determinado por los valores de las precipitaciones en mm por día, suministrado por el INAMEH y en el eje X se observa los días desde el mes desde el 01 de octubre hasta el 31 de diciembre del 2010.

Cabe destacar que los volúmenes de lluvia registrados no alcanzaron en ningún momento niveles de desastres severos, pero la falta de mantenimiento y saneamiento de los sistemas de drenajes de la capital, la construcción de viviendas en zonas de altos riesgos como en las cercanías de las quebradas y laderas de gran pendiente, inclusive la construcción desmedida de grandes urbanizaciones como es el caso de Caurimare y Lomas

de las Mercedes, cuyas propiedades abarcan una extensa área, se han llevado a cabo construcciones aprovechando los límites de su propiedad, sin tomar en cuenta la calidad de suelo y/o relleno, capacidad portante donde están fundando. Todos estos factores contribuyeron a elevar los niveles de daños inducidos por las lluvias incrementando así las pérdidas de materiales y humanas.

No obstante se debe considerar que para este periodo no hubo presencia de aludes torrenciales, visto que deben generarse dos factores importantes, el movimiento en masas y posterior transporte intenso y creciente de la misma, originado por la reactivación de quebradas con fuerte caudal desde su origen. Para que esto ocurra se deben producir lluvias intensas y prolongadas, las cuales deben de estar distribuidas a lo largo de una zona, logrando reactivar todos los cauces existentes que al final generarían el fenómeno.

7.2. FACTORES ASOCIADOS A FLUJOS SUPERFICIALES INDUCIDOS POR LLUVIAS

7.2.1. Generalidades

Considerando que los flujos superficiales son el resultado de los procesos geodinámicos más frecuentes inducidos por lluvias (Salcedo, 2010) y tomando en cuenta además que su ocurrencia precede y trae como consecuencia la generación de aludes torrenciales o flujos de detritos en cauces los cuales han originado cuantiosas pérdidas económicas y de vidas humanas en áreas urbanizadas se hace necesario establecer el comportamiento litológico de estos fenómenos.

Aún cuando generalmente los flujos de detritos en laderas involucran a masas de suelo con poco espesor, en muchos casos han sido responsables de importantes daños materiales, por tales razones, la identificación de áreas susceptibles a este tipo de procesos geodinámicos y la implementación de las medidas de mitigación requeridas, son actividades que deben ser incorporadas en la práctica profesional de la ingeniería geotécnica.

7.2.2. Análisis de la procedencia y características de los materiales transportados por los flujos superficiales/detritos.

Los aspectos geológicos de una ladera o talud tienen una importancia preponderante en su susceptibilidad a ser afectados por flujos de detritos. En el caso de la unidad mencionada como colinas elongadas estribadas descrita como Esquistos de Las Mercedes, las cuales presentaron alto grado de meteorización, una de las cuales se debe a la composición mineralógica y su habito hojoso (demostrando mayor debilidad y menor resistencia) y como consecuencia desarrollan espesores de suelos que pueden constituir aportes de sedimentos eventos inducidos por lluvias.

Con motivos de las intensas lluvias de los meses noviembre y diciembre del 2010 en el Municipio Baruta del Área Metropolitana de Caracas, se observaron laderas afectadas considerablemente por flujos superficiales, donde el componente litológico resultó ser el responsable de ese comportamiento diferencial. Salcedo, 2010 menciona otros aspectos geológicos que influyen en el aporte de sedimentos, estos incluyen la presencia de rocas muy fracturadas que facilitan la infiltración de agua pluviales y la existencia de otros deslizamientos activos.

Los suelos de relleno con poca o ninguna compactación son, al igual que los coluviales susceptibles a procesos de inestabilidad, por su parte (Suarez, 2001) reporta que los suelos residuales provenientes de las rocas metamórficas como esquistos, son algunos de los materiales más susceptibles a ser afectados por flujos superficiales, debido a su alta capacidad de infiltración. Como es el caso de Las Colinas del sur de Caracas, que litológicamente están constituidas como un esquisto calcáreos cuarzosos, que a pesar de tener minerales del grupo SiO_2 los cuales son lo que le otorgan dureza a la roca, ésta de igual forma es vulnerable a los efectos de la meteorización, siendo más susceptibles y menos resistente.

En lo que respecta a los suelos originados por flujos de detritos, se realizaron ensayos de caracterización de suelo a 7 muestras obtenidas en laderas naturales de diferentes taludes. Las propiedades básicas de estos suelos se reflejan en la tabla 7.1.

Número de muestra y ubicación	Pendiente de la ladera	w %	L.L	IP	% Pasante Nº 40	% Pasante Nº 200	USCS
M1- Caurimare, Av AC-3	33°	23,6	28,07	7,9	57,71	37,76	SC
M2- Caurimare, Av AC	44°	33,03	33	12,12	76,91	58,99	s(CH)
M3- Caurimare, Sector Tepuy	45°	20,47	33,54	8,9	43,32	28,58	(SM-SC)g
M5- Caurimare, calle f	36°	18,7	31,45	9,26	45,48	28,31	(SC)g
M6- av princ Caurimare, edif Boulevard	38°	21,1	31,59	6,4	62,11	43,52	MH
M9- Lomas de las Mercedes	41°	18,25	27,55	9,84	55,7	33,4	SC
M11- Lomas de San Román	41°	11,95	31,85	7,97	55,9	41,6	(SC)g

Tabla 7.1. Resultados de ensayos de laboratorios en suelos afectados por flujos superficiales.

Se determinaron parámetros tales como: Límites de Atterberg (límite líquido, LL y límite plástico. LP), granulometría, gravedad específica. Los suelos se clasificaron de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y los resultados mostraron que la mayoría de los suelos se clasifican como arena arcillosa con grava (SC)g, arcilla de alta plasticidad (CH) y arena limosa con grava (SM-SC)g.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los suelos ensayados, notamos cierta similitud a los publicados por (Salcedo, 2010) para suelos por flujos de detritos en las laderas del Estado Vargas, mostrando mismas características geotécnicas, como por ejemplo: describen una arena arcillosa, existen la presencia de arenas limosas, así como limos de alta plasticidad. Para Salcedo esto significó que todos los materiales transportados por este tipo de evento geológico tienden a tener esta característica y sirve como fuente para próximos estudios en distintas zonas de Caracas.

Según ELLEN & FLEMING (1987), el contenido de partículas del tamaño arcilla es de interés particular, ya que un porcentaje de arcilla muy alto inhibe la movilización de suelos que requieren absorber como el agua para fluir (SALCEDO, 2010).

Cabe destacar que este tipo de litología arenosas es un factor importante y posible causante de la ocurrencia de flujo superficiales de detritos, que para el caso de la zona de Lomas de las Mercedes son arena, el cual presenta una cohesión de 0.10 y un ángulo de fricción de Φ 28.68, además de ser un material permeable. Esto trae como consecuencia la infiltración del agua y por consiguiente reduce los parámetros de resistencia al corte haciendo, que el talud y/o la ladera se saturen ocasionando debilidad al terreno, para generar flujos superficiales. Del mismo modo sucede con el sector de Lomas de San Román donde la arena presenta una cohesión 0.25 y ángulo de fricción Φ 23.89. Aunado a ello, la características dimensionales de las laderas, como altura e inclinación, pudiesen ser la razón por las que en dicha áreas, ocurrieran un gran número de detritos durante las lluvias que tuvieron lugar en el último trimestre del pasado año.

SALCEDO (2009), analizando los procesos geodinámicos inducidos por lluvias, establece que la pendiente del talud, es sin duda un factor a tomar en cuenta en la evaluación de la amenaza de los procesos geodinámicos en consideración. En el caso del evento de diciembre 1999, en el estado Vargas, se puede aseverar que la mayoría de las laderas afectadas por flujo de detritos tenían pendientes comprendidas entre 30° y 50°. Para el estudio del presente trabajo de investigación, estas inclinaciones concuerdan con las tomadas en campo por tanto tal referencia fue usada en los análisis de resultados.

De los resultados obtenidos, se puede evidenciar que existen diversos factores que influyen en la ocurrencia o no de flujos superficiales de detritos en las laderas de un talud en una zona.

❖ Las zonas donde se originó mayor cantidad de flujos están relacionados con zonas de material de relleno, topografía modificada o de suelos residuales con mayores espesores que aquellos donde no ocurrieron.

❖ Los flujos fueron un evento geodinámico que se produjo durante periodos de lluvia producto a la alteración de los parámetros geotécnicos de las partículas del suelo que lo componen.

❖ Los sectores que presentaron mayor ocurrencia de flujos, son aquellas cuyo material de detrito presentó menor ángulo de fricción o resistencia al corte.

❖ Estos eventos tienden a darse principalmente en laderas cuya pendientes pasan los 30° de inclinación, con mayor ocurrencia en aquella zona donde la roca adyacente se encuentra muy meteorizada o descompuesta

De los valores obtenidos en los ensayos de compresión simple, se obtuvo que la roca de la región de Caurimare es blanda, con baja resistencia a la fuerza uniaxial de compresión, reflejando valores diferentes con respecto a la zona de Lomas de Las Mercedes y Colinas de San Román, donde se observan valores más elevados los que permitieron clasificar a la roca como medianamente dura.

Estas características de la roca se ve reflejada en las descripciones del perfil de meteorización donde se describieron zonas en el cual el macizo rocoso estaba mal preservado, es decir, descompuesto y fracturado, mientras que en otras zonas como Lomas de San Román y Mirador, la roca se observaba más fresca, menos afectada por los agentes de meteorización.

Según lo apreciado en campo, las zonas más afectadas fueron aquellas que están construidas sobre material de relleno, producto a topografías modificadas. Dicho material de relleno fue caracterizado en laboratorio como material arenoso, destacando que el mismo es permeable y no cohesivo, además de presentar un ángulo de fricción bajo, con el

efecto del agua infiltrada reduce su resistencia al corte y sumado a la inclinación de la ladera hace probable la ocurrencia de flujos de detritos.

Como ya se mencionó anteriormente la lluvia es un factor clave para la ocurrencia de flujos superficiales en las laderas, pero esto está muy relacionado con el tipo de material constituido por dicho detrito, puesto que el tiempo que se requiere para que una lluvia produzca un deslizamiento es mayor en una arcilla que en un material arenoso (ALONSO, 1995), motivado a las diferencias de infiltración. Este tiempo es inversamente proporcional a la permeabilidad para valores constantes de los demás parámetros (J. SUAREZ, 1998).

7.3. DESARROLLO DEL MAPA GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y SU IMPORTANCIA PARA FINES CONSTRUCTIVOS

Para la elaboración del mapa geológico – geotécnico del presente trabajo de grado se utilizaron dos metodologías diferentes, puesto que la zona de estudio está comprendida por dos tipos litológicos y ambientes diferentes, hacia el sur de de la hoja una unidad de rocas metamórficas y hacia el norte constituida por material sedimentario conformado principalmente por aluviones.

Un propósito para la elaboración de mapas geológicos-geotécnicos se puede referir a la necesidad de caracterizar el suelo y subsuelo con la finalidad de implementar la información a las labores de construcción en las áreas urbanas. La metodología general es de compilar la información geológica y geotécnica descrita en perforaciones, levantamiento de afloramientos, levantamiento de los frentes de excavación de la línea 5 del Metro de Caracas (foso), resultados de ensayos geotécnicos de suelos y rocas, y finalmente la interpretación fotogeológica del área de la hoja; con el uso del *software* AutoCAD 2009, se vaciaron los datos sobre el mapa topográfico en digital. El resultado es un plano topográfico que presenta la información de las condiciones generales del terreno, como por ejemplo: la ubicación de flujos superficiales de detritos, áreas de cortes y rellenos en la topografía, tipo litológico de rellenos y su profundidad, compacidad de las capas del subsuelo, nivel freático, clasificación del grado de meteorización de las rocas, orientaciones de discontinuidades en el macizo rocoso, entre otros. Es por ello que la elaboración y uso

de este plano debe ser requerido como una herramienta para fines constructivos que acreciente la confiabilidad en la toma de decisiones respecto a las fundaciones de obras civiles, industriales, vialidades, entre otros, que induzca el desarrollo urbanístico de la ciudad.

Sector 1: Unidad de rocas metamórficas

Para la caracterización de este sector se usaron principalmente dos fuentes cartográficas: el mapa Bitucotex de Caracas (1951), y el mapa topográfico G-44 (1984), ambos a escala 1:5.000; y también las fotografías aéreas de la misión 8, 0304190 y 0304108 del valle de Caracas. Y además las descripciones geológicas de los levantamientos en campo de afloramientos de roca, y el uso de la base de datos de sondeos de FUNVISIS del área.

Se procedió a mejorar la percepción de los cambios topográficos usando sensores remotos a través de fotografías aéreas de tres misiones, la misión 8 del año 1936 y las fotos de la misión 0304108 y 0304109 de los años 1973 y 1994 respectivamente editadas por Cartografía nacional; se llevó a cabo el análisis fotointerpretativo en simultáneo, en dos estereoscopios con las fotografías, al observar el relieve original contra la topografía modificada se identificaron los drenajes y su posterior modificación, zonas de corte de talud, botes. En conjunto con los estudios actuales se interpretó que las quebradas fueron rellenadas para fines constructivos, representando hoy día a grandes avenidas de la ciudad de Caracas como por ejemplo: la avenida principal del Cafetal, las avenidas principales de San Luis, Santa Sofía y Lomas del Mirador.

Las limitaciones durante este proceso se engloban en la imposibilidad de realizar la estereoscopía del solape de una fotografía de topografía original contra una foto post-modificación, debido a las diferencias de las rutas de vuelo y escala a las que fueron generadas las fotografías de cada misión, por lo tanto el proceso fue minucioso, pero un tanto engorroso e impreciso y se complementa con la información obtenida de la yuxtaposición de los planos.

En el proceso de superposición de planos, la hoja Bitucotex muestra la topografía y la red hidrográfica original de la zona previa al proceso de urbanismo. Este sector se

encuentra enmarcado dentro de la unidad fisiográfica denominada como Las Colinas del Sur de Caracas, donde se encuentran las urbanizaciones: Lomas del Mirador, Lomas de San Román, Lomas de Las Mercedes, Chuao, EL Cafetal y Caurimare; mientras que el plano G-44 correspondiente a este sector presenta las principales modificaciones de topografía que dieron paso a las construcciones de numerosas urbanizaciones, avenidas, centros comerciales, zonas recreativas, entre otras. Contando con el aporte de estos documentos cartográficos se pudo realizar una comparación por medio de una superposición de planos que favoreció la interpretación y alcance de la topografía modificada., a partir de la interpretación de la intersección de las curvas de nivel. El trabajo de los mapas consistió en superponer el plano Bitucotex con el más reciente con el fin de interceptar las curvas de nivel de ambas hojas, aquella curva de la topografía original que estuviese aguas abajo de la modificada, se consideró corte y viceversa se tomó como relleno. Este procedimiento se llevó a cabo en todas las zonas donde se evidenciara movimientos de tierra, por actividad urbanística, y vialidad, logrando obtener como producto un primer mapa de modificación topográfica.

Para completar la información obtenida con el análisis fotointerpretativo y la superposición de las hojas cartográficas, se vio la necesidad de realizar el levantamiento de campo para contrastar el trabajo hecho en los mapas, además de obtener información veraz en los afloramientos.

Una vez identificado ladera a estudiar, se procedió a realizar la descripción completa del perfil de meteorización presente del talud, con la finalidad de señalar las características del suelo y roca. La zona rocosa del perfil expuesto fue descrita de acuerdo a las consideraciones explicadas en el capítulo I, incluyendo direcciones de estructuras geológicas macroscópicas como planos de foliación, diaclasas y vetas de material precipitado y de cuarzo. Atendiendo a estas características, se clasificó el material rocoso en base al índice de meteorización, dureza y fracturamiento.

Concluida la descripción del perfil de meteorización se identificaron flujos de detritos, a los cuales se les ejecutó la identificación manual del suelo, según el sistema de clasificación unificada de suelo (SUCS), donde se considera el tamaño de partículas, sus

cantidades, variedad de tamaños y las características de los granos finos, incluyendo color, olor y nombre geológico local.

Las limitaciones que se consideraron durante este proceso fue el desarrollo demográfico en Las colinas del sur del valle de Caracas (zona de estudio) las cuales dificultaban el acceso al momento de realizar mediciones o recolección de muestra. La lluvia fue otro factor que truncó al momento de realizar las descripciones, puesto que el terreno se encontraba muy húmedo y con lodo, además de observarse desprendimiento de partículas.

El propósito de describir el perfil de meteorización es sustentar que son rocas metamórficas de textura esquistosa constituidas por un grupo litodémico como Esquisto de Las Mercedes, la cual desarrolla un modelado áspero de Colinas estribadas. Este modelo se evidencia por medio de los componentes del perfil de meteorización en roca sana, meteorizada, descompuesta y suelos. Por su parte la identificación de los flujos superficiales se basó en verificar en campo si estos eventos geodinámicos ocurren en las zonas de relleno o en laderas inestables, obteniendo como resultado que los flujos muestreados sucedieron en los taludes inestables, dejando por entendido que el relleno no es un material idóneo. Se consideró que provenían de excavaciones, material de bote o los desechados en su mayoría de los cortes de los taludes adyacentes a la zona.

Finalmente se completa la información geológica-geotécnica con una base de datos de sondeos de perforaciones aportada por FUNVISIS, las cuales describen el tipo de litología de los suelos de relleno, compacidad, nivel freático y espesor del relleno.

Por último aquella zona donde no se consideró modificación en la topografía se determinó que era la roca original, dándole el nombre de Uecaf (unidad de esquistos calcáreos cuarzo grafitoso con intercalaciones de filitas).

Sector 2: Unidad de aluvión

Este sector resulta por la carencia de estudios de geología urbana y la falta información concerniente a la geología aluvial del Valle de Caracas, en virtud de la importancia para fines de constructivos, se incentiva la necesidad de cartografiar los

depósitos cuaternarios, como marcadores directos e indirectos de deformaciones tectónicas recientes y potenciales generadores de efectos locales agravantes de la actividad sísmica

A tal efecto, se procedió a la identificación de los principales cuerpos sedimentarios en base al control fotogeomorfológico de los mismos, mediante la utilización de vistas aéreas del año 1936 de la misión 8 y de la interpolación con los estudios realizados por el profesor Singer en un informe elaborado por Centeno Rodríguez para el Metro de Caracas (2006), en el cual se cotejaron para los efectos de este trabajo los depósitos descritos como deslaves de aludes torrenciales y las facies proximal de acumulaciones caóticas de bloques rocosos.

Estos eventos son el resultado de un abanico aluvial, el cual presenta un gran número de canales principales y secundarios que atraviesan el macizo rocoso distribuyendo el sedimento desde la pendiente del talud hasta llegar a la planicie, SINAÍ RODRÍGUEZ (2009), los sedimentos característicos son las gravas con matriz arenosa o limosa, las arcillas, peñones de gran tamaño y fragmentos de roca.

Durante el proceso de investigación llevado a cabo y en específico lo relacionado con la distribución de estos sedimentos en la zona noreste de Caracas se contó con la valiosa colaboración del Profesor André Singer, aportando un estudio documental-investigativo que contiene el mapa de amenaza geotécnica sobre la parte oriental del valle de Caracas, que se denomina: “Geología del cuaternario en la parte oriental del Valle de Caracas”, SINGER (1977). En él se observaron los depósitos sedimentarios mencionados anteriormente y se comparó con los analizados en las fotografías aéreas para el desarrollo del plano, destacando que el evento de aludes torrenciales ocupa la parte más extensa de este sector, mientras que las facies caóticas están distribuidas entre las urbanizaciones La Castellana, Altamira, Los Palos grande, Parque Generalísimo Francisco de Miranda.

Como un punto contrastante, se presentó una limitación en este proceso, referido a la utilización e interpretación de las fotografías aéreas a fin de determinar el tipo de litología de forma precisa, visto que la zona se encuentra parcialmente urbanizada, la topografía original no es visualmente identificable para la realización del estudio, por otro lado, al estar frente a un valle no existía diferenciación de relieve, induciendo al

investigador utilizar otras herramientas de percepción, entre las que tenemos diferenciación de colores, identificar canales y quebradas ya que ellos pueden dar indicios del tipo de litología presente en la zona. Por todo lo anteriormente expuesto se requirió proceder con la obtención de una información documental referida a las perforaciones hechas en el subsuelo de la zona para tener una visión más amplia y confiable acerca del tipo litológico presente en esta unidad.

Las anteriormente mencionadas perforaciones fueron aportadas por una base de datos de FUNVISIS (ver figura 4.23), las cuales reflejaban la caracterización del subsuelo. Aunque esta información muestra datos muy amplios del sector, solo se consideraron los más relevantes para cubrir el objetivo planteado, entre ellos tenemos: litologías descritas según (SUCS), consistencia, profundidad de la perforación y nivel freático. Del mismo modo con la información de las perforaciones y los datos geológicos-geotécnicos obtenidos en los levantamientos de los frentes de excavación (fosos) se correlacionaron e interpolaron con el análisis fotointerpretativo, lo que permitió delimitar las unidades litológicas de este sector, logrando identificar dos tipos de unidades, diferenciadas como: la más extensa constituida principalmente por arenas limosas provenientes de aludes torrenciales y el material gravoso con peñones y fragmentos de rocas procedente de acumulaciones caóticas y bloques de roca.

Gracias a la información otorgada por el geofísico MICHAEL SCHIMTZ (2010) donde explica las características de los sedimentos profundos y espesores del Valle de Caracas, se cartografiaron las curvas de nivel, con la intención de darle a conocer al lector la profundidad de la roca o el espesor de sedimentos, los cuales alcanzan valores de hasta 320 metros de profundidad, mientras que las perforaciones exploratorias realizadas no superan los 35 metros de profundidad, ya que en Venezuela son limitados los estudios de suelo que perforan a gran profundidad, en aras de cubrir esta limitación y para conocer el comportamiento mecánico del subsuelo se trabaja con otras herramientas como estudios geofísicos mediante resultados de sísmica de refracción, exploración de aguas subterráneas, estudios gravimétricos mediante la adquisición de 205 estaciones con un gravímetro LaCoste & Romberg modelo G-452. Toda esta información fue suministrada gracias al

apoyo del departamento de geofísica de FUNVISIS, debido a que esta área ha realizado estudios de la geodinámica del suelo en la zona de estudio a grandes profundidades.

El objetivo primordial de cartografiar el espesor de la roca en este trabajo de investigación fue obtener un modelado acerca de las características dinámicas del suelo y estructuras, de igual forma en los depósitos sedimentarios. De esta manera obtener parámetros importantes para la respuesta sísmica como espesores de sedimentos superiores a 50m, geometría de la cuenca, que antes no eran considerados como norma de construcciones sismoresistentes pero ahora con todos los avances y estudios geológico-geotécnicos son incorporados para el momento de cualquier proyecto de obra civil.

7.3.1. Metodología utilizada para la determinación del mapa de espesores en la cuenca los Palos Grandes.

Según lo reseñado por FUNVISIS en un estudio sobre el espesor de los sedimentos en el Valle de Caracas en el año 2010 los primeros mapas de espesores de sedimentos se generaron a partir de un estudio de refracción sísmica y resultados obtenidos por los pozos de agua interpretados por Delaware (1950), con el fin de explicar la distribución de los daños en Caracas a causa del terremoto de 1967. En el estudio de sísmica de refracción se realizaron 14 perfiles sísmicos en el valle de Caracas y 5 perforaciones en el área de Los Palos Grandes, teniendo como resultado la velocidad de las ondas P y S, así como la geometría del basamento rocoso y el espesor sedimentario del valle de Caracas (Weston, 1969).

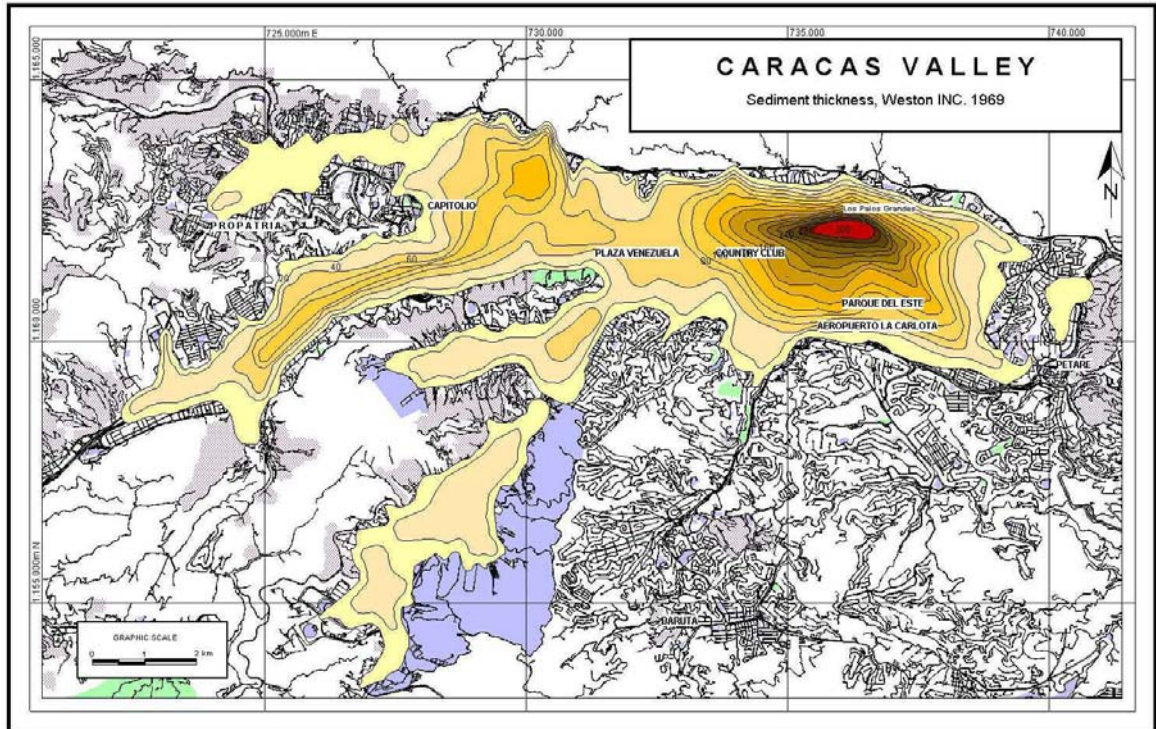


Figura 7.1. Mapa de espesor sedimentario para el valle de Caracas. (Weston, 1969)

Durante el año 2001, Kantak profundizó en estudios mediante la compilación de un mapa de los espesores sedimentarios aluviales, basado en informaciones de pozos, en su mayoría para la exploración de aguas subterráneas (Delaware, 1950; Ingeniería de Suelos, 1961), y los resultados de sismica de refracción (Kantak, 2001). A través de este importante estudio se confirmó la existencia de dos accidentes en el basamento rocoso, uno de más de 300 metros ubicado en Los Palos Grandes/Santa Eduvigis y otra de profundidad importante en San Bernardino que alcanza los 140 metros. Y como aporte importante se permitió conocer 4 unidades litológicas cuaternarias: depósitos de abanicos aluviales (facies proximal y distal), terrazas del Río Guaire y depósitos lacustres (Kantak et al., 2005). (Figura 7.2)

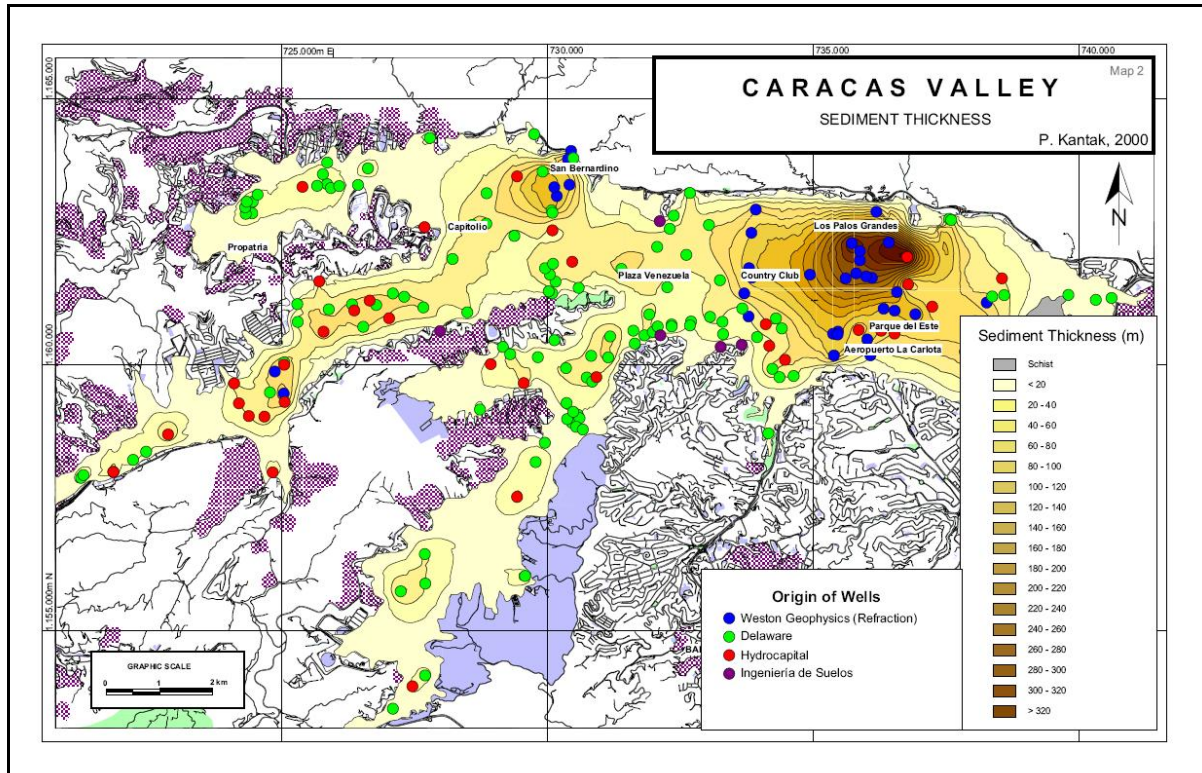


Figura 7.2. Mapa de espesores de sedimentos obtenidos por Kantak et al, 2005

En el mismo orden de ideas, según (FUNVISIS, 1978) se desarrollaron actividades de exploración del subsuelo en el valle sedimentario de Caracas, con el objetivo de estudiar el perfil del subsuelo, tanto en la parte somera como el afloramiento rocoso. Para llevar a cabo la correcta selección de los puntos de exploración se tomó en cuenta su pertenencia a la zona de mayor espesor de sedimentos del valle, la cual tuvo la mayor concentración de daños en edificaciones durante el terremoto de Caracas de 1967.

Los referidos sitios específicos corresponden con las localidades de Los Chorros, La Carlota, Sebucán y San Bernardino, aproximadamente a lo largo de un perfil norte-sur en el este de la cuenca sedimentaria de Caracas y una perforación en San Bernardino, siendo ésta la segunda cuenca de mayor importancia en Caracas. Adicionalmente se incluye la ubicación, en la Avenida Baralt, de un pozo aportado por el Metro de Caracas. C.A.

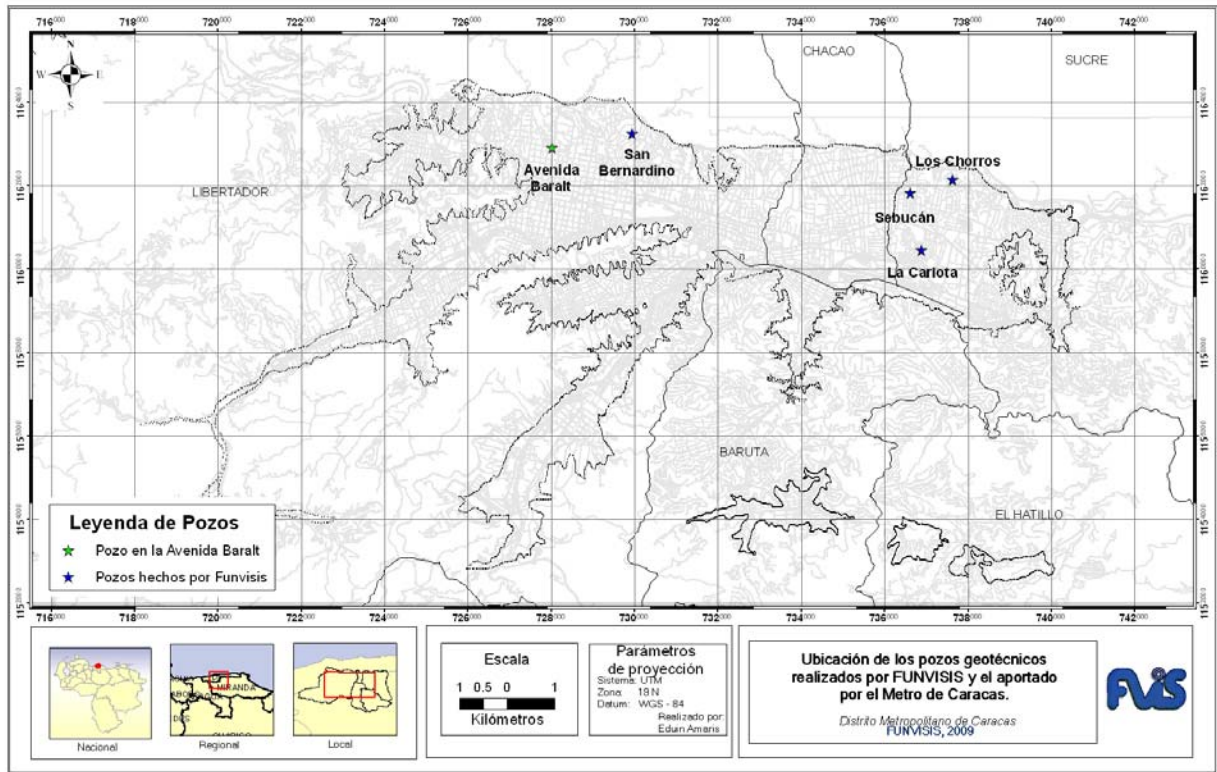


Figura 7.3. Pozos geotécnicos realizados por FUNVISIS en Caracas y por el Metro de Caracas C.A.

Se completaron los trabajos gravimétricos con el objetivo de cuantificar la profundidad del basamento y de los diferentes estratos sedimentarios del Municipio Libertador, Distrito Metropolitano de Caracas, a partir del modelado gravimétrico, análisis espectral y análisis de perfiles de pozos (Moncada, 2005). Entonces se adquirieron un total 541 estaciones gravimétricas usando para ello un gravímetro Scintrex modelo CG-3. Estos datos fueron procesados y llevados a 850 metros sobre el nivel medio del mar y se actualizó el mapa de espesores de sedimentos aportado por Kantak (2001). Según los resultados obtenidos estos espesores se encuentran entre 0 y mayores a 350 metros vinculados a las depresiones de San Bernardino y Los Palos Grandes / Santa Eduvigis (Moncada, 2005) (Figura 7.4).

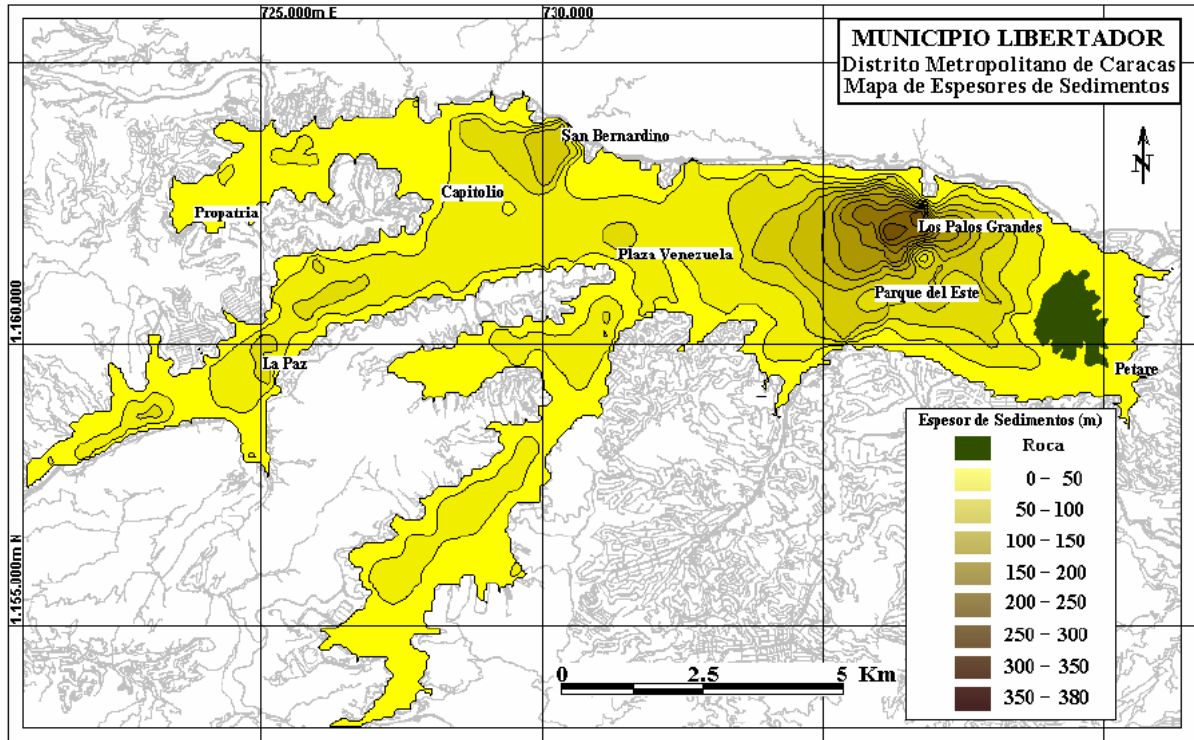


Figura. 7.4. Mapa de Espesores de Sedimentos (Moncada, 2005)

Al momento de comparar las formas de las cuencas derivadas por el método de ruido sísmico ambiental (isoperíodos) y el método gravimétrico (espesores) se determina que la similitud o coincidencia entre los resultados de ambos estudios son destacables. Así mismo, como un punto resaltante al contrastar el mapa de espesores de sedimentos actual (Figura 7.5) con los mapas de espesores anteriores, inicialmente (Kantak, 2001) y con el generado por Moncada (2005) muestra que el mapa actual tiene mayor precisión, con áreas mejor definidas y mejores datos que certifican la forma y la profundidad de las cuencas de San Bernardino y Los Palos Grandes.

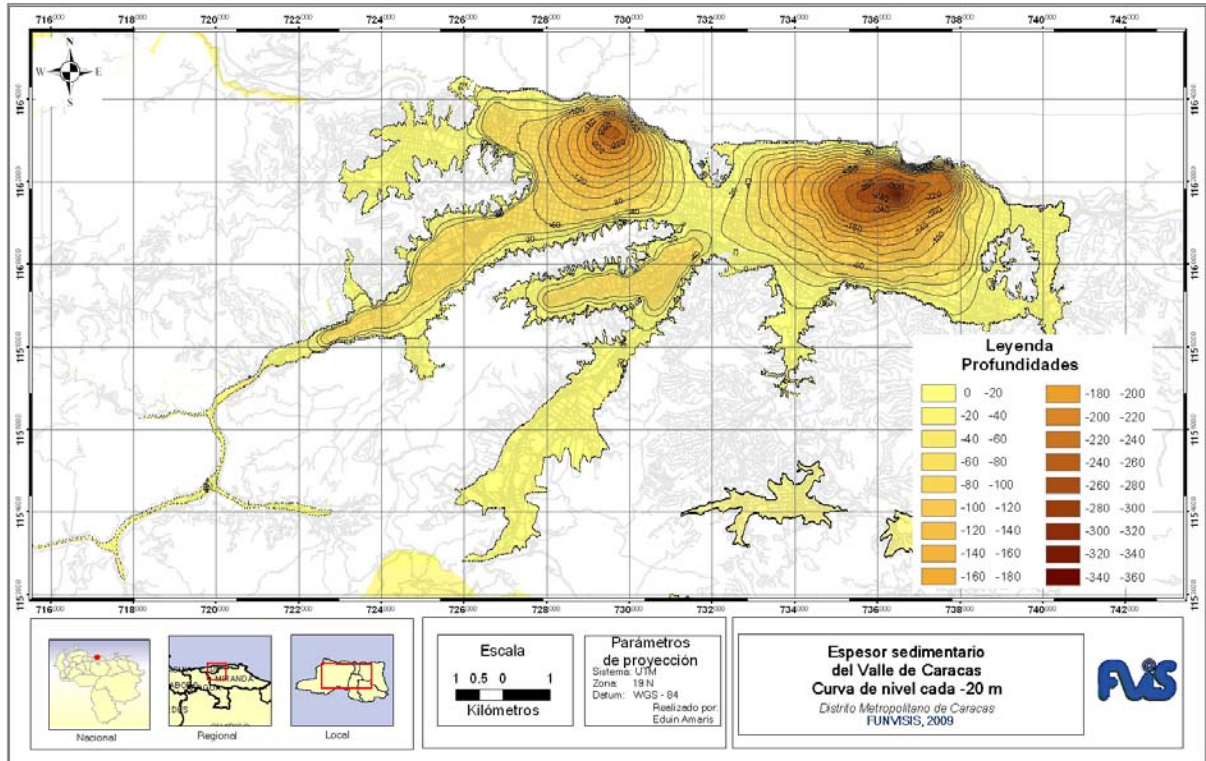


Figura 7.5. Mapa isópaco del espesor sedimentario obtenido a partir del modelado gravimétrico 3D de la ciudad de Caracas, representando las curvas de nivel cada -20 m.

Una característica muy importante que cabe destacar dentro del mapa es su forma. En el caso de la cuenca de Los Palos Grandes, la cual es una de las zonas de estudio, presenta una forma elipsoidal, cuyo eje mayor se encuentra en dirección este-oeste con una extensión de 4 km aproximadamente y el eje menor se encuentra en dirección norte-sur con una extensión de 2,5 km. Por su parte, la cuenca de San Bernardino presenta una forma más regular, circular, en su depocentro perdiendo esta forma a medida que se reducen los espesores de sedimentos.

En cuanto a la estructura del valle de Caracas se considera morfológicamente y tectónicamente como un semigraben separado del macizo del Ávila por el sistema de fallas de Tacaugua-El Ávila, lento según las evidencia geológicas (facetas triangulares). Según estudios geológicos neotectónicos, señalan que estos fenómenos pueden ser el producto

indirecto de actividad sísmica asociada a las fallas transcurrentes que delimitan el horst de la silla de Caracas y cortan el graben (SINGER, 1977).

En la figura 7.6 se observa el mapa topográfico de la ciudad de Caracas, en donde se refleja que tiene un promedio de altura media sobre el nivel del mar de 850 metros. Así mismo, se realizó un mapa de basamento rocoso (Figura 7.7), con la finalidad de ver la forma de la misma, utilizando para ello el espesor sedimentario y el mapa topográfico. Es importante denotar que la base de la cuenca de San Bernardino se encuentra a 750 msnm, mientras que para la cuenca de Los Palos Grandes es de 560 msnm, aproximadamente.

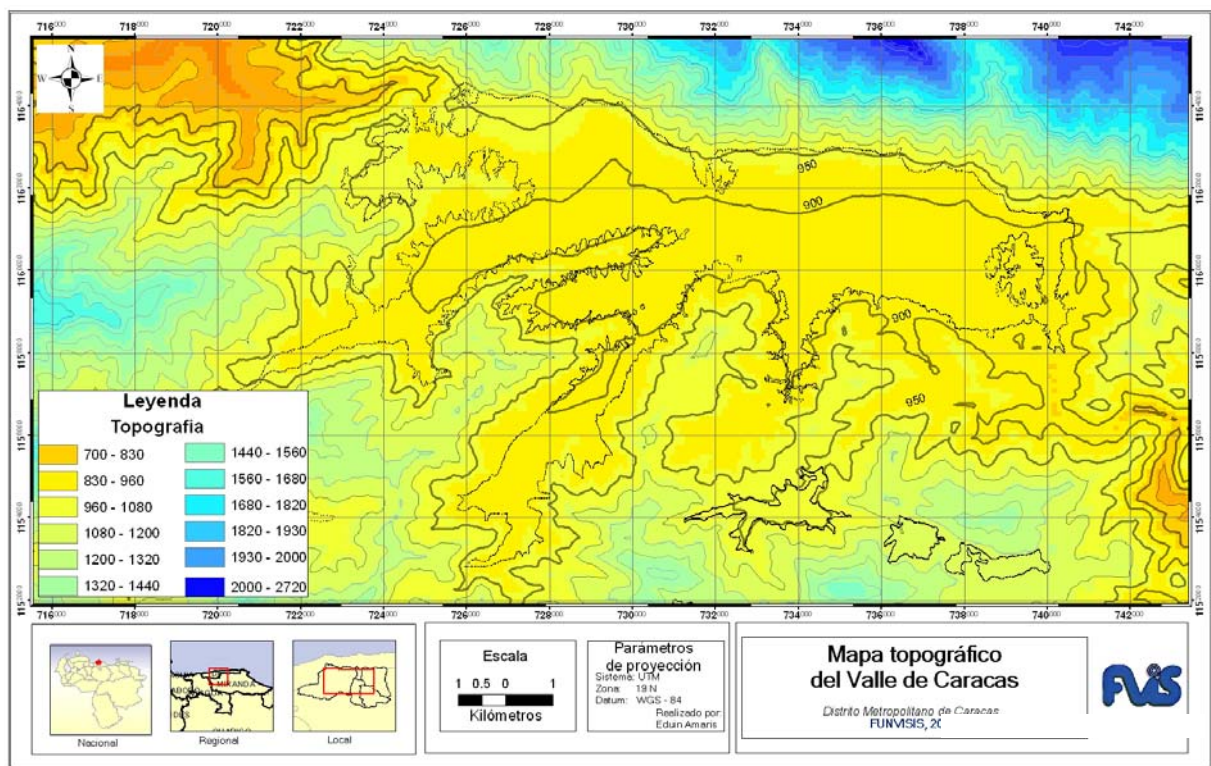


Figura 7.6. Mapa topográfico del Valle de Caracas

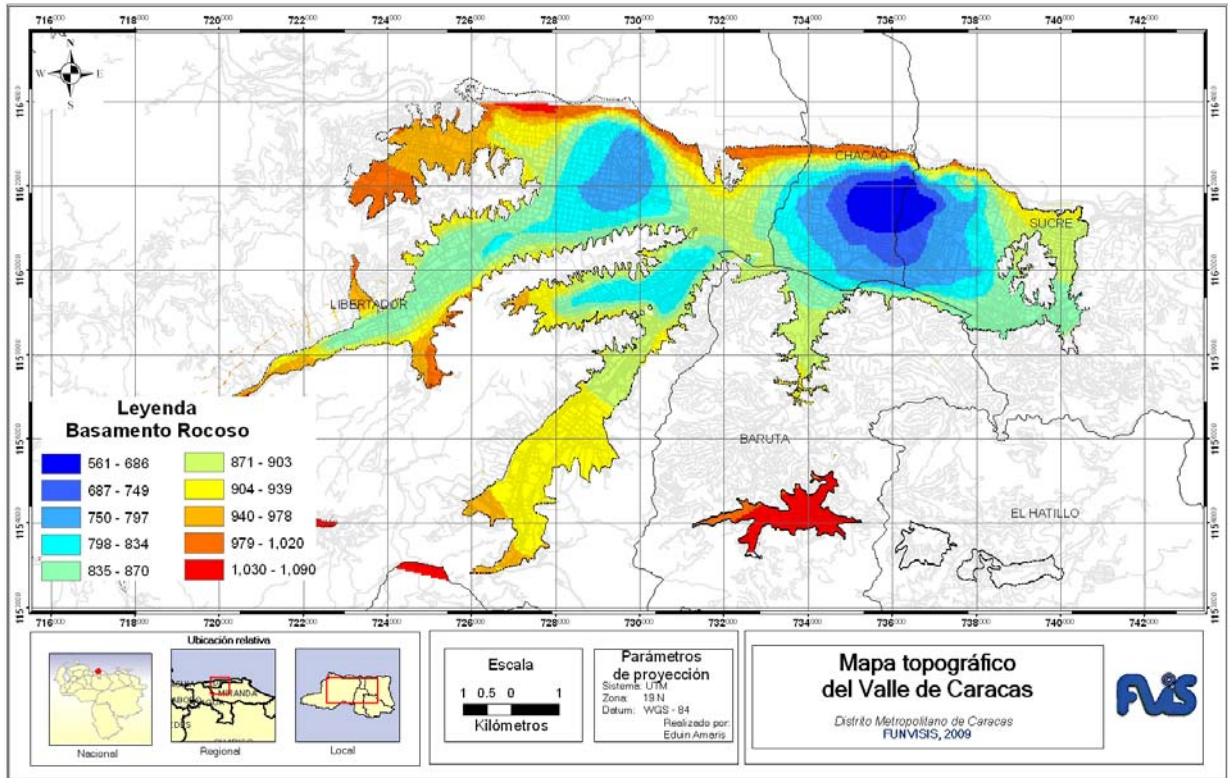


Figura 7.7. Mapa isópaco del basamento rocoso obtenido a partir de la topografía y el mapa de espesor sedimentario.

7.4. ANÁLISIS DE LA CICLICIDAD DE EVENTOS TORRENCIALES EN EL ESTE DEL VALLE DE CARACAS A PARTIR DEL LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DEL FOSO DE MIRANDA II DEL METRO DE CARACAS

En el valle de Caracas se encuentran registradas las evidencias de depósitos aluviales en la columna estratigráfica de las unidades cuaternarias estudiadas en SINGER (1977), SINGER *et al.* (2007), OROPEZA Y ZAMBRANO (2007), entre otros autores.

Un antecedente catastrófico que precedió a los estudios de descripción de los sedimentos en profundidad, y forma parte de las causas que iniciaron el trabajo de investigación, fueron los eventos ocurridos producto del terremoto del año 1967 en el sector de Los Palos Grandes al noreste del valle, donde varios edificios colapsaron y hubo grandes pérdidas humanas y de materiales. A partir de los trabajos que se llevaron a cabo

tuvieron como finalidad conocer la dinámica del suelo y estructuras para incorporar en la norma COVENIN 1756 de construcciones sismo-resistentes la información donde se contemplen los parámetros importantes para la respuesta sísmica como el espesor de la columna sedimentaria y la geometría de la cuenca. (SCHMITZ *et al.*, 2009). De acuerdo a la microzonificación sísmica realizada por dichos autores, se registraron unos 220 m de espesor de sedimentos en la localidad de Los Chorros, 130 m en La Carlota, 280 m en Sebucán y 205 m en el sector de San Bernardino; los cuales fueron interpretados como deslaves y aludes torrenciales provenientes de la vertiente sur del macizo montañoso del Ávila, solapados con terrazas fluviales y depósitos lacustres como resultado de la desorganización del sistema local de drenaje y de la obstrucción del río Guaire y de varios de sus afluentes (río Anauco, qda. Chacaíto, río Tócome). (SINGER *et al.*, 2010).

Una estimación del periodo de ocurrencia de las manifestaciones de aludes torrenciales en la serranía del litoral fue realizado por SINGER *et al.*, (2010), a partir de dataciones por C^{14} obtenidas en trincheras paleosísmicas al pie del Ávila y por vía arqueológica en las unidades aluviales del valle de Caracas. Al presentar una correlación relativamente buena de las edades obtenidas entre los marcadores arqueológicos que se encuentran intercalados en los depósitos aluviales más recientes, con los depósitos de ladera por deslaves, de probable origen paleoclimático y sísmico, identificados en los perfiles de trincheras paleosísmicas, establecieron un periodo de retorno en un valor del orden de 500 años, el cual fue consistente para relacionar la estimación con el evento de deslaves y aludes torrenciales en el estado Vargas en el año 1999. Como se observa en la Tabla 7.2.

Edad arqueológica de paleo eventos torrenciales	Edad C^{14} de paleo eventos torrenciales en trinchera	Edad C^{14} ajustada
1150 d.C – 1500 d.C	1450 d.C – 1620 d.C	1500 d.C
350 a.C – 1150 d.C	1010 d.C – 1170 d.C	1100 d.C
1500 a.C – 350 d.C (?)	430 d.C – 620 d.C	500 d.C

Tabla 7.2. Ajuste de la edad C^{14} de los eventos torrenciales del valle de Caracas por vía arqueológica y mediante geología de trinchera. Tomado de SINGER *et al.*, (2010).

De acuerdo a las descripciones geológicas-geotécnicas del perfil de foso de Miranda II, del frente de excavación de la Línea 5 del Metro de Caracas, se identificaron paquetes de gravas mal gradadas con limo, con niveles de peñones compuestos por rocas provenientes en su mayoría de la Formación Peña de Mora (Augengneis de Peña de Mora), y esquistos feldespáticos, entre otros; dichos paquetes están intercalados con sedimentos más finos (arenas limosas y arcillosas), y cuenta con la presencia esporádica de costras freáticas ferro-manganésicas. Estos materiales corresponden a una dinámica de ambiente de paleocauces coalescentes de deslaves torrenciales areno gravosos con acumulaciones erráticas de bloques de rocas, como se explica en el capítulo 4. En general la columna levantada presenta colores característicos anaranjado-rojizos que pertenecen a la descripción propuesta por SINGER (2007) como los depósitos aluviales del Pleistoceno Medio Q₂, como resultado de un proceso constante de ferruginización evidenciado también por estas costras freáticas ferro-manganésicas mencionadas anteriormente.

Las capas de grava se encuentran separadas entre sí por al menos unos 6 m por capas de tamaño de grava más fino, se describen como materiales que se encuentran en la parte proximal del abanico aluvial donde se depositan esencialmente sedimentos de granulometría variable con bloques de rocas caóticas de gran tamaño y pueden ser sub-angulosos en matriz arena limosa, las cuales se interpretan como eventos torrenciales y deslaves ocurridos durante el Pleistoceno Medio como parte de la sedimentogénesis de la depresión tectónica del valle de Caracas. Esto se compara con el conjunto de secuencia estratigráfica de sedimentos descrita en la trinchera de Santa Rosa. SINGER *et al* (2010) sin embargo no se puede establecer el periodo de retorno bajo la cual se rigieron dichos eventos ya que no se cuenta con la datación de los sedimentos de interés en el área de Miranda II.

CAPITULO VIII

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

❖ La zona de estudio se encuentra ubicada en el Valle de Caracas sobre sedimentos heterogéneos no consolidados de acuerdo al mapa del cuaternario por OROPEZA Y ZAMBRANO (2007) y hacia el sector sureste conocido como Las Colinas del Sur de Caracas en una topografía modificada donde predominan materiales de relleno con espesores que van de 3 a 12 m, sobre un estrato rocoso constituida por esquisto calcáreo cuarzoso grafitoso.

❖ Los sedimentos encontrados en la zona de estudio morfológicamente muestran características diferentes, hacia el norte del aeropuerto La Carlota se identificaron y describieron geotécnicamente arenas limosas provenientes de aludes torrenciales y grava en matriz arenosa con peñones gnéisico y fragmentos de esquistos descompuestos originados de acumulaciones caóticas de bloque de roca, que los diferencian de otro tipo de ambiente como es el caso en las urbanizaciones Lomas de San Román, Lomas del Mirador, Lomas de Las Mercedes, Santa Sofía y Caurimare, las cuales mostraron zonas de relleno y de corte producto a la topografía modificada y una macizo rocoso por lo general meteorizado descompuesto duro.

❖ Para la clasificación del subsuelo en la zona de trabajo se contó con perforaciones perteneciente a una base de datos de FUNVISIS y la Alcaldía de Baruta, las cuales se correlacionaron con la interpretación de las fotografías aéreas, las hojas cartográficas y levantamiento de campo, cuyo fin fue obtener un mapa geológico-geotécnico para fines constructivo.

❖ Las evidencias geológicas permitieron establecer la existencia de eventos geodinámicos como flujos de detritos hacia el sureste del Área Metropolitana de Caracas, identificación del perfil de meteorización del suelo, grande espesores de rellenos constituidos por material arenoso y un alto índice de modificación topografía modificada. Por su parte al noreste (la zona de Altamira, Parque Generalísimo de Miranda, La Floresta,

aeropuerto La Carlota, La Castellana) se evidenciaron las unidades cuaternarias descrita por SINGER *et al*, (2007), las cuales se correlacionaron con los levantamientos geológicos en las excavaciones de CA Metro donde se identificaron depósitos de sedimentos Q₂.

❖ Unas de las principales causas del origen del perfil de meteorización, es estar en clima tropical lluvioso imperante, aunado a la acción de los agentes atmosférico sobre las rocas existentes en la superficie.

❖ De acuerdo a las observaciones en campo y resultados obtenidos, se caracterizó el suelo residual del perfil de meteorización desarrollado en las colinas del sur del valle de Caracas con las siguientes características: son suelo mayormente areno arcilloso con grava, limosos y en menor proporción arcillosos de alta plasticidad, que presentan coloraciones principalmente rojizas a colores más claros. Estos tonos de color es producto al tipo de minerales que lo componen, dependen de las condiciones meteorológicas, es decir en la época de sequía las soluciones reductoras con Mn y Fe favorecen los procesos de oxidación formándose en estos horizontes abundantes acumulaciones de Fe/Mn, que le atribuyen a estos suelos tales coloraciones. Por tanto las condiciones de saturación se mantienen constante a lo largo del año.

❖ De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio de suelo se concluye que los flujos de detritos muestreados en las zonas de estudios corresponden litológicamente a arenas limosas, concordando con el estudio publicado por SALCEDO (2010) a distintos flujos superficiales en las laderas naturales del Estado Vargas.

❖ Evidentemente las zonas donde hubo presencia de materiales desprendidos en las laderas se relacionan con las zonas de relleno es decir afectadas por la topografía modificada.

❖ De acuerdo con la información aportada por INAMEH, se registraron precipitaciones que no superaron el nivel de desastre para los meses de octubre, noviembre y diciembre del pasado año, se mantuvieron en un nivel sin desastre, menor y medio. Aún así es importante considerar que las lluvias fueron el detonante para la ocurrencia de los flujos superficiales de detritos.

❖ La zona de la Carlota, Parque Generalísimo de Miranda y Palos Grandes están conformado por depósitos sedimentarios del cuaternario, los cuales presentan un espesor de sedimentos de 80m, 160 y 240 respectivamente, información sumistrada por un

estudio de microzonificación sísmica realizado por Michael Schmitz y el departamento de Geofísica del Instituto FUNVISIS.

DISCUSIÓN: En el capítulo VI se analizó la ciclicidad de eventos torrenciales en el este del Valle de Caracas, donde se compararon los resultados obtenidos en el perfil del foso de extracción Miranda II con las ocurrencias de las manifestaciones ocurridas de aludes torrenciales en la Serranía del Litoral, se evidencia que ambos eventos presentan características litológicas similares conformados por abanicos aluviales. Con la salvedad que lo ocurrido en Vargas se logró datar por medio de marcadores geológicos y carbono C^{14} , permitiendo establecer períodos de retorno para eventos catastróficos. Por su parte las muestras recogidas en el levantamiento del foso no se lograron datar con C^{14} debido a que no se cuenta con este servicio de laboratorio en Venezuela; pero si se pudo observar claramente a través del perfil geológico la ocurrencia de una ciclicidad marcada por tres capas constituida por peñones de gran tamaño superiores a 40 cm de diámetro, grandes fragmentos de esquistos descompuestos embebidos en una matriz areno limo-arcillosa que sugiere, que independientemente de la ventana de tiempo en la cual ocurren estos eventos, es evidente que no hay dudas de la presencia de episodios de intensa y violenta sedimentación que ocurren en períodos de retorno que pueden estar en el orden de 500 años

Cabe destacar que el estudio realizado por SINGER *et al.*, (2010) en la trinchera paleosísmica de el Estado Vargas, se observaron sedimentos, los cuales se describieron e identificaron como depósitos Q_0 y Q_1 del holoceno, mientras que los sedimentos depositados en el Parque de Miranda fueron descritos como Q_2 del pleistoceno medio, lo que significa que es posible la existencia de un evento de gran nivel de energía manifestado por aludes torrenciales ocurrido en este período, intercalándose con momentos de quietud de niveles de energía bajos característicos por la presencia de granulometría media a fina como arenas limosas y arcillas.

RECOMENDACIONES

- ❖ Elaborar un mapa de estabilidad de taludes de la zona, considerando la relevancia de la topografía modificada.
- ❖ Realizar un estudio de las dataciones o termoluminiscencia de los sedimentos groseros encontrados a diferentes profundidades en el foso de Miranda II
- ❖ Mejorar la institucionalidad instalada en materia de riesgos geológicos para permitir la realización de investigaciones en materia de zonificación y procesos geodinámicos externos.
- ❖ Realizar campañas de difusión, para que la sociedad aprenda a leer o interpretar los mapas geológicos geotécnicos producidos con fines de planificación.

ANEXOS



Vista en planta del foso de extracción Miranda II a una profundidad de 22m, el material que se observa es arcilloso hacia el lado derecho de la imagen y al otro lado fragmentos de roca descompuestas en matriz arcillosa.



Esquisto calcáreo, se observa el cuerpo rocoso más fresco y grandes vetas de cuarzo. Sector Santa Sofía.



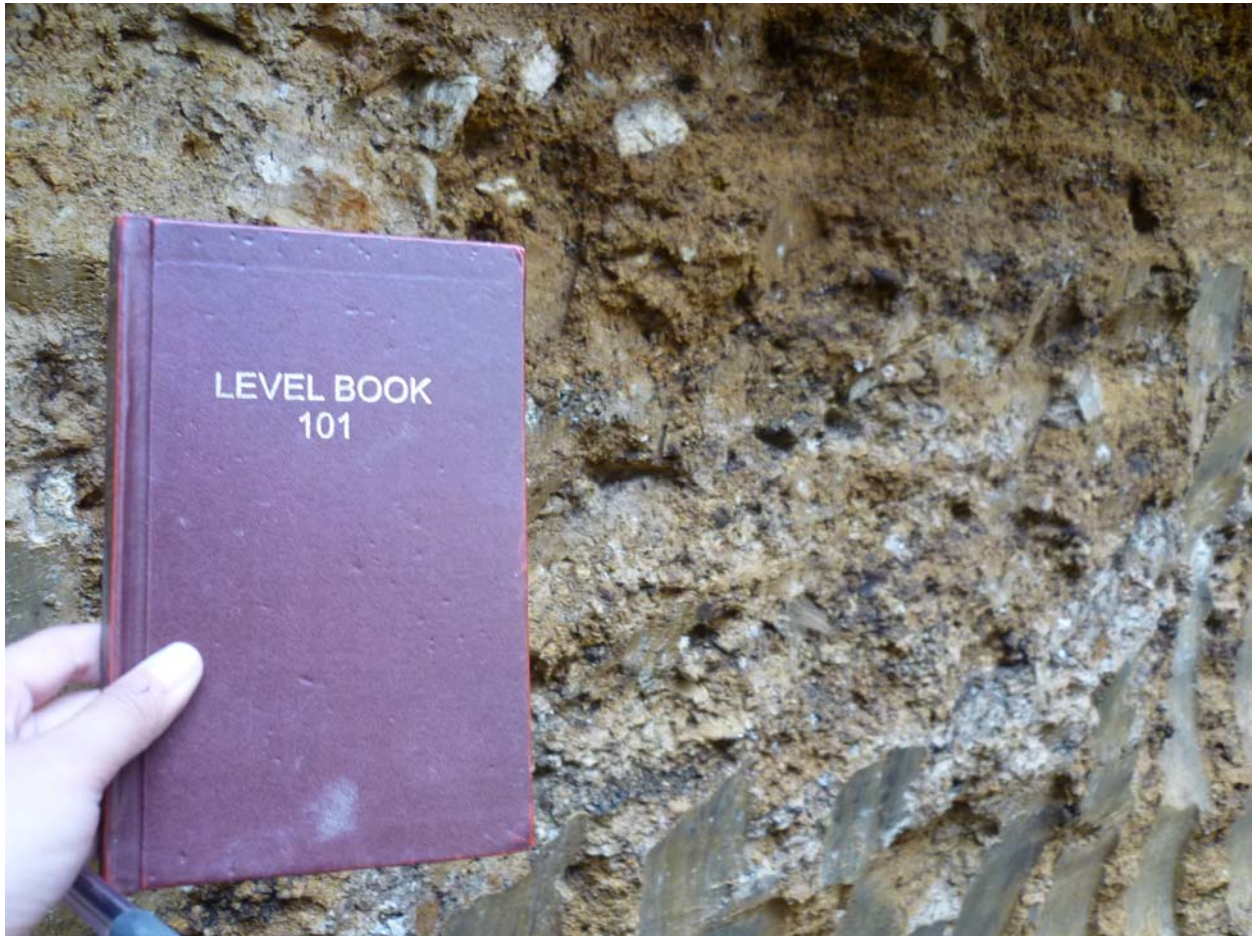
Esquisto calcáreo meteorizado en el sector Lomas del Mirador.



Esquisto calcáreo cuarzoso en el sector el Tepuy. Urbanización Caurimare.



Arena limosa con niveles que costras ferro-mangánicas identificado por el color oscuro.



Arena de grano medio a grueso en presencia de fragmentos esquistosos muy descompuestos.



Se observa variación en la granulometría granocreciente. Hacia la base arena de grano medio con costras ferro-maganésicas y hacia el tope arena grano fino.