

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**INTEGRACIÓN CARTOGRÁFICA, GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE  
UNA ZONA UBICADA EN ANTÍMANO, DISTRITO CAPITAL**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para  
optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por los Brs. Blanco George  
Colmenárez Hechy

Caracas, Julio de 2007

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **INTEGRACIÓN CARTOGRÁFICA, GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE UNA ZONA UBICADA EN ANTÍMANO, DISTRITO CAPITAL**

**Tutor académico:** Prof. Armando Díaz Quintero

**Cotutor académico:** Prof. Ricardo Alezonez

**Tutor industrial:** Ing. Geólogo Jesús Guerrero

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para  
optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por los Brs. Blanco George  
Colmenárez Hechy

Caracas, Julio de 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

Yo, George Blanco, en primer lugar quiero agradecer a Jehová Dios por haberme permitido estar vivo, enseñado, y guiado durante la realización de este gran proyecto. A mi madre Petra Georgina por ser un apoyo en las buenas y en las no tan buenas. A mi padre Rafael Lorenzo por su disposición, cariño y por entenderme. A todos ellos les debo el privilegio y honor de estar vivo. A mi esposa Mayarin por reír conmigo, llorar, consolarme, entenderme, ayudarme, acompañarme a campo!!!! A mi hermana Georgia, A Javier el cuña, a mi primo Francisco, a mi tía Juana Lucía que ha sido una segunda madre para mí, A mi tía Miguelina, la curruñi, y a todos esos seres entrañables que forman parte de mi familia pero que por el tiempo (y estrés por terminar el proyecto) no los puedo mencionar.

A mis hermanos de la Norte Yare por ser un refugio en momentos tormentosos, por compartir conmigo una fe sólida, a ellos les debo el haber encontrado un verdadero sentido a mi vida. A mis amigos y compañeros de estudios: Enzo, Iliana, Raiza, Diego, Mariantonieta, Fernando, Hildemaro, Mijail, Rossmar, El Bruno, Luis Novoa, Pedro, José, Cristian Cáceres, El Negro, Firás Abou, Chalo, al reconocimiento de un gran amigo hoy ausente Nerwin, por compartir presiones, risas momentos vitales dentro de las aulas de clases. A las personas que aunque no entraron con nosotros a clases colaboraron en gran manera: Jesus, (Jisus), Morella.

Yo, Hecby Colmenarez, primordialmente le agradezco a DIOS y a la virgen por guiarme en el gran camino de la vida y darme la fortaleza para lograr todos los objetivos que he alcanzado y sobre todo en este proyecto. Gracias por no desamparme.

A mi abuela Irene porque sé que siempre estuviste conmigo y de alguna manera me ayudaste a levantarme, así lo sentí y me lo transmitiste, este logro es para ti. A ti Abuela Yola por esos momentos dulces que compartí contigo y a mi abuelo Gregorio. Los quiero mucho.

Llegó el momento de agradecerle todo lo que soy hasta hora a los seres que más amo en esta vida. A ustedes mamá y papá por ser tan incondicional, creer siempre en mi, gracias por nunca reprocharme nada en lo absoluto y por el contrario estar allí conmigo, apoyándome y

enseñándome el buen camino de la vida. Y por el gran esfuerzo con el que me ayudaron en todo este tiempo de carrera. Ustedes son mi razón de ser y esta meta alcanzada se las debo a ustedes. Son extraordinarios.

A mis hermanos Hector y Heribet a mi sobrinito bello Yeferson a quienes quiero mucho, y también me apoyaron en lograr este sueño. Y a toda mi familia.

A ti Mi Fernando por ser tan especial, incondicional y estar junto a mi en las buenas y en las malas, comprenderme y estar siempre cuando más te necesito, ayudádome a levantar. Te amo mi lindo. A la Sra. Doris, Yelitza y Dubraska.

También a mis amigos y panitas; Mariantonieta por ser tan buena amiga, George mi amigo y compañero a lo largo de la carrera, Angel y Yane, Erika y Luis, Mirna, Alberto, Rommel, Novoa, Arturo, Xiomara y todos aquellos que aunque no los mencioné me apoyaron durante este proyecto.

En conjunto agradecemos a los profesores Armando Díaz Quintero, Ricardo A, Paul R, Orlando M, Alfredo M, Adrián D. Q, por impartirnos y facilitarnos el conocimiento en el ramo.

Al instituto INGEOMIN a quienes le debemos este proyecto, a Jesús Guerrero, A Leila Angulo, Henry Aldana, Marilyn, José y Miguel Manchego, A Jhonny, A David Medina, A Giovanni Caicedo, A Rommel, Alberto, Jhenny (Delgado y Cabas), a todos ellos Gracias. Y por supuesto un reconocimiento al carro Fairmont 78 MDZ-455 Rojo-Naranja que nos llevó y nos sacó de lugares solo para 4x4!!!.

A Ingenieros De Santis C.A, al Prof. Feliciano de Santis, a Omar Parí, Arquímedes Padrón y Mariela Urbina, gracias por su gran ayuda con los ensayos de laboratorio... ¡GRACIAS!

**Blanco G. George R., Colmenárez M. Heby B.**

## **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UNA ZONA UBICADA EN ANTÍMANO, MUNICIPIO LIBERTADOR, DISTRITO CAPITAL.**

**Tutor Académico: Prof. Armando Díaz. Cotutor: Prof. Ricardo Alezones. Tutor Industrial:  
Ing. Jesús Guerrero. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería  
Geológica, Minas y Geofísica. 2007. 209pag.**

*Palabras Claves: Susceptibilidad, Metodología, Evaluación semicuantitativa, Antímano, Distrito Capital .*

### **RESUMEN**

La investigación realizada dentro del proyecto Integración Cartográfica-Geológica-Geotécnica de Caracas ejecutada por INGEOMIN centró su atención en la prospección de una zona de Antímano con el objetivo principal de cartografiar la susceptibilidad a los movimientos en masa en esta localidad.

Para el diagnóstico de los factores y posterior resultado de susceptibilidad se siguió la metodología propuesta por Caicedo & Medina(2005) la cual se basa en un modelo semicuantitativo por ponderación de variables para un resultado de 4 rubros de susceptibilidad Muy Alta, Alta, Moderada y Baja.

Para el diagnóstico de los factores y posterior resultado de susceptibilidad, fue diseñada una nueva metodología, bajo un modelo no determinístico y un sistema de evaluación semi cuantitativo, por ponderación de variables, los cuales contribuyeron y ofrecieron una respuesta de susceptibilidad en cinco (5) rubros: muy baja, baja, media, alta, muy alta.

Para tal fin, se recurrió en principio a la obtención y procesamiento de data de campo relacionada con la caracterización de macizos rocosos y suelos (perfiles de meteorización), con el propósito de observar las condiciones de los parámetros para una estimación ajustada a la realidad, en función al grado de estabilidad presente en las unidades de trabajo estudiadas. Estos parámetros se conocen con el nombre de “factores condicionantes”, conjuntamente con la elaboración de un inventario actualizado de procesos de remoción en masa, el cual sirve como respaldo de comparación con el resultado de susceptibilidad.

Los factores condicionantes se ubican en cinco grandes grupos: 1) litología y estructuras, 2) cinemática en planos de roca,3) vegetación y 4) pendiente del terreno. Estos factores fueron utilizados para la elaboración de los respectivos mapas temáticos, y una vez solapados, originaron el mapa de susceptibilidad determinado.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	
1.1.- Planteamiento del problema.....	3
1.2.- Justificación del proyecto.....	3
1.3 Objetivo General.....	6
1.4 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Ubicación de Área de Estudio.....	7
1.6 Vías de Acceso.....	8
1.7 Trabajos Previos.....	8
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA</b>	
2.1.- Aspectos generales.....	11
2.2.- Metodología.....	11
2.2.1.- Etapa de pre-campo o recolección bibliográfica.....	11
2.2.2.- Trabajo de campo.....	16
2.2.3.- Fase de laboratorio y oficina.....	18
<b>CAPÍTULO III: GEOGRAFÍA FÍSICA</b>	
3.1.- Introducción.....	43
3.2.- Relieve.....	44
3.3.- Drenajes.....	46
3.4.- Precipitación.....	46
3.5.- Temperatura.....	47
3.6.- Vegetación.....	48
<b>CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA REGIONAL</b>	
4.1.- Geología estratigráfica regional.....	52

4.2.- Geología estructural regional.....	57
4.3.- Geología estructural local.....	58
<b>CAPÍTULO V: GEOMORFOLOGÍA</b>	
5.1.- Generalidades.....	63
5.2.- Unidades geomorfológicas presentes.....	63
5.2.1.- Unidad de Montañas Alargadas de Tope Acolinado.....	63
5.2.2.- Unidad de Valle Amplio de fondo agudo.....	64
5.3.- Control Morfo Litológico climático.....	64
5.3.1 Unidad de Esquisto Calcítico Cuarzo Muscovítico Grafítico.....	64
5.3.2 Unidad de Esquisto Cuarzo Muscovítico.....	64
5.3.3.- Unidad de Mármol.....	65
5.4.- Dinámica externa.....	66
5.4.1.- Caídas.....	67
5.4.2.- Basculamiento.....	68
5.4.3.- Deslizamientos.....	69
5.4.3.1.- Deslizamientos rotacionales.....	69
5.4.3.2.- Deslizamientos translacionales.....	70
5.4.4.- Separaciones laterales.....	70
5.4.4.1.- Propagación lateral en rocas.....	70
5.4.4.2.- Propagación lateral en detritos y suelos.....	70
5.4.5.- Flujos.....	71
5.4.5.1.- Flujo de rocas.....	71
5.4.5.2.- Flujo de detritos.....	71
5.4.5.3.- Flujo de suelos.....	72
5.4.6.- Movimientos complejos.....	72
5.4.7.- Repteo.....	73
5.4.7.1.- Reptación Estacional.....	73
5.4.7.2.- Reptación Continua.....	73
5.5.- Erosión Hídrica.....	73
5.5.1.- Erosión por lluvias.....	74
5.5.1.1.- Erosión por Esguerrimiento Difuso o Erosión Laminar.....	74

5.5.1.2.- Erosión en Surcos.....	74
5.5.1.3.- Erosión en Cárcavas.....	74
5.5.2.- Erosión por Cauces o Erosión Lateral.....	74
5.6.- La pendiente y su relación con la escorrentía.....	75
<b>CAPÍTULO VI: GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA</b>	
6.1.- Aspectos generales.....	76
6.2.- Depósitos cuaternarios.....	76
6.2.1.- Depósitos Aluviales Recientes (UQal).....	76
6.2.1.1.- Descripción litológica.....	76
6.2.1.2.- Características Geotécnicas.....	77
6.2.1.3.- Características Hidrogeológicas.....	77
6.2.1.4.- Condiciones de Estabilidad.....	77
6.3.- Depósitos Coluviales (UQcol).....	77
6.3.1.- Descripción litológica.....	77
6.3.2.- Características geotécnicas.....	79
6.3.3.- Características hidrogeológicas.....	80
6.3.4.-Condiciones de estabilidad.....	80
6.4.- Unidad de esquistos cuarzo-muscovítico (UEQM).....	80
6.4.1.- Descripción litológica.....	80
6.4.2.- Características geotécnicas.....	80
6.4.3.- Características hidrogeológicas.....	82
6.4.4.-Condiciones de estabilidad.....	82
6.4.5.- Análisis petrográfico.....	82
6.5.- Unidad de Esquisto Calcítico – Muscovítico – Cuarzo Grafítico (UECMQ).....	84
6.5.1.- Descripción Litológica.....	84
6.5.2.- Características Geotécnicas.....	85
6.5.3.- Características Hidrogeológicas.....	86
6.5.4.- Condiciones de Estabilidad.....	86
6.5.5.- Análisis petrográfico.....	86



6.6.- Unidad de Anfibolita (UA).....	88
6.6.2.-Características Geotécnicas.....	89
6.6.3.- Características Hidrogeológicas.....	89
6.6.4.- Condiciones de Estabilidad.....	89
6.6.5.- Análisis Petrográfico.....	89
6.7.- Unidad de Anfibolita Granatífera (UAG).....	92
6.7.1.- Descripción Litológica.....	92
6.7.2.- Características Geotécnicas.....	93
6.7.3.- Características Hidrogeológicas.....	93
6.7.4.- Condiciones de Estabilidad.....	93
6.7.5.- Análisis Petrográfico.....	93
6.8.-UnidaddeMármol (UM).....	95
6.8.1.-Descripción Litológica.....	96
6.8.2.- Características Geotécnicas.....	97
6.8.3.- Características Hidrogeológicas.....	97
6.8.4.- Condiciones de Estabilidad.....	97
6.8.5.- Análisis Petrográfico.....	97
<b>RESULTADOS</b> .....	100
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	192
<b>CONCLUSIONES</b> .....	200
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	202
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	203

## ÍNDICES DE CUADROS

Cuadro 1: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos en campo para suelos.....	13
Cuadro 2: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos para rocas.....	14
Cuadro 3: Tabla de datos para cada talud con su respectivo análisis cinemática Tomado y modificado de Medina & Caicedo (2005).....	19
Cuadro 4: Muestras recolectadas en campo para realizarles secciones finas.....	20
Cuadro 5: Muestras de suelos a las cuales se les realizaron los ensayos.....	20
Cuadro 6: Meteorización y estado de alteración ISRM 77.....	21
Cuadro 7: Resistencia en la pared de la discontinuidad.....	22
Cuadro 8: Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989).....	23
Cuadro 9: GSI aplicado a rocas metamórficas, Hoek (1994), modificado por Truzman 1999.....	24
Cuadro 10: GSI aplicado a rocas sedimentarias, Hoek (1998).....	25
Cuadro 11: Mapas de estabilidad y los factores que intervienen en cada uno de estos, tomado de Ferrer en González de Vallejo (2002).....	32
Cuadro 12: Comparación de los tipos de mapas que representan inestabilidad. Tomado de González de Vallejo (2002).....	33
Cuadro 13: Matriz de ponderación para el mapa de susceptibilidad. Elaborado por Caicedo & Medina (2005).....	37
Cuadro 14: Precipitaciones en la Zona de estudio y sus alrededores inmediatos.....	47
Cuadro 15: Temperaturas tomadas desde 1891 a 2005. datos del Observatorio Cagigal.....	48
Cuadro 16: Tabla de correlación de la Cordillera de la Costa. Tomado y modificado del Léxico Estratigráfico Venezolano (2000).....	52
Cuadro 17: Factores que controlan los movimientos de las laderas.....	66
Cuadro 18: Clasificación de los deslizamientos, Tomado de Varnes y Cruden 1996.....	67

Cuadro 19: Factores condicionantes empleados para el estudio de la susceptibilidad.....	101
Cuadro 20: Estación de Trabajo T-01.....	103
Cuadro 21: Estación de Trabajo T-02.....	104
Cuadro 22: Estación de Trabajo T-03.....	105
Cuadro 23: Estación de Trabajo T-04.....	106
Cuadro 24: Estación de Trabajo T-05.....	107
Cuadro 25: Estación de Trabajo T-06.....	108
Cuadro 26: Estación de Trabajo T-07.....	109
Cuadro 27: Estación de Trabajo T-08.....	110
Cuadro 28: Estación de Trabajo T-09.....	111
Cuadro 29: Estación de Trabajo T-10.....	112
Cuadro 30: Estación de Trabajo T-11.....	113
Cuadro 31: Estación de Trabajo T-12.....	114
Cuadro 32: Estación de Trabajo T-13.....	115
Cuadro 33: Estación de Trabajo T-14.....	116
Cuadro 34: Estación de Trabajo T-15.....	117
Cuadro 35: Estación de Trabajo T-16.....	118
Cuadro 36: Estación de Trabajo T-17.....	119
Cuadro 37: Estación de Trabajo T-18.....	120
Cuadro 38: Estación de Trabajo T-19.....	121
Cuadro 39: Estación de Trabajo T-20.....	122
Cuadro 40: Estación de Trabajo T-21.....	123
Cuadro 41: Estación de Trabajo T-22.....	124
Cuadro 42: Estación de Trabajo T-23.....	125
Cuadro 43: Estación de Trabajo T-24.....	126
Cuadro 44: Estación de Trabajo T-25.....	127
Cuadro 45: Estación de Trabajo T-26.....	128
Cuadro 46: Estación de Trabajo T-28.....	129
Cuadro 47: Estación de Trabajo T-29.....	130
Cuadro 48: Estación de Trabajo T-30.....	131

Cuadro 49: Estación de Trabajo T-31.....	132
Cuadro 50: Estación de Trabajo T-32.....	133
Cuadro 51: Estación de Trabajo T-33.....	134
Cuadro 52: Estación de Trabajo T-34.....	135
Cuadro 53: Estación de Trabajo T-35.....	136
Cuadro 54: Estación de Trabajo T-36.....	137
Cuadro 55: Estación de Trabajo T-38.....	138
Cuadro 56: Estación de Trabajo T-43.....	139
Cuadro 57: Estación de Trabajo T-46.....	140
Cuadro 58: Estación de Trabajo T-47.....	141
Cuadro 59: Estación de Trabajo T-48.....	142
Cuadro 60: Estación de Trabajo T-49.....	143
Cuadro 61: Estación de Trabajo T-50.....	144
Cuadro 62: Estación de Trabajo T-52.....	145
Cuadro 63: Estación de Trabajo T-53.....	146
Cuadro 64: Estación de Trabajo T-54.....	147
Cuadro 65: Estación de Trabajo T-56.....	148
Cuadro 66: Estación de Trabajo T-57.....	149
Cuadro 67: Estación de Trabajo T-59.....	150
Cuadro 68: Estación de Trabajo T-68.....	151
Cuadro 69: Estación de Trabajo T-69.....	152
Cuadro 70: Estación de Trabajo T-70.....	153
Cuadro 71: Estación de Trabajo T-71.....	154
Cuadro 72: Estación de Trabajo T-72.....	155
Cuadro 73: Estación de Trabajo T-73.....	156
Cuadro 74: Estación de Trabajo T-74.....	157
Cuadro 75: Estación de Trabajo T-80.....	158
Cuadro 76: Estación de Trabajo T-81.....	159
Cuadro 77: Estación de Trabajo T-84.....	160
Cuadro 78: Estación de Trabajo T-85.....	161
Cuadro 79: Estación de Trabajo T-86.....	162

Cuadro 80: Estación de Trabajo T-88.....	163
Cuadro 81: Estación de Trabajo T-89.....	164
Cuadro 82: Estación de Trabajo T-90.....	165
Cuadro 83: Estación de Trabajo T-91.....	166
Cuadro 84: Estación de Trabajo T-95.....	167
Cuadro 85: Estación de Trabajo T-99.....	168
Cuadro 86: Estación de Trabajo T-100.....	169
Cuadro 87: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	170
Cuadro 88: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	171
Cuadro 89: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	172
Cuadro 90: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	173
Cuadro 91: : Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	174
Cuadro 92: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	175
Cuadro 93: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	176
Cuadro 94: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	177
Cuadro 95: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	178
Cuadro 96: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	179
Cuadro 97: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	180
Cuadro 98: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	181

Cuadro 99: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	182
Cuadro 100: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	183
Cuadro 101: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	184
Cuadro 102: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	185
Cuadro 103: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	186
Cuadro 104: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	187
Cuadro 105: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	188
Cuadro 106: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	189
Cuadro 107: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	190
Cuadro 108: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.....	191
Cuadro 109: Granulometría promedio de UQcol.....	192
Cuadro 110: Valores de granulometría en estaciones de UEQM.....	195
Cuadro 111: Promedio de granulometría en UECQMG.....	196

## ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1: Imagen del Barrio Cafetal del Junquito, Km12 Carretera El Junquito.....	5
Figura 2: Imagen del Barrio Cafetal , Km 12 carretera el Junquito.....	5
Figura3: Ubicación relativa de la zona de estudio, Municipio Libertador-Parroquia Antímano.....	7
Figura 4: Gráficos de proyecciones hemisféricas ejemplificando tipos de falla, tomado del González de Vallejo (2002).....	26
Figura 5: Escalas de vegetación en cuanto a la densidad y uso de tierras, de la cobertura vegetal.....	41
Figura 6: Zona de Estudio del T.E.G.....	43
Figura 7: Típica Vegetación de Bosque Nublado (Localidad El Bosque).....	49
Figura 8: Tipo de Vegetación presente en la zona: primer plano, gramíneas(V2). Centro, Área urbana (V1)Izquierda Vegetación Abrupta(V5).Derecha Vegetación Arbustos y Abrupto(V4 y V5). Centro-derecha, Vegetación Moderada (cultivos)(v3).....	50
Figura 9: Foliación en la unidad de Esquistos grafitosos ubicado en la estación N° 33.....	59
Figura 10: Pliegue isoclinal.....	61
Figura 11: Pliegue Chevron ubicado en la unidad de Esquisto Cuarzo Moscovítico Calcítico Grafitoso.....	62
Figura 12: Representación de las Variables morfogenéticas y las Geoformas.....	63
Figura 13: Vista en perspectiva de las 2 unidades (en rojo la unidad de valle estrecho, la flecha apunta la dirección del norte).....	64
Figura 14: Evidencia del control morfolitológico-climático, modelado cóncavo policonvexo tupido, con abundante vegetación, típico de la unidad de Esquisto cuarzo muscovítico en clima húmedo.....	65
Figura 15: Caída de rocas en Unidad de Mármol.....	65
Figura 16: Caída en rocas.....	68
Figura 17: Basculamiento.....	68
Figura 18: Deslizamiento rotacional.....	69
Figura 19: Deslizamiento translacional.....	70
Figura 20: Propagación lateral, tomado de Varnes & Cruden (1996).....	71
Figura 21: Flujo de rocas.....	71

Figura 22: Flujo de detritos.....	72
Figura 23: Flujo de suelo.....	72
Figura 24: Erosión por lluvias.....	74
Figura 25: Contacto entre la Unidad de Aluviones (UQal) y la unidad de Esquisto Calcítico Muscovítico Cuarzo Grafítico (UECMQG). Estación T-87.....	77
Figura 26: UQcol en la que se observan las partes de un coluvio. Estación T-05.....	78
Figura 27: UQcol, (UEQM) estación T-07.....	78
Figura 28: UQcol. Estación T-8.....	79
Figura 29: UEQM. Estación T-21 Cementerio el Junquito.....	80
Figura 30: UEQM con un mayor contenido cuarzoso y menor contenido de agua. Roca Tipo III según Deere & Patton y Media según Bienawski Con $\Phi=25-35^\circ$ .....	81
Figura 31: UEQM al tener menor contenido en cuarzo y mayor % de humedad, el macizo exhibe un perfil en el que desarrolla un horizonte IV(bajo la línea roja) según Deere & Patton. Roca Mala según RMR Bieniawski (1987). Estación T.18.....	81
Figura 32: UEQM , MR-02 muestra de color gris oscuro, masiva y de mineralogía no apreciable, heterogénea.....	82
Figura 33: UEQM , MR-02 se observa textura lepidoblástica vista en Nícoles paralelos y Nícoles cruzados. Ocular 10X Obj. 3.5.....	83
Figura 34: UEQM. MR-09, los cristales rojos que se observan son granates.....	83
Figura 35: UEQM. MR-08 Esquisto Cuarzo Micáceo (Cuarcita).....	84
Figura 36:UEQM. MR-08 Esquisto Cuarzo Micáceo (Cuarcita), se observa en Nícoles paralelos y en Nícoles cruzados al cuarzo policristalino. Ocular 10X. Obj. 3.5.....	84
Figura 37: UEQM, Se observa su típico color meteorizado crema, gris claro. La foliación es bien desarrollada. Estación T.68.....	85
Figura 38: UECQM, se observa uno de los dos sistemas de diaclasas que desarrolla la unidad. Estación T-90.....	86
Figura 39: UECQM. MR-18. a pesar de observarse un color gris oscuro, el contenido de grafito solo es 3%.....	87
Figura 40: UECQM MR-17 e observa muy póbrememente el desarrollo de la foliación.....	87



Figura 41: Vista de la Muestra MR-17 en Nícoles Paralelos, al centro moscovita plegada debido a los esfuerzos compresivos. bordeándola el grafito. Lo claro a la izquierda es vacío. Ocular 10X. obj 5.6.....	88
Figura 42: Vista de la muestra MR-17 en Nícoles cruzados, se observa la calcita con sus típicos colores pasteles, el cuarzo policristalino y la mica deformada. Ocular 10X. obj 5.6..	88
Figura 43: UA, se perciben los tres sistemas de diaclasa, su color meteorizado crema verdoso. Estación T-57.....	89
Figura 44: MR-12 UA .....	90
Figura 45: UA MR-12 en Nícoles paralelos y en Nícoles cruzados.....	90
Figura 46: UA MR-13. Tremolita Actinolita en Nícoles paralelos y en Nícoles cruzados. Ocular 10X. obj 5.6.....	91
Figura 47: UA MR-13. Esfena en Nícoles paralelos y en Nícoles Cruzados. Ocular 10X. obj 5.6.....	91
Figura 48: UA. MR-13 Orto piroxeno Enstatita en Nícoles Paralelos y en Nícoles cruzados. Ocular 10X. obj 5.6.....	92
Figura 49: UAG, estación T-51, obsérvese el aspecto masivo de la roca.....	92
Figura 50: UAG, estación T-51 observese los dos sistemas de diaclasas.....	93
Figura 51: UAG MR-11 Arriba muestra de mano masiva, pardo claro.....	94
Figura 52: UAG MR-11 Arriba muestra de mano masiva, izquierda vista de Actinolita en Nícoles paralelos, derecha en Nícoles cruzados. Ocular 10X. obj 5.6.....	94
Figura 53: Vista en nícoles paralelos de granate rodeado de Actinolita. Estación T-51- MR-11 Ocular 10X. obj 3.5.....	95
Figura 54: Vista en nícoles cruzados del granate, por ser isométrico se opaca su vista. Est-T-51 MR-11 Ocular 10X. obj 3.5.....	95
Figura 55: UM. La unidad aflora como una banda en el centro del mapa. Est-T-91.....	96
Figura 56: Mármol con Esquisto calcítico intercalado. Estación T-93.....	96
Figura 57: Perfil de meteorización de la unidad de mármol. Tipo IV y V según Deere & Patton.....	97
Figura 58: UM. MR-20. muestra de mano. Hacia la izquierda se observa la calcita en nícoles paralelos y hacia la derecha en nícoles cruzados. Ocular 10X obj 5.6.....	98

Figura 59: UM. MR-20. Hacia la izquierda se observa la calcita en nícoles paralelos y hacia la derecha en nícoles cruzados. Ocular 10X obj 5.6.....	98
Figura 60: UM. MR-21 arriba la muestra de mano. Esquisto calcítico, intercalado don el mármol.....	99
Figura 61: Susceptibilidad para UQcol.....	193
Figura 62: Porcentaje de orientaciones promedio de foliaciones en la UEQM.....	194
Figura 63: Susceptibilidad para UEQM.....	196
Figura 64: Susceptibilidad para UEQMKG.....	197
Figura 65: Orientaciones promedio de foliación en UM.....	199
Figura 66: Susceptibilidad para UM.....	199

## **INTRODUCCIÓN**

Desde hace mucho tiempo se ha venido presentando un desequilibrio poblacional en nuestro país, sobre todo en la región capital, debido a un proceso histórico iniciado por los conquistadores españoles, que ha traído consigo mismo una distribución poblacional desequilibrada, donde el ser humano ha ocupado habitacionalmente todos los espacios de terrenos en ciudades de mayor actividad económica.

Es por ello que actualmente la población de Antímano por pertenecer a una gran ciudad está sobrepoblada, generando un caos en algunos sectores a nivel poblacional, debido a los riesgos que se presentan en esos sectores, como es el caso de procesos de movimientos de remoción en masa e inestabilidad del terreno. Estos eventos han ocasionado algunos daños causando pérdidas de vidas humanas y a nivel material.

En cuanto a la estabilidad del terreno respecta, el mismo está atribuido a todas las características del terreno tales como: cambios climáticos de la región, cubierta vegetal de la zona, la frecuencia de las precipitaciones, las clases de rocas y suelos presentes y todo lo relacionado a la acción del hombre como las construcciones de viviendas.

Hoy en día el sector de Antímano es uno de los más afectados por tales eventos, como la inestabilidad del terreno, lo que ha alarmado a la comunidad, a la sociedad y a los entes gubernamentales para tomar las medidas necesarias y pertinentes al caso. Por tal razón han organizado un plan de estabilidad del terreno y la susceptibilidad del mismo.

Uno de los organismos competentes encargado de llevar a cabo este proyecto es INGEOMIN, el cual organizó, planificó y dirigió los objetivos de este estudio geotécnico-geológico.

Cabe destacar que la susceptibilidad geológica juega un papel muy importante en este proyecto. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos.

Estos factores que están influenciados a ella, son: los factores físicos, químicos y biológicos influyentes en el comportamiento de las rocas y suelos, provocando en cierto tiempo determinado la estabilidad o inestabilidad del terreno.

A continuación se presenta el siguiente trabajo basado en determinar los parámetros geológicos, geotécnicos, geomorfológicos y climáticos, con el objetivo de predecir la susceptibilidad de los macizos rocosos y las condiciones de los suelos presentes en el municipio Libertador- Parroquia Antímano con los factores que han influido en el comportamiento de los mismos a través del tiempo en la zona de manera general.

En tal medida, se toman en cuenta todos los factores condicionantes que dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno, mientras que los desencadenantes o activos pueden ser considerados como factores externos que provocan o desencadenan las inestabilidades. Por ello se consideran para evaluar esta problemática la pendiente del terreno, estructuras geológicas, vegetación, litología, clima, precipitación e índices de campo.

## **CAPÍTULO 1**

### *GENERALIDADES*

#### *1.1.- Planteamiento del problema*

La zona de estudio, ubicada en la parroquia Antímano, desde hace mucho tiempo ha venido presentando graves problemas, asociados a la susceptibilidad geológica de los terrenos que la constituyen, debido primordialmente a la sobrepoblación urbanística que ha ocurrido en dicha área, lo cual ha generado un proceso de deterioro en las condiciones de estabilidad de los taludes, que se ha manifestado a través de eventos tales como: deslizamientos, derrumbes, hundimientos y otras fenómenos de gran riesgo para sus habitantes ocasionando pérdidas y daños materiales.

La susceptibilidad geológica que se menciona en el párrafo anterior está vinculada a la litología presente y la vulnerabilidad de la misma ante los procesos de erosión en las laderas.

Por dicha razón organismos del Poder Público de la región se han visto en la necesidad y obligación de tomar las medidas pertinentes para enfrentar la problemática que se vive, a nivel social en el área, entre las que se encuentran los estudios geológicos y geotécnicos, como parte de un proyecto general en toda la región del Distrito Capital, para darle una pronta solución al problema, con la finalidad de evitar daños mayores.

#### *1.2.- Justificación del proyecto:*

La distribución de la población venezolana no es equilibrada: más del 80% de la población se agrupa en los litorales, valle y piedemontes de la Cordillera de la Costa y los Andes, creándose así la superpoblación en muchas de las ciudades de la región Centro Norte Costera del país, especialmente al oeste del Distrito Capital.

En parte, ese desequilibrio se debe a un proceso histórico iniciado por los conquistadores españoles que en el siglo XVI dan origen a una actividad agro exportadora en Caracas

caracterizada por el cultivo principalmente de la caña de azúcar, no solo en los sectores centrales de Caracas sino en los alrededores inmediatos como Antímano y Macarao.

Durante los siglos XVIII y XIX, el café y el cacao fueron los cultivos predominantes. En el caso de Caracas, estos cultivos posibilitaron la consolidación de la ciudad como eje administrativo y político de un área de mayores alcances. Ésta conexión entre Caracas y su valle con otras subregiones, se consolida a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, cuando se definieron los caminos que la enlazan con Chacao y Petare, por el éste, con Antímano y Las Adjuntas, por el Sur y Suroeste.

A medida de que avanza el siglo XX se producen cambios sustanciales en el paisaje caraqueño, cuando algunos de estos espacios suburbanos dan paso a los primeros proyectos de urbanizaciones residenciales, proceso que de alguna manera se facilita con la existencia de los primeros puentes sobre el Río Guaire (Puente de Hierro y Puente de la Constitución) que se habían construido en las últimas décadas del siglo anterior. Estos puentes conectaron lo que hasta entonces había sido el núcleo urbano de Caracas con las zonas suburbanas, dedicadas a actividades fundamentalmente agropecuarias. El proceso de expansión urbana de Caracas se inicia en la ribera sur del Guaire, con el desarrollo del área residencial de El Paraíso, a través del cual la ciudad da el primer paso importante al sobrepasar la tradicional demarcación hacia el Sur. Las áreas de cultivos empiezan a ceder terreno a las edificaciones urbanas; es el momento en que el crecimiento de la ciudad inicia su avance a expensas del área agrícola circulante.

Como ya se ha reseñado, en términos generales, la distribución poblacional está íntimamente ligada a la distribución desequilibrada de las actividades económicas, concentrándose éstas últimas en regiones centrales y capital del país. El afán por obtener un sitio estratégico donde vivir, ha impulsado a las personas a habitar sectores hasta el nivel de sobrepoblarlo como es el caso de la localidad de Antímano. Esto se muestra en las figuras (1) y (2).



*Fig.1: Imagen del Barrio Cafetal del Junquito, Km12 Carretera El Junquito.*



*Fig .2: Imagen del Barrio CafetaL , Km 12 carretera el Junquito*

Como consecuencia de lo anterior, desde hace muchos años en algunas áreas de la Zona Metropolitana de Caracas han venido ocurriendo deslizamientos, derrumbes, hundimientos y otras inestabilidades de gran riesgo para sus habitantes, que sin reparar en éstas amenazas se aglomeran en sitios susceptibles que ponen en peligro su vida.

El que se cuente con un estudio de susceptibilidad que detecte zonas inestables, áreas críticas, así como las variables que detonan los procesos de deterioro, será de gran utilidad para el

ordenamiento territorial y el diseño de estrategias para dar respuestas a las necesidades básicas de vivienda a las personas que allí habitan.

### *1.3.- Objetivo General:*

Recopilación, integración y reinterpretación de datos geológicos y geotécnicos contenidos en informes técnicos, algunos trabajos inéditos y publicaciones, levantamiento geológico de campo, recuperación de muestras representativas y ensayos de laboratorio, todo para la generación de un mapa de susceptibilidad, y la evaluación de la inestabilidad de los terrenos en la que se encuentran numerosos sectores de Antímano, Distrito Capital, en función de las variables geológicas que las afectan.

### *1.4.- Objetivos Específicos:*

1.4.1.- Procesamiento e integración de toda la información geológica y geotécnica de trabajos previos en el área de Antímano, Distrito Capital.

1.4.2.- Interpretación fotogeológica de la zona.

1.4.3.- Estudio geológico de superficie de toda la zona.

1.4.4.- Caracterización geotécnica de los suelos y macizos rocosos de la zona.

1.4.5.- Caracterización petrográfica de las muestras de rocas obtenidas en campo a través de secciones finas, para refinar la nomenclatura de las unidades litológicas.

1.4.6.- Realización de ensayos sobre muestras de suelos, para conocer sus características geotécnicas.

1.4.7.- Identificación, puntualización y tipificación de los diferentes tipos de inestabilidad en las laderas o en los taludes presentes en la zona.



1.4.8.- Localización y análisis de las diferentes áreas potenciales o realmente inestables en la zona de estudio para encauzar la toma de decisiones sobre el reordenamiento del uso del espacio y/o la estrategia a adoptar, desde el punto de vista conceptual, para remediar las situaciones críticas detectadas, en las áreas urbanas identificadas.

### 1.5.- Ubicación de Área de Estudio:

El área de estudio se encuentra ubicada al Centro de Venezuela, en el Distrito Capital, entre las coordenadas U. T. M. 713750 a 720000 Oeste y 1155000 a 1160000 Norte perteneciente a la Serranía del Litoral. El área de exploración comprende parte de la Parroquia Antímamo del Municipio Libertador, y abarca un área de estudio de aproximadamente 23,6 km<sup>2</sup>. .

Los límites de la misma están definidos por la autopista Francisco Fajardo, la carretera hacia el Junquito, al extremo este, siguiendo los centros poblados desde el Aguacate, los Haticos, Monte Alto en donde la trayectoria del extremo oeste sigue hacia el sur uniendo los poblados de la urbanización Araguaney, la Peña y el Bosque y la quebrada Mamera, a su vez paralela a la Fila Zamural. (Ver figura 3).

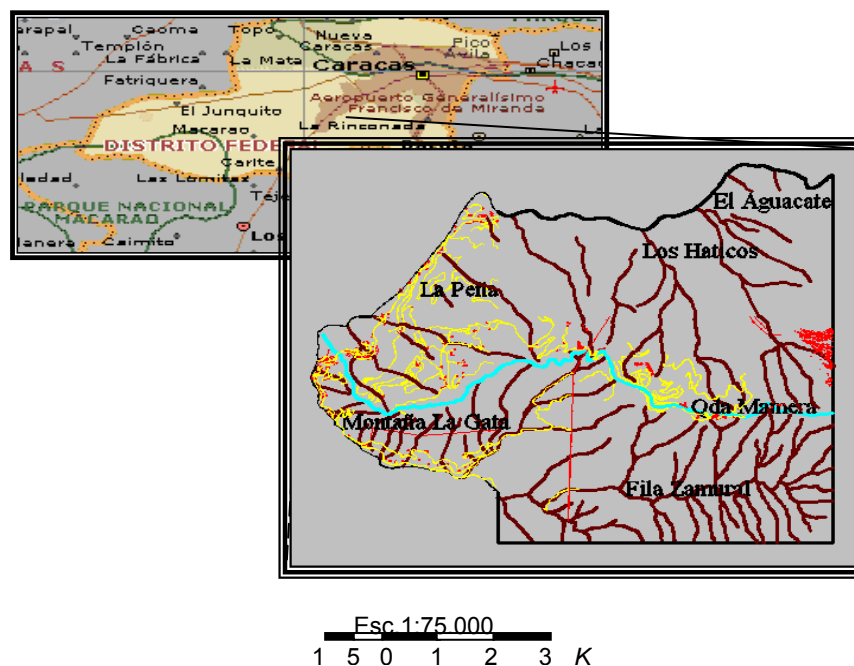


Fig. 3: Ubicación relativa de la zona de estudio, Municipio Libertador-Parroquia Antemamo

### *1.6.- Vías de Acceso*

Sector Noroeste de la Zona: Autopista Francisco Fajardo, la vía El Junquito – Catia La Mar hasta el km 16.

Sector Norte de la Zona: La Autopista Francisco Fajardo, la cual es una arteria vial obligatoria para la penetración tanto para el sector norte como el sur. Sin embargo para el estudio del sector norte, se puede tomar la vía El Junquito.

Sector Sur: se toma la Autopista Francisco Fajardo en dirección hacia Propatria.

Sector Sureste de la zona: se toma la autopista en dirección hacia Propatria y se realiza el desvío hacia el sector de Mamera.

### *1.7.- Trabajos Previos*

Entre los trabajos realizados con anterioridad sobre la geología de la Cordillera de la Costa, se tiene Aguerrevere A y Zuloaga, (1937) quienes estudiaron las rocas metamórficas de la región de Caracas, y así ellos establecieron la primera nomenclatura estratigráfica y definiendo la "Serie de Caracas", que luego se denominaría "Grupo Caracas".

Dengo J, (1951) en la región de Caracas diferenció las formaciones Antímamo y Tacagua en su trabajo y determinó su ubicación y posibles relaciones estructurales entre las mismas.

Smith J, (1952) realizó un estudio geológico de la región de Los Teques-Cúa, describiendo las secuencias metamórficas y las estructuras geológicas presentes. Describe de manera más amplia las rocas del Grupo Caracas diferenciándolas del basamento.

Seiders M, (1965) reconoció las secuencias estratigráficas en las rocas metamórficas en la Región Central de la Cordillera de la Costa.

Menéndez P, (1966) diferenció cuatro fajas tectónicas en la zona central de las montañas occidentales del Caribe.

Wehrmann A, (1972) en su trabajo "Geología de la Región de Guatire-Colonia Tovar" estudió las unidades del Grupo Caracas que afloran en la región y llegó a una probable secuencia estratigráfica.

Singer A, (1977). Tectónica Reciente, Morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de Caracas. Memorias V. Congreso Geol. Ven. Tomo IV. P.1861-]902.

Arreaza L, (1978) realizó un estudio geológico de la zona de la carretera El Junquito- río Mamo, adyacente al área del presente estudio. Identificó cinco unidades geológicas informales las cuales asocia con las formaciones Las Brisas, Las Mercedes, Tacagua, Peña de Mora y Antímamo del Grupo Caracas

Fanti A, Frontado P, y Vecchio T, (1980) presentaron un estudio de tectónica y sismicidad en la zona de Caracas y sus alrededores.

Taludkar A, y Loureiro P, (1982) presentaron un modelo de evolución de la Cordillera de la Costa dentro del marco de la Tectónica de Placas.

Ostos M, Navarro E, y Yoris. F, (1987) presentaron una revisión y redefinición de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes del grupo Caracas.

Funvisis, (1990) realizó una compilación de toda la información geológica — geotécnica existente sobre la zona en el área de interés y genera un mapa de documentación geotécnica de los datos de las perforaciones realizadas. Paralelamente, esta institución inicia un programa de instrumentación rústica, de orientación preventiva, en algunas terrazas con algunos problemas de estabilidad, en el marco de un proyecto de cooperación científica y tecnológica con el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras de Francia.

Ostos M, (1990) realizó un estudio de la evolución tectónica del margen sur central del Caribe, basado en datos geoquímicos.

Truzman M, (1990) presenta un estudio de la meteorización de las rocas metamórficas presentes en la zona metropolitana de Caracas, en diversos perfiles en diferentes formaciones geológicas que afloran en el área.

Díaz J, (1994) realizó un estudio Geológico Geotécnico de la Urbanización Nueva Tacagua, Distrito capital.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1.- Aspectos generales:

En este capítulo se describe el plan de trabajo empleado para la ejecución del proyecto, donde se siguió un patrón esquemático general, el cual consta de diferentes etapas, permitiendo un mayor entendimiento en los procedimientos implementados y así generar un óptimo resultado.

Este esquema se basa en tres grandes etapas, y fueron las siguientes:

- **Etapa pre-campo:** Consiste en todas las actividades que se ejecutan anteriores a campo.
- **Etapa campo:** Comprende todas aquellas técnicas utilizadas para obtener la información de campo.
- **Etapa post-campo:** Consiste en la organización, interpretación y análisis de todos los datos de campo que faciliten los análisis de resultados para el proyecto.

Dentro de este marco descrito se busca una mejor visión de los mecanismos utilizados para la elaboración de este proyecto, los cuales se pueden ver con mayor especificación en los siguientes capítulos.

#### 2.2.- Metodología:

El proyecto se realizó siguiendo un orden sistemático, el cual se basó en subdividir el estudio del mismo en distintas etapas.

2.2.1.- *Etapa Pre-campo o de recolección bibliográfica:* Se basa en la recolección, recopilación, procesamientos, digitalización, búsqueda de información cartográfica y compilación de la misma, así como de la información fotográfica y análisis de todos aquellos informes

(simposios, seminarios, congresos, etc.) con la finalidad de obtener toda la información previa sobre la zona en estudio.

*2.2.1.1.- Delimitación de la zona de Estudio:* La delimitación de la zona de estudio responde a la necesidad de atención urgente de las zonas principalmente afectadas por los movimientos de masas y de laderas, siendo la región oeste de la Capital una de las más afectada. Por ello la zona se delimitó abarcando un área total de 23.6km<sup>2</sup> y cubre la cuenca de la quebrada Mamera.

*2.2.1.2.- Digitalización de Hojas:* En principio se comenzó el proceso de digitalización y vectorización de las hojas topográficas G-40, G-41, H-40 y H-41 a escala 1:5.000, mediante el uso del programa Auto-Cad versión Map, y a su vez se realizó la conversión en formato Arcgis. Luego se unieron y se generalizó la región a estudiar.

*2.2.1.3.- Interpretación Fotogeológica:* Se recolectó un conjunto de fotografías aéreas para su estudio, el cual permitió extraer información topográfica de la zona, de igual modo la información preliminar de la geología existente, así como la evolución de los movimientos de laderas y en masa. Entre otras características se observaron los rasgos geomorfológicos de la zona.

Toda la interpretación de las fotografías aéreas obtenidas de la misión 0301980 a escala 1:25.000 del año 1975 fue vaciada en un mapa de inventario de procesos con actualización en campo de 2007.

*2.2.1.4.- Determinación de Estación de Trabajo:* Las estaciones de trabajo se determinaron en primera instancia separando las unidades geomorfológicas de relieve moderado, de acuerdo a las orientaciones preferenciales de las laderas.

*2.2.1.5.- Cartografía geológica:* La cartografía geológica para esta investigación se basó en la realizada por Díaz (2003) y Cantisano (1989).

2.2.1.6.- *Simbología Utilizada:* La simbología utilizada fue proporcionada por INGEOMIN en respuesta a la necesidad de estandarización de las nomenclaturas para los símbolos geotécnicos y de movimientos en masas existentes en América Latina. Los resultados obtenidos en campo fueron organizados y representados mediante símbolos que facilitan la recolección y procesamiento de la información.

2.2.1.7.- *Minutas de Trabajo:* Se tomaron las minutas de trabajo propuesta por Caicedo y Medina (2005) y se introdujeron varias modificaciones, entre ellas el adaptarla para trabajar en cuencas y no en vía de comunicación, además de ajustarla para el trabajo en rocas metamórficas.

Dichas minutas contienen todas aquellas características que describen a un talud o ladera; es decir, facilitan la recolección de datos geológicos y geotécnicos tanto para suelos como para rocas.

A continuación se muestran los dos tipos de minutas empleadas. Ver cuadros 1 y 2.

*Cuadro 1: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos en campo para suelos.*

FICHA DE RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS				Fecha:	Hora:										
Proyecto:	Estado	Sector													
Estación #	Coordenadas (UTM)		Progresiva	Altitud											
	N:	E:		m.s.n.m.											
Vegetación:	Herbácea <input type="checkbox"/>	Arbórea <input type="checkbox"/>	Biozona climática:												
<b>FOTO VEG.</b>	V1. Áreas desprovistas de vegetación		<input type="checkbox"/>												
	V2. Áreas deforestadas para cultivo		<input type="checkbox"/>												
	V3. Áreas de vegetación escasa		<input type="checkbox"/>												
	V4. Áreas de vegetación moderada		<input type="checkbox"/>												
	V5. Áreas de vegetación abundante		<input type="checkbox"/>												
	Observaciones:														
Origen del Suelo:	Residual <input type="checkbox"/>	Coluvial <input type="checkbox"/>	Aluvial <input type="checkbox"/>	Orgánico <input type="checkbox"/>	Eólico <input type="checkbox"/>	Glaciar <input type="checkbox"/>	Caliche <input type="checkbox"/>								
<b>Perfil gráfico</b>	Tamaño %:		Bloques	Grava	Arena	Finos									
	Gradación:		Bien gradada <input type="checkbox"/>	Gradada <input type="checkbox"/>	Mal gradada (uniforme) <input type="checkbox"/>										
	Forma de las partículas:		Angular <input type="checkbox"/>	Subangular <input type="checkbox"/>	Subredondeado <input type="checkbox"/>	Redondeado <input type="checkbox"/>									
	Estructura:		Homogéneo <input type="checkbox"/>	Estratificado <input type="checkbox"/>	Laminado <input type="checkbox"/>	Fisurado <input type="checkbox"/>	Lenticular <input type="checkbox"/>								
	Humedad:		Seco <input type="checkbox"/>	Húmedo <input type="checkbox"/>	Mojado <input type="checkbox"/>	Saturado <input type="checkbox"/>									
	Compacidad:		Densa <input type="checkbox"/>	Suelta <input type="checkbox"/>	Cementación: Débil <input type="checkbox"/>			Fuerte <input type="checkbox"/>							
	Materia orgánica:		Ausente <input type="checkbox"/>	Med <input type="checkbox"/>	Abundante <input type="checkbox"/>	Olor: Orgánico <input type="checkbox"/>		Térreo <input type="checkbox"/>							
	Suelo cohesivo		No cohesivo <input type="checkbox"/>		Plasticidad: Baja <input type="checkbox"/>			Media <input type="checkbox"/>	Alta <input type="checkbox"/>						
	Símbolo (USCS estimada):		GW <input type="checkbox"/>					GP <input type="checkbox"/>	GM <input type="checkbox"/>	GC <input type="checkbox"/>	SW <input type="checkbox"/>	SP <input type="checkbox"/>	SM <input type="checkbox"/>	SC <input type="checkbox"/>	
	Nombre del suelo:														
"Para suelos de grano fino agregar":		Dilatancia: Ningna <input type="checkbox"/>				Lenta <input type="checkbox"/>	Rápida <input type="checkbox"/>								
Resistencia Seca:		Ninguna <input type="checkbox"/>		Baja <input type="checkbox"/>	Media <input type="checkbox"/>	Alta <input type="checkbox"/>	Muy Alta <input type="checkbox"/>	/	Consistencia: Ninguna <input type="checkbox"/>			Media <input type="checkbox"/>	Alta <input type="checkbox"/>		
Símbolo (USCS estimada):		ML <input type="checkbox"/>		CL <input type="checkbox"/>	OL <input type="checkbox"/>	MH <input type="checkbox"/>	CH <input type="checkbox"/>	OH <input type="checkbox"/>	P1 <input type="checkbox"/>	/			Nombre:		
Geometría		Talud <input type="checkbox"/>	Ladera <input type="checkbox"/>	Terraplen <input type="checkbox"/>	Orientación	Inclinación(°)	Altura (m)	Longitud (m)							
Zona inferior															
Zona superior															
Orientación de la roca o regolito subyacente respecta a la ladera o talud:		Favorable CCB <input type="checkbox"/>											Destfavorable CB <input type="checkbox"/>		
Agua Freática:		Fluyendo <input type="checkbox"/>											Goteando <input type="checkbox"/>	Húmedo <input type="checkbox"/>	Seco <input type="checkbox"/>
Hidrología:		Dominio de la escorrentía <input type="checkbox"/>											Dominio de la infiltración <input type="checkbox"/>	No se aprecia <input type="checkbox"/>	
Características del Relieve:															
<b>PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS</b>		<b>PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS</b>													
		Remoción en masa:													
		1) Tipo:		Activo <input type="checkbox"/>									Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>
		2) Tipo:		Activo <input type="checkbox"/>									Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>
		Erosión Hídrica:													
1) Tipo:		Activo <input type="checkbox"/>									Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>		
2) Tipo:		Activo <input type="checkbox"/>									Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>		
Observaciones:															

Cuadro 2: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos para rocas.

FICHA DE RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DE MACIZO ROCOSO						Fecha:	Hora:	
Proyecto:	Estado		Sector					
Estación #	Coordenadas (UTM)		Progresiva		Altitud			
	N:	E:					m.s.n.m.	
Formación <input type="checkbox"/>	Unidad Litodémica <input type="checkbox"/>							
Vegetación:	Herbácea <input type="checkbox"/>	Arbórea <input type="checkbox"/>	Biozona climática:					
<b>FOTO VEG.</b>	V1.	Áreas desprovistas de vegetación				<input type="checkbox"/>		
	V2.	Áreas deforestadas para cultivo				<input type="checkbox"/>		
	V3.	Áreas de vegetación escasa				<input type="checkbox"/>		
	V4.	Áreas de vegetación moderada				<input type="checkbox"/>		
	V5.	Áreas de vegetación abundante				<input type="checkbox"/>		
Observaciones:								
<b>FOTO LITOLOGIA</b>	Descripción Litológica:							
Muestra #	Orientada según:							
Meteorización ISRM (77)	F <input type="checkbox"/>	S/W <input type="checkbox"/>	M/W <input type="checkbox"/>	H/W <input type="checkbox"/>	CS <input type="checkbox"/>	RS <input type="checkbox"/>		
Resistencia roca intacta ISMR aplada (78):	R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4 <input type="checkbox"/> R5 <input type="checkbox"/> R6 <input type="checkbox"/>					Co (kg/cm2)	Valor	
Discontinuidades	Foliación	Estrato	Diaclasa 1	Diaclasa 2	Diaclasa 3	Falla	Valor	
Rumbo								
Buzamiento								
Frecuencia								
Separación RMR(89)								
Persistencia RMR(89)								
Abertura RMR(89)								
Rugosidad RMR(89)								
Relleno RMR(89)								
Meteorización bordes RMR(89)								
Agua Freática RMR(89)	W1 (Seco) <input type="checkbox"/> W2 (Húmedo) <input type="checkbox"/> W3 (Goteando) <input type="checkbox"/> W4 (Fluyendo) <input type="checkbox"/>							
RMR básico:	Ajuste:	RMR ajustado:	Clase:	Calidad:	$\phi(^{\circ})=$	C(Mpa)=		
Orientación respecto al talud:	Fav <input type="checkbox"/> Desf <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Desf <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Desf <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Desf <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Desf <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Desf <input type="checkbox"/>		
BSI Truzman(99)	Estructura:	Superficie:	Valor:	$\phi(^{\circ})=$	C(Mpa)=			
Geomébia	Talud <input type="checkbox"/> Ladera <input type="checkbox"/> Terraplen <input type="checkbox"/>	Orientación	Inclinación(°)	Altura (m)	Longitud (m)			
	Zona inferior							
	Zona superior							
<b>FOTO PROCESOS GEOMORFOLOGICOS</b>	<b>PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS</b>							
	<b>Remoción en masa:</b>							
	1) Tipo:					Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>		
	2) Tipo:					Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>		
	<b>Erosión Hídrica:</b>							
1) Tipo:					Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>			
2) Tipo:					Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>			



2.2.1.8.- *Nomenclatura de Unidades de Trabajo:* La nomenclatura para la unidad de trabajo se estableció como unidad de ladera o unidad de talud, bajo las siglas “L” y “T”, respectivamente, referenciado en la libreta de acuerdo a un orden, y/o en su defecto, una unidad de referencia específica (sean puentes, fallas geológicas, puntos particulares, entre otros elementos de estudio, los cuales deberán ser especificados detalladamente). Para un punto de referencia, la notación es “R”.

Por ejemplo: Si se levanta un cuarto talud en la octava estación de trabajo, sería:

Nomenclatura: T4-(8), ( Talud cuatro “T4” en la estación ocho “8”). Si en cambio se levantase una ladera para otra estación, se describiría L4-(9), (ladera cuatro “L4”, en la estación nueve “9”).

2.2.1.9.- *Nomenclatura utilizada para la recolección de Muestras:* Para efectos de la notación en la libreta, se consideraron como parámetros los siguientes:

Muestra de roca o suelo (MR o MS).

Estaciones de trabajo (1,2,3,.....,n).

Número de la muestra ( número de muestras desde el inicio hasta el final del trabajo de campo y no corresponde al número de muestras recolectadas en esa estación de trabajo).

Ejemplo: Para el etiquetado de una muestra de roca “MR” tomada en la estación “1”, siendo la primera muestra, sería: MR-1-(1).

Para efectos del etiquetado de muestras se le anexó de último la fecha del día de recolección. MR-1-(1) ( 09/04/2007).

Para el caso de una muestra de suelo, se realizó al igual que la muestra de roca; MS-1-(1) (09/04/2007).

2.2.1.10.- *Nomenclatura utilizada para la identificación de las fotografías, para efectos de anotación en la libreta:*

- Se utilizó la sigla “F” para indicar que es una foto.
- Estaciones de trabajo (1,2,3,.....,n).
- Número de la fotografía que da la cámara, correspondiente a ese día de trabajo con su respectiva escala.

Ejemplo: Para una fotografía tomada en la estación “2” siendo el número de la fotografía que proporciona la cámara y su escala respectiva, sería: F-2-4.

2.2.2.- *Etapas de campo:*

Consistió en identificar en campo los parámetros geológicos y geotécnicos necesarios para lograr el objetivo. Además de realizar el vaciado de la información en las minutas de suelo y rocas elaboradas durante la etapa de pre-campo, permitiendo cumplir los objetivos establecidos en este trabajo mediante la toma de todos aquellos parámetros de las rocas y suelos. Estos parámetros fueron:

- Litología: se basa en la descripción de la muestra de suelo y roca presentes, color fresco y meteorizado, incluyendo su textura, minerales principales observados en campo.
- Estructuras Geológicas: se basa en tomar la disposición espacial de las capas, rumbo y buzamiento, definiendo sus estructuras geológicas, dentro de las cuales se puede mencionar:
  - Foliación: son aquellos planos de discontinuidad originados por similitud en orientación de los minerales dentro de la roca, esto es producto de

fuerzas externas, la tectónica de la región o la orientación en la sedimentación.

- Diaclasas: son planos producto de la deformación estructural de la región. Dentro de este punto se hace referencia a: familias de diaclasas, el rumbo y buzamiento, la frecuencia, separación, persistencia, abertura, rugosidad, relleno y meteorización en los bordes.

- Plegamiento: se determina el tipo de pliegue, orientación de los limbos o flancos, plano axial y declive del eje de esta estructura.

- Fallas: son aquellos planos de discontinuidades generados por las condiciones tectónicas de la región.

- Perfil de Meteorización y características geotécnicas del suelo: según la clasificación de Deere y Patton (1971), se tomaron los espesores de los diferentes tipos de horizontes del suelo, asimismo se determinaron sus características geotécnicas como lo son: tamaño de las partículas, forma de la partícula, estructura, humedad, cohesión, olor, plasticidad, resistencia seca, consistencia, clasificación del suelo (según USCS estimada), cementación, hidrología y procesos geomorfológicos asociados.
- Estado geotécnico de la roca: se evaluaron características geotécnicas de la roca, tales como: resistencia de la roca intacta, meteorización ISRM (77), presencia de agua (manantiales), RMR básico, GSI (Hoek, 1998) y proceso geomorfológico asociado al tipo de roca.
- Geometría del Talud y Ladera: se incluyeron dentro del estudio características geométricas del talud como altura, pendiente y orientación y longitud.
- Muestreo: se tomaron muestras de roca dura y muestras blandas perturbadas de suelo, para el estudio de laboratorio según los métodos de la mecánica de roca y mecánica de suelo.

La identificación de muestra de suelo y roca se realizó con la nomenclatura explicada anteriormente. La recolección y toma de muestras en suelo, consistió en recabar el máximo de información para describir los diferentes perfiles de suelo.

Las muestras de suelos se tomaron en base a las subdivisiones propuestas por Deere y Patton en 1971 para la clasificación de los suelos.

Se tomaron un total de 48 muestras de suelo de los cuales se les realizaron a 12 muestras los ensayos pertinentes:

- a) Límite Líquido.
- b) Límite Plástico.
- c) Peso unitario.
- d) Peso específico de los suelos por picnómetro.
- e) Ensayo de Granulometría (por vía humedad).

*2.2.3.- Etapa de Oficina:* Corresponde al procesamiento de los datos obtenidos en campo y en laboratorio. Se emplea la metodología del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), es así, que se incluye un cuadro que permite visualizar los datos de manera resumida, donde se aprecian los sistemas de diaclasas, orientación del talud o ladera, ángulo de fricción interna de la roca, RMR, SMR, GSI y grado de estabilidad proporcionado por la metodología Romana.(1997). (Ver cuadro 3)



**Cuadro 4:** Muestras recolectadas en campo para realizarles secciones finas.

Muestra	Coordenada UTM	
	N	E
MR-18-(2)	1158568	717043
MR-33-(7)	1158839	718027
MR-43-(8)	1159400	718762
MR-47-(9)	1159029	715382
MR-51-(11)	1159132	719995
MR-56-(13)	1157616	716381
MR-68-(15)	1157397	716887
MR-72-(16)	1157544	717174
MR-80-(17)	1156847	718967
MR-89-(19)	1156610	719097
MR-91-(20)	1157308	717903
MR-91-(21)	1157308	717903
MR-95-(22)	1157477	718217

De igual manera se recolectaron las muestras de suelos más representativas de la zona para su posterior estudio en el laboratorio de Ingenieros De Santis, C.A. (Ver cuadro 5)

**Cuadro 5:** Muestras de suelos a las cuales se le realizaron los ensayos

Muestra	Coordenada U. T. M	
	N	E
MS-9-(1)	1157346	713877
MS-12-(2)	1159322	715979
MS-14-(7)	1158806	715367
MS-17-(9)	1158571	716988
MS-18-(10)	1158568	717043
MS-20-(12)	1158859	716983
MS-26-(16)	1159538	719026
MS-32-(18)	1158927	718023
MS-32-(20)	1158927	718023
MS-36-(24)	1158977	718182
MS-38-(25)	1158796	718435
MS-39-(26)	1158776	718406
MS-40-(28)	1158882	718418
MS-48-(34)	1159217	717257
MS-57-(39)	1158075	716435
MS-65-(41)	1157588	716852
MS-81-(44)	1157060	719159
MS-82-(45)	1156982	719211
MS-85-(47)	1156646	719894
MS-94-(48)	1157655	718221

2.2.3.1.- *Meteorización ISRM 77*: Se basa en una comparación visual de las características del macizo y los resultados son agrupados en 6 categorías. (Ver cuadro 6).

**Cuadro 6:** Meteorización y estado de alteración ISRM 77

Término	Descripción	Grado
Fresco (F)	No hay señales visibles de meteorización. Si acaso una tenue decoloración en superficies de discontinuidades más desarrolladas.	I
Levemente Meteorizado (SW)	Decoloración. Indica meteorización de la roca intacta y superficies de discontinuidad. La roca puede estar algo más débil externamente que en condición fresca	II
Moderadamente meteorizado (MW)	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada a suelo. La roca puede estar presente fresca o descolorada como un enrejado discontinuo o en forma de pedazos individuales.	III
Altamente Meteorizado (HW)	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada a suelo.	IV
Completamente Meteorizado (CS)	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado. La estructura del macizo original está prácticamente intacto.	V
Suelo Residual (RS)	Todo el material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo. La estructura del macizo original y su textura han sido destruida. Hay un gran cambio de volumen, pero el suelo no ha sido transportado.	VI

2.2.3.2.- *Meteorización ISRM 78*: Es un sistema manual el cual permite, con el uso de la piqueta y navaja, medir la resistencia al corte del macizo y clasificarlo en 7 categorías. (Ver cuadro 7).

**Cuadro 7:** Resistencia en la pared de la discontinuidad

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Identificación en campo</b>	<b>Rango aproximado de la resistencia a la compresión simple (MPa)</b>
Ro	Roca extremadamente débil	Mollada por la uña del pulgar	0,25 - 1
R1	Roca muy débil	Se disgrega por golpes fuertes de la punta de la piqueta, puede ser desconchada por una navaja	1,0 - 5,0
R2	Roca débil	Puede ser desconchada por una navaja con dificultades	5,0 - 25
R3	Roca medianamente resistente	No puede ser rayada o desconchada por navaja. La muestra puede ser fracturada por un golpe fuerte de la punta de la piqueta.	25 - 50
R4	Roca fuerte	La muestra requiere más de un golpe de la piqueta para fracturarse	50 - 100
R5	Roca muy fuerte	La muestra requiere varios golpes de la piqueta para fracturarla	100 - 250
R6	Roca extremadamente resistente	La muestra solamente puede ser astillada por la piqueta	>250

2.2.3.3.- *Valor R.M.R.*: Consistió en tomar características de resistencia a la compresión simple ( $C_o$ ), RQD, características de las diaclasas, persistencia y el contenido de agua, evaluando cada talud/ladera presente en la zona de estudio. Los valores R.M.R. arrojados no pueden ser interpretados aisladamente en un análisis geotécnico, siempre es recomendable utilizar y combinar este valor con los demás sistemas de clasificación como el GSI de Truzman (1999). (Ver cuadro 8).



Cuadro 8: Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989).

CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI (1.989)												
TUNEL:		FECHA:			PROGRESIVA:							
REALIZADO POR:												
Parámetros de Clasificación									Valoración			
1	Resistencia de la roca sana	Ensayo de carga puntual	> 100 kg/cm <sup>2</sup>	40-80 kg/cm <sup>2</sup>	20-40 kg/cm <sup>2</sup>	10-20 kg/cm <sup>2</sup>	Compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> )					
		C. simple	> 2500 kg/cm <sup>2</sup>	1000-2500 kg/cm <sup>2</sup>	500-1000 kg/cm <sup>2</sup>	250-500 kg/cm <sup>2</sup>	50-250	m-n	10			
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0			
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%					
	Valoración		20	17	13	8	3					
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0,8-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m					
	Valoración		20	15	10	8	5					
4	Estado de las diaclasas	Persistencia	<input type="checkbox"/> < 1 m	6	<input type="checkbox"/> Cerrada	6	<input type="checkbox"/> Muy rugosa	6	<input type="checkbox"/> Sin relleno	6	<input type="checkbox"/> Bordes sanos	6
		<input type="checkbox"/> 1-3 m	4	<input type="checkbox"/> < 0,1 mm	5	<input type="checkbox"/> Rugosa	5	<input type="checkbox"/> Duro < 5 mm	4	<input type="checkbox"/> Lig. meteorizada	5	
		<input type="checkbox"/> 3-10 m	2	<input type="checkbox"/> 0,1-1,0 mm	4	<input type="checkbox"/> Lig. rugosa	3	<input type="checkbox"/> Duro > 5 mm	2	<input type="checkbox"/> Moder. meteorizada	3	
		<input type="checkbox"/> > 10 m	0	<input type="checkbox"/> 1-5 mm	1	<input type="checkbox"/> Planar	1	<input type="checkbox"/> Blando < 5 mm	2	<input type="checkbox"/> Muy meteorizada	1	
				<input type="checkbox"/> > 5 mm	0	<input type="checkbox"/> Espejo de falla	0	<input type="checkbox"/> Blando > 5 mm	0	<input type="checkbox"/> Descompuesta	0	
5	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min						
	Relación entre la presión de agua y la tensión principal mayor	0	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5						
	Estado general	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo						
	Valoración		15	10	7	4	0					
Corrección por la Orientación de las Diaclasas												
6	Dirección perpendicular al eje del túnel			Dirección paralela al eje del túnel			Buzamiento					
	Excav. con el buzamiento		Excavación contra buzamiento				0°-20° cualquier dirección					
	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°						
	Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Favorable	Media	Media					
	0	-2	-5	-10	0	-5	-5					
Clasificación												
Clase	I	II	III	IV	V							
Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy mala							
Valoración RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20	RMR =						
Características												
Clase	I	II	III	IV	V							
Tiempo de mantenimiento y longitud	20 años con 15 m de luz	1 año con 10 m de luz	1 semana con 5 m de luz	10 horas con 2,5 m de luz	30 min. con 1 m de luz							
Cohesión	> 4 kg/cm <sup>2</sup>	3-4 kg/cm <sup>2</sup>	2-3 kg/cm <sup>2</sup>	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	< 1 kg/cm <sup>2</sup>							
Angulo de fricción	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	15°							
RMR = <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>												







2.2.3.4.- *Determinación de GSI:* Para el cálculo del GSI se determinó visualmente de acuerdo a las características del talud o la ladera, para esto se utilizó la tabla establecida por Hoek en 1994 y modificada por Truzman (1999).

El sistema de clasificación GSI hace una comparación del grado de fracturamiento del macizo y las características de las discontinuidades del mismo. (Ver cuadro 9)

Existe una comparación entre el valor RMR y el GSI que es:






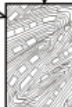
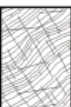

$$\text{Valor GSI} = \text{Valor RMR} - 5$$

Cuadro 9: GSI aplicado a rocas metamórficas, Hoek (1994), modificado por Truzman 1999

<p><b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA LAS ROCAS METAMÓRFICAS DE LA CORDILLERA DE LA COSTA DE VENEZUELA</b></p> <p>A partir de la descripción de la estructura y las condiciones de la superficie de las rocas, seleccionar el intervalo apropiado de este índice. Entender el valor promedio del Índice de Resistencia Geológica (GSI) de dicho intervalo. No intentar ser tan preciso. Escoger un rango de GSI de 30 a 42 es más apropiado que un GSI = 38. También es importante recordar que el criterio de Hoek-Brown debería ser usado solamente en rocas secas donde el tamaño de las bloques o fragmentos es pequeño comparado con el tamaño de la excavación a ser evaluada. Cuando el tamaño de los bloques individuales es aproximadamente mayor a un cuarto de la dimensión de la excavación, generalmente la falla estática controlada por la estructura y el criterio de Hoek-Brown no debería ser usado.</p>		CONDICIÓN SUPERFICIE DE DISCONTINUIDAD				
		MUY BUENA Muy rugosa, 40 partículas curvas, sin arena o limo, ni refuerzo	BUENA Rugosa, algunas masas macizas, abertura < 0.1 mm, predominantemente en ranuras	MEDIA Ligeramente rugosa, muchos merlos interbloqueados, abertura 0.1-1.0 mm, refuerzo suave y variable	POBRE Muy laminadas muy desagregadas con aberturas 1.0 - 8.0 mm, predominantemente en ranuras	MUY POBRE Espalda de falla, superficies desmenuzadas con aberturas > 8 mm entre ranuras y bloques
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80		N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		70	60		
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets			50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40		
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				30	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A		20	
						10

El cuadro 10, muestra las modificaciones que estableció Hoek en 1998 para las rocas sedimentarias al cuadro del GSI, aplicándose estos cambios para las rocas sedimentarias presentes en la región de estudio.

Cuadro 10: GSI aplicado a rocas sedimentarias, Hoek (1998).

COMPOSITION AND STRUCTURE		SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
	<b>A. Thick bedded, very blocky sandstone</b> The effect of pelitic coatings on the bedding planes is minimized by the confinement of the rock mass. In shallow tunnels or slopes these bedding planes may cause structurally controlled instability.	70	60			
	<b>B. Sandstone with thin inter-layers of siltstone</b>		50			
	<b>C. Sandstone and siltstone in similar amounts</b>			40		
	<b>D. Siltstone or silty shale with sandstone layers</b>				30	
	<b>E. Weak siltstone or clayey shale with sandstone layers</b>					20
C, D, E and G - may be more or less folded than illustrated but this does not change the strength. Tectonic deformation, faulting and loss of continuity moves these categories to F and H.						
	<b>F. Tectonically deformed, intensively folded/faulted, sheared clayey shale or siltstone with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure</b>					10
	<b>G. Undisturbed silty or clayey shale with or without a few very thin sandstone layers</b>					
	<b>H. Tectonically deformed silty or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. Thin layers of sandstone are transformed into small rock pieces.</b>					

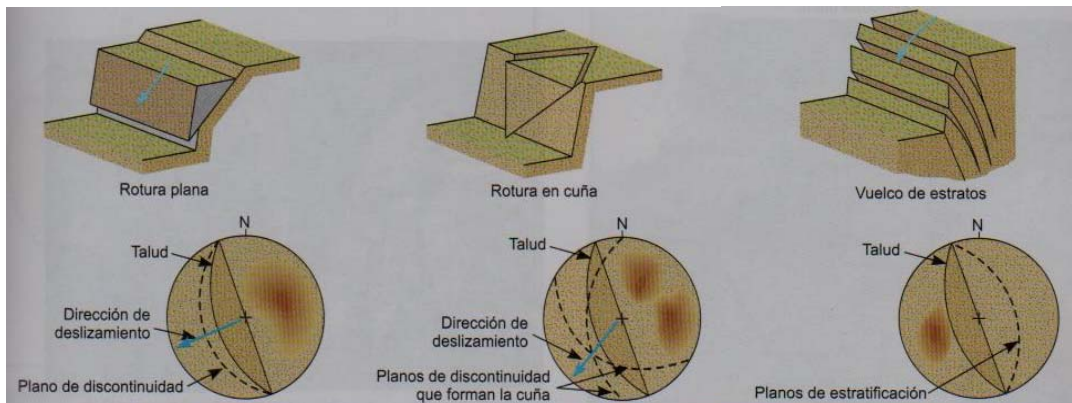
→ : Means deformation after tectonic disturbance

2.2.3.5.- *Análisis Cinemático*: Se estableció un estudio de cinemática para cada talud o ladera mediante el *software* Stereonet. Esto permite determinar posibles fallas planares, por cuñas, por volcamiento y circulares.

2.2.3.6.- *Clasificación Geomecánica SMR (Romana)*: La clasificación de SMR permite realizar un ajuste a los factores adecuados para aplicar la clasificación RMR de Bieniawski a los taludes (Romana 1985 a, 1986). La rotura en el talud rocoso puede ocurrir según formas muy diferentes, por ello cualquier clasificación debe considerar este hecho. En la mayoría de los casos, la rotura de las masas rocosas está gobernada por las discontinuidades y se producen según superficies formadas por una o varias juntas. De allí la importancia de su análisis cinemático.

Si se estudia la orientación de los planos de discontinuidad en un talud en específico, se tendrá una herramienta fundamental para el diagnóstico de posibles deslizamientos y movimientos en masa, en función al conjunto de condiciones geométricas que se encuentren presentes.

Para predecir la presencia de fallas geotécnicas, producto de la cinemática de bloques, en función a la disposición geométrica del talud y a las discontinuidades presentes, deben considerarse y cumplirse los siguientes criterios descritos y mostrados a continuación en la figura 4:



**Fig.4:** Gráficos de proyecciones hemisféricas ejemplificando tipos de falla, tomado del González de Vallejo (2002).

a) *Rotura Plana*, la condición de movimiento puede darse por:

- El rumbo de la discontinuidad no presenta una diferencia mayor a  $15^\circ$  con respecto al rumbo del talud (o ladera).
- La pendiente del talud (o ladera) debe ser mayor al buzamiento de la discontinuidad.
- El ángulo de fricción de la discontinuidad es menor al ángulo del buzamiento de la discontinuidad.
- El buzamiento de la discontinuidad coincide con el sentido de la pendiente del talud.

b) *Rotura en Cuña*, la condición de movimiento se presenta cuando:

- La pendiente del talud (o ladera) es mayor al ángulo de la recta de intersección entre los dos planos de discontinuidad estudiados.

- El ángulo de fricción de las discontinuidades es menor al ángulo de buzamiento de la línea de intersección de los dos planos de discontinuidad
  - El sentido del buzamiento de la línea de intersección de los 2 planos de discontinuidad, coincide con el sentido de la pendiente del talud (o ladera).
- c) *Rotura por volcamiento*, la condición de movimiento se presenta cuando:

- La discontinuidad al ser analizada posee un buzamiento mayor a  $60^\circ$ .
- El rumbo del talud (o ladera) y de la discontinuidad no supera una diferencia de  $15^\circ$  grados de paralelismo.
- El sentido del buzamiento de la discontinuidad debe ser opuesto al sentido de la pendiente del talud (o ladera).

Romana menciona que cualquier sistema de clasificación tiene que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Caracterización global de la masa rocosa (incluyendo frecuencia, estado y agua en las diaclasas).
- Valor de la diferencia entre los rumbos de la cara del talud y de las familias predominantes de las diaclasas.
- Valor de la diferencia entre los buzamientos de la cara del talud y de las familias predominantes, ya que esa diferencia controla la declinación de las diaclasas en la cara del talud, condición necesaria para rotura plana y en cuña, y también la oblicuidad de la resultante de las tensiones que actúan sobre la diaclasa.
- Relación entre el buzamiento de las diaclasas con los valores normales de la fricción (para roturas planas y en cuña).
- Comparación entre las tensiones tangenciales (a lo largo de las diaclasas con riesgo a rotura por vuelco) con la fricción que puede desarrollarse en ellas.

El índice SMR para la clasificación de taludes se obtiene del índice RMR sumando un “factor de ajuste”, que es función de la orientación de las diaclasas (y producto de tres

subfactores) y un “factor de excavación”, que depende del método utilizado, llegando a la siguiente expresión:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Este factor de ajuste es producto de tres subfactores que se explican a continuación:

F1: depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y la cara del talud. Varía entre 1,00 (cuando ambos rumbos son paralelos) y 0,15 (cuando el ángulo entre ambos rumbos es mayor a 30° y la probabilidad de rotura es muy baja). Estos valores, establecidos empíricamente, se ajustan aproximadamente a la siguiente expresión:

$$F1 = \left(1 - \overline{\text{Sen}(\alpha_j - \alpha_s)}\right)^2$$

Siendo  $\alpha_j$  y  $\alpha_s$  los valores del buzamiento de la discontinuidad y del talud, respectivamente.

F2: Depende del buzamiento de la discontinuidad en la rotura plana. En cierto sentido, es una medida de la probabilidad de la resistencia a esfuerzo cortante de la discontinuidad. Varía entre 1,00 (para discontinuidades con buzamiento superior a 45°) y 0,15 (para discontinuidades con buzamiento inferior a 20°). Fue establecido empíricamente pero puede ajustarse aproximadamente a la siguiente relación:

$$F2 = \text{Tg}^2 \beta_j$$

Donde  $\beta_j$  es el buzamiento de la discontinuidad. F2 vale 1,00 para las fallas por volcamiento.

F3: refleja la relación entre los buzamientos de las discontinuidades y el talud. Se han mantenido los valores propuestos por Bieniawski en 1976, que son siempre negativos.

Para roturas planas, F3 expresa la probabilidad de que las juntas afloren en el talud. Se supone que las condiciones son “normales” cuando el buzamiento medio de la familia de diaclasas es igual al del talud, y por lo tanto, aflorarán algunas pocas diaclasas.

Cuando el talud buza más que las diaclasas, casi todas afloran y las condiciones serán “muy desfavorables”, lo que supone un valor de F3 de -60 (para  $\beta_s - \beta_j > 10^\circ$ ), o “desfavorables”, lo que supone el valor de F3 de -50 (para  $0 < \beta_s - \beta_j < 10^\circ$ ). La diferencia con el valor de F3 “normal” que es -25 es muy grande.

*2.2.3. Cuantificación de la Meteorización mediante estudio mineralógico:* Son muchos los autores que han propuesto diferentes índices para la cuantificación de la meteorización de los distintos tipos de rocas. Éstos índices permiten determinar los grados de meteorización de una roca.

*2.2.3. Índices Petrográficos:* Corresponden a todas las características que solo pueden ser observadas a través de secciones finas de la roca. Las características que se hacen resaltar son: la mineralogía, el comportamiento de la microtextura, los procesos de alteración física y/o química y la variación de la porosidad. Entre ellos tenemos la composición porcentual de una roca y los grados de alteración.

*2.2.3 Composición Porcentual Mineralógica:* Los porcentajes mineralógicos de una roca en sus diferentes estados de meteorización, permiten determinar qué tan estables son o no dichos minerales en la roca y que tanto pueden ser afectados por la meteorización.

*2.2.3 Grado de Alteración:* Se define como el estado en que se encuentra respecto a las características que tiene la roca sana, y las que tiene totalmente alterada. El método de determinarlo es el propuesto por DAPENA (1978) en el cual se estudia su grado de fisuración y su estado de transformación.

Dapena (1978) propuso una clasificación en cinco estados del 0 al 4 a los que le asigna un índice, en función del tamaño y la densidad de las fisuras existentes en cada uno de ellos, cuando se observa al microscopio petrográfico con aumento entre 40 y 50.

El estado de transformación lo definió en función del porcentaje de superficie de cristal que aparece alterada, cuando se observa al microscopio petrográfico con aumento entre 40 y 50 y fue dividido en cinco estados del 0 al 4 a los que expresa en tanto por ciento.

En este trabajo se propone realizar el estudio del estado de transformación a cada sección fina realizando un barrido por la sección tomando como minerales guías a las micas.

*2.2.3.7.- Conceptos y metodología para la elaboración de un mapa de susceptibilidad:* Para realizar el diagnóstico de la susceptibilidad, objetivo de este trabajo, es necesario tener en cuenta como se define la susceptibilidad. Para Ayala (en Ayala y Corominas 2003), “es la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por un movimiento de ladera por desestabilización o alcance, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o detonantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad y suele presuponer que el comportamiento futuro de la ladera seguirá las mismas pautas que hasta el presente”.

Este autor menciona que se consideran dentro del campo de determinación de susceptibilidad dos tipos asociados:

- Susceptibilidad a los procesos de inestabilidad: se refiere al problema que puede presentar un punto de estudio, al hecho posible de que resulte desplazado por un movimiento en masa (movimiento subyacente). Generalmente esta susceptibilidad se encuentra asociada a movimientos de baja movilidad, como los rotacionales en sus primeras fases.
- Susceptibilidad al alcance: representa la posibilidad de alcance en las que una masa pueda afectar una zona determinada en su proceso de movimiento.

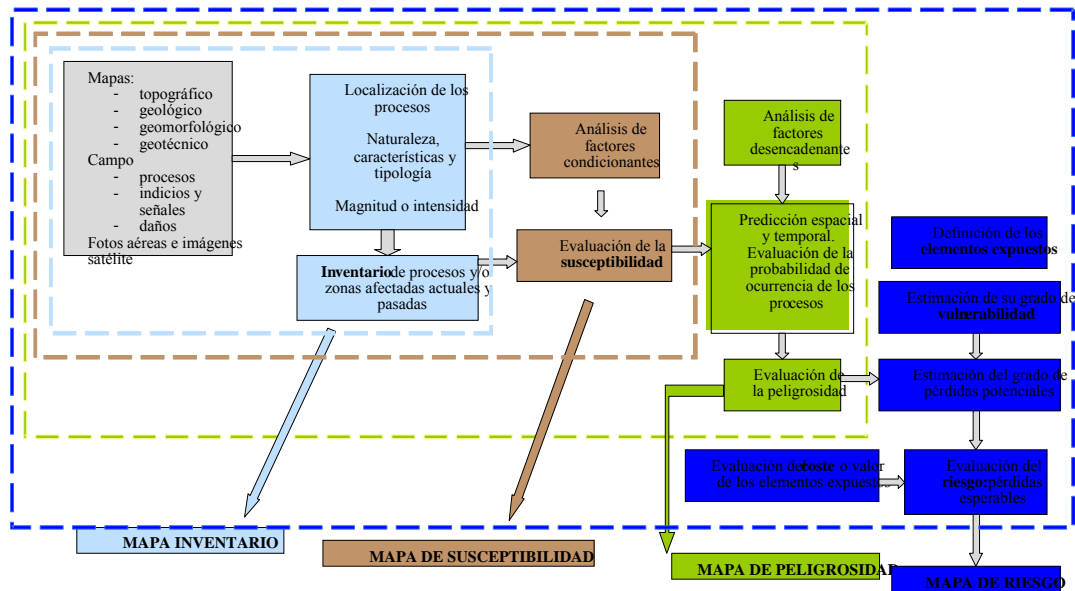


Generalmente esta susceptibilidad es propia de los movimientos de alta movilidad como los desprendimientos y flujos.

La susceptibilidad según Ayala (en Ayala y Corominas 2003), “es la aproximación espacial a la probabilidad. Ello no requiere decir que puedan hacerse equivalentes susceptibilidad y probabilidad ya que la ordenación de las susceptibilidades en diversas zonas, es en general relativa, de unas respecto a otras, mientras que la probabilidad es un valor absoluto comprendido entre 0 y 1”.

González de Vallejo (2002), menciona que la susceptibilidad puede definirse como “la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos”.

En los últimos años se han realizado estudios y confeccionado diversas metodologías en la elaboración de los mapas de susceptibilidad y peligrosidad, ambos términos suelen considerarse como sinónimos, pero encierran conceptos muy diferentes. En realidad muchos mapas mencionados como mapas de peligrosidad no son más que mapas de susceptibilidad del terreno a los deslizamientos ya que les falta el componente temporal (inclusión de los factores desencadenantes), Corominas (en Ayala y Corominas 2003). (Ver cuadro 11).



**Cuadro 11:** Mapas de estabilidad y los factores que intervienen en cada uno de estos, tomado de Ferrer en González de Vallejo (2002).

González de Vallejo (2002), establece las diferencias esenciales que hay entre los mapas de susceptibilidad y otros mapas que involucran y prospectan otros parámetros. ( Ver cuadro 12).

**Cuadro 12:** Comparación de los tipos de mapas que representan inestabilidad. Tomado de González de Vallejo (2002)

<b>Tipos de Mapas de Inestabilidad y su Contenido</b>		
<b>Tipo de Mapa</b>	<b>Contenido</b>	<b>Metodología</b>
Inventario o geomorfológico	Localización y distribución espacial de los procesos actuales y pasados y/o de las zonas afectadas. Características de los procesos (tipo, magnitud, velocidad, intensidad, etc.)	Recopilación de datos (documentación, mapas, fotos aéreas, etc.). Estudios de la tipología y características de los procesos
<b>Susceptibilidad</b>	<b>Zonas con diferente grado de susceptibilidad frente a la ocurrencia de un tipo de proceso</b>	<b>Análisis del proceso. Análisis de los factores condicionantes. Superposición de factores.</b>
Peligrosidad	Zonas con diferentes grados de peligrosidad	Análisis de los factores desencadenantes. Predicción espacial y temporal de la ocurrencia de los procesos
Vulnerabilidad	Localización espacial de los elementos o zonas con diferente grado de vulnerabilidad	Identificación de los elementos expuestos. Evaluación de su vulnerabilidad
Riesgo	Zonificación del territorio en base al riesgo o grado de riesgo	Evaluación de pérdidas debido a un proceso determinado

Los mapas de susceptibilidad responden a la necesidad de evaluar la propensión de las zonas no movidas o afectadas a presentar problemas. Esto es justamente lo que los diferencia de los mapas geomorfológicos, que representan básicamente las zonas movidas con todos sus atributos.

Uno de los objetivos de esta cartografía es indicar las zonas donde se hace necesaria o conveniente la realización de estudios geotécnicos complementarios. Los mapas de susceptibilidad pueden realizarse en base a:

- Mapas inventario: involucrando las áreas que sufren o han sufrido procesos que pueden volver a ocurrir.
- Mapas de factores: las áreas en que confluyen determinados factores que condicionan los procesos en una determinada zona o región, aunque estos no se hayan presentado hasta la actualidad, pueden ser afectadas en el futuro.

En este último caso, la metodología se basó en la preparación de mapas temáticos de los factores condicionantes y en la superposición de los mismos, estableciéndose el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores, esta técnica es la llevada a cabo para este trabajo. Estos mapas se suelen preparar con técnicas SIG (sistema de información geográfica), que permiten el análisis automático de los datos y el establecimiento de bases de datos asociadas.

Para Irrigaria & Chacón (2002), la evaluación de la susceptibilidad se puede determinar mediante dos grandes métodos:

- Métodos deterministas, se basan en leyes físicas y mecánicas universales de conservación de masa, energía y equilibrio de fuerzas, por lo que se puede utilizar tanto en la predicción espacial como temporal.
- Los modelos no deterministas, se basan en parámetros empíricos, existiendo varias técnicas para estos, pero todas basadas en el principio de actualismo, la inestabilidad relacionada por factores geológicos, geomorfológicos e hidrológicos presentes y pasados.

El estudio desarrollado mediante este trabajo se elaboró modelos no deterministas, en donde los parámetros utilizados serán definidos y desarrollados en posteriores párrafos en este capítulo.

La elaboración del mapa de susceptibilidad fue el objetivo final de todo el procedimiento. Existen diversos métodos en el momento de definir los niveles de susceptibilidad. Pueden ser expresados mediante valores de probabilidad matemática.

Tras la elección del método y la definición de los niveles de susceptibilidad, se generó un mapa en el que a cada unidad de terreno, se le adjudicó un nivel de susceptibilidad. El resultado final fue una zonificación del terreno según unos niveles de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Toda metodología para la elaboración de los mapas de susceptibilidad, implica en su conjunto la realización de:

- Inventario de movimientos de ladera y taludes: en la mayoría de los métodos utilizados en la valoración de la susceptibilidad, uno de los mapas más importantes como dato de entrada lo constituye el inventario de movimiento de ladera, que muestra la distribución de los fenómenos que se pretenden predecir. Este mapa se obtuvo a partir de la interpretación de las fotografías aéreas a escala adecuada y relativamente reciente, así como la posterior comprobación en el campo.
- Selección de factores condicionantes de la susceptibilidad: para este caso se tomaron factores como la magnitud de la pendiente, la densidad de la vegetación, las características geotécnicas de los suelos, las características geotécnicas de las rocas (RMR y SMR) y la disposición espacial de las discontinuidades. Todos estos factores se describen con mayor detenimiento en los capítulos.
- La digitalización de los mapas resultantes del inventario y de la selección de los factores.
- La realización del análisis de correlación entre movimientos (mapa de inventario) y factores (mapa de susceptibilidad).

Las técnicas se basan en un Sistema de Evaluación Semicuantitativo (SES) descrito por González, Millán, Soler y Vesga (2000), estos mencionan que para cada factor (parámetros condicionantes) se fijan intervalos de variabilidad de acuerdo con su influencia (en mayor o menor grado) en la estabilidad de las laderas. Cada parámetro es el resultado de diversos factores asociados según su naturaleza. La combinación de los diferentes factores otorga condiciones particulares de estabilidad, a los cuales se les asigna una calificación de susceptibilidad.

Para fijar estos factores condicionantes fue necesario incluirlos dentro de “Mapas Temáticos”, los cuales se pueden definir como mapas diseñados para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos.

Todo mapa temático está compuesto por dos elementos fundamentales, una base geográfica (mapa base) y una capa de contenido temático. El usuario de un mapa temático habrá de ser capaz de integrarlas, visual e intelectualmente, durante la lectura del mapa.

Para este trabajo se tomó la siguiente matriz de ponderación, la cual varía su peso porcentual de acuerdo al tipo material litológico encontrado en campo. ( Ver cuadro 13)

**Cuadro 13:** Matriz de ponderación para el mapa de susceptibilidad. Elaborado por Caicedo & Medina (2005).

Metodología para el análisis de Susceptibilidad							
Factores		Estación de trabajo: L1-2-3					
Pendiente	Pendiente del terreno	RANGOS DE PENDIENTE					
	Valoración	< 5°	5° a 12°	12° a 18°	18° a 33°	33° a 45°	> 45°
		0	5	10	13	15	20
Litología	Factor Suelo (%)	TIPO DE MATERIAL					
		5	Estable	Inter. Limolt/Aren.	Terraza	Metamórfica	Coluvión
	15	P. Estable					
	25	P. Inestable	<input type="checkbox"/> Inestable	<input type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> P. Estable	<input type="checkbox"/> P. Inestable	
	35	Inestable	<input type="checkbox"/> P. Inestable	<input type="checkbox"/> P. Estable	<input type="checkbox"/> P. Inestable	<input type="checkbox"/> Inestable	
Factor Roca (%) SMR	TIPO DE MATERIAL						
	I Roca Muy Buena	II Roca Buena	III Roca Media	IV Roca Mala	V Roca Muy Mala		
Valoración	0	7	14	25	35		
Vegetación	Cobertura vegetal y uso de tierras	Vegetación abundante	Vegetación moderada	Vegetación escasa	Área deforestada para cultivos	Área desprovista de vegetación	
	Valoración	0	5	10	15	20	
Cinemática	Estructura geológicas y orientación del talud	Muy Favorab.	Favorable	Desfavorable		Muy desfavorable	
	Valoración	0	10	15		25	
CLASIFICACIÓN							
CLASE		I	II	III	IV	V	
Susceptibilidad		Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Valoración		< 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
Movimientos en masa		Ninguno	Caidas de Bloques ocasionales	Algunas cuñas y caídas de bloques	grandes cuñas, desprendimientos y flujo de detritos	Deslizamientos planares, independiente de la estructura, flujo y grandes cárcavas	
Observaciones:							

La razón del cambio porcentual, se debe a que cada roca presenta comportamientos diferentes, las características mecánicas y físicas de un coluvión no corresponden con las de una roca metamórfica, sedimentaria o ígnea. Las variables o factores condicionantes, tomadas en consideración para este trabajo, no son directamente proporcionales para cada litología.

Además, las condiciones de estabilidad de un talud y una ladera son diferentes, debido a que el primero mencionado está bajo un estado de esfuerzos muy diferente al estado natural en que se presentaba, “esfuerzos internos”, por esta razón la ponderación para una litología suele

variar dentro de la matriz descriptiva para la susceptibilidad. La razón de cambio es colocar un índice aproximado del espesor roca y suelo dentro de una ladera.

El modelado de evaluación SES se realizó en el solapamiento de los mapas temáticos resultantes de la valoración de las variables, en términos de contribución a la susceptibilidad.

La calificación de estabilidad es el resultado de la suma ponderada de los índices de estabilidad asignados a cada parámetro, a partir de la cual se definieron los diferentes niveles de susceptibilidad. Estos se clasificaron en cinco categorías, desde susceptibilidad muy baja hasta susceptibilidad muy alta.

El Factor litológico es el que más claramente se asocia estrechamente a cada uno de los diferentes tipos de movimiento, sea en macizos rocosos o suelos. Dentro de nuestra matriz se ponderó a la litología de acuerdo al porcentaje de suelo o roca que se tuviera para el talud, si un suelo se presenta en un 10% del talud, su factor de ponderación será 0,1, mientras que en la roca será de 90% con un factor de ponderación 0,9.

La roca se evaluó a través de la clasificación geomecánica, la clasificación SMR es un sistema para aplicar a la clasificación RMR de Bieniawski los factores de ajuste oportunos para el caso de taludes y laderas. Proporciona una división en clases de estabilidad y recomendaciones para métodos de soporte y/o corrección, su inclusión fue aplicada y propuesta por Romana, Serón y Montalar (2001).

Las razones para la elección del RMR y el SMR para ser cartografiados, se debe a que el índice RMR básico es un método general para considerar la “calidad geomecánica” de un macizo, y puede ser corregido por distintos factores, dependiendo de la aplicación en campo, sobrentiéndose que en taludes se aplica la corrección SMR.

Es apropiado considerar el RMR y el SMR para mapas temáticos geomecánicos, el primero mencionado representa la calidad general de los afloramientos y el segundo la estabilidad de los taludes. Para el SMR, se crea un factor a partir de todas las estaciones geomecánicas y se compara el valor obtenido con el mapa observado. Este método adquiere verdadero sentido, como



parte de un proceso de validación cuando el talud es inestable, pudiendo presentar fuertes medidas correctoras.

Para el factor suelo se analizó cada perfil de suelo y su grado de estabilidad en un talud o ladera, dependiendo de sus parámetros geotécnicos; para suelos similares y provenientes del mismo tipo de roca se generalizó un perfil de meteorización para la zona de estudio, de ese tipo de roca. Para los casos de coluviones se tomaron parámetros geotécnicos y se analizó su grado de estabilidad.

El suelo se separa de la roca debido a que las condiciones del comportamiento geomecánico son diferentes, aunque provengan del mismo material litológico, en caso de ser suelo residual.

El factor Pendiente, es un factor asociado de manera irregular a los distintos tipos de movimientos y no constituye un factor determinante de primer orden. Además, representa el grado de exposición de la roca a la interacción entre factores climáticos (desencadenante) y de litología (condicionante).

La pendiente es considerada como asociada a los procesos de remoción en masa, ya sea caídas de roca o deslizamientos en todos sus tipos, aunque en ocasiones se diseñan taludes con pendientes cercanas a la verticalidad, debido a la buena calidad de la roca. En nuestro trabajo, este parámetro condicionante es un factor de segundo orden, debido a que la variabilidad de la pendiente presenta condiciones menos favorables cuando se trata de taludes verticales, pero no en gran medida.

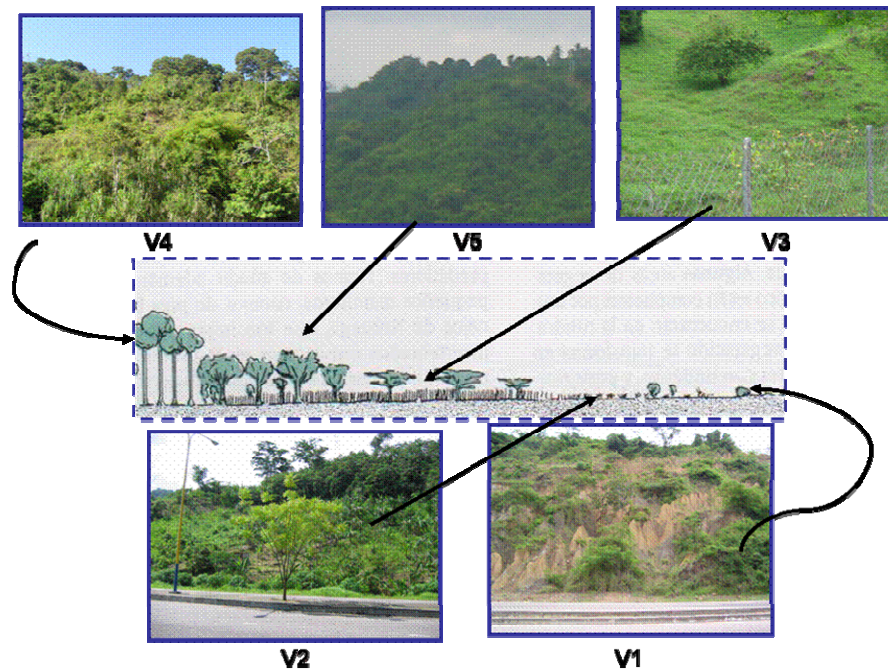
La vegetación es un factor que cumple dos funciones principales, en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

El factor vegetación se asocia de manera clara con caídas de rocas para vegetación abundante, flujos y coladas de barro para vegetación deforestada para cultivo, movimientos complejos para vegetación escasa y de cultivo.

En este trabajo se clasificó la cobertura vegetal en cinco tipos, de acuerdo a su densidad y uso de tierra. La primera de estas es la vegetación abundante (V5) y de mayor estabilidad para el talud o ladera, la cual representa abundantes plantas herbáceas y arbóreas, de características naturales y no intervenidas por el hombre para razones particulares.

La segunda es la vegetación moderada (V4), caracterizada por presentar abundante plantas de origen herbáceo y arbóreo, pero no más densificada que la primera cobertura vegetal antes mencionada, no está intervenida por el hombre. La tercera cobertura vegetal (V3) se define como una vegetación escasa, en donde son abundantes las plantas herbáceas o las arbóreas, pero no simultáneamente, puede ser el caso en que la menos abundante se presente en solo un 10% del total presente.

La cuarta cobertura es la vegetación deforestada para cultivos (V2), en donde el hombre utiliza la tierra para fines e intereses propios. Por último, la cobertura vegetal escasa (V1), con 10% o menos de presencia de plantas herbáceas o arbóreas. En La figura 5 se muestran las representaciones de las cinco categorías de coberturas vegetales.



*Fig.5: Escalas de vegetación en cuanto a la densidad y uso de tierras, de la cobertura vegetal.*

Los factores de estructuras Planares y Cinemáticas, aunque se toman en cuenta anteriormente en la evaluación del RMR y SMR, se adiciona nuevamente debido a que su efecto se ve disminuido en la matriz de ponderación por los otros factores o parámetros. En este factor se describen cuatro condiciones, las cuales son agregadas de acuerdo a factores como disposición de las diaclasas, estratificación con respecto al talud y condiciones de fallas cinemáticas.

La condición muy favorable se describe como una roca inalterada (masiva) y sin diaclasas, estratificación y/o foliación en contracuesta con respecto al talud, sin falla cinemática apreciable.

La condición favorable está relacionada con rocas poco alteradas (ligeramente diaclasadas), con presencia de diaclasas a favor de la estabilidad del talud (contrapuestas) y cinemática nula o en baja proporción.

La condición desfavorable es catalogada a rocas alteradas (meteorizadas y diaclasadas), presentan dirección de la estratificación o foliación en cuesta con respecto al talud, de igual forma la orientación de cualquier sistema de diaclasa a favor del talud, con cinemática activa.

La condición muy desfavorable ocurre al presentarse una roca muy alterada (roca muy diaclasada), presentando dirección en la estratificación o foliación en cuesta con respecto al talud, de la misma manera la orientación de cualquier sistema de diaclasas en condición de fallas cinemáticas, ya sea falla en cuña, planar o volcamientos, pudiendo ser activas por la socavación en los niveles de capas menos competentes.

Para este estudio, la susceptibilidad está representada por muy baja, baja, media, alta y muy alta. Para la susceptibilidad muy baja, los movimientos en masa se consideran ausentes. Para la susceptibilidad baja los procesos de inestabilidad pueden ser caídas de rocas ocasionalmente. La susceptibilidad media la inestabilidad puede darse por algunas fallas en cuñas y caídas de bloques.

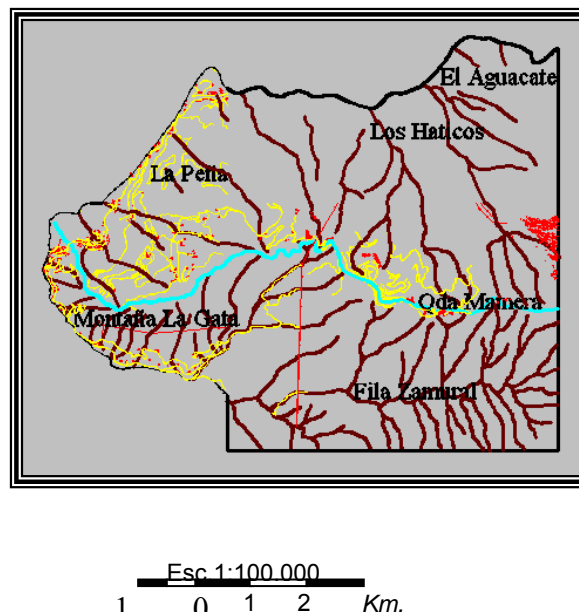
La susceptibilidad alta puede expresarse con movimientos en masa de grandes cuñas, desprendimientos y flujo de detritos. Por último, en la susceptibilidad muy alta se pronostican deslizamientos planares (independientes de la estructura), flujo y grandes cárcavas.

### CAPÍTULO III

#### GEOGRAFÍA FÍSICA

##### 3.1.- Introducción

El área de estudio se encuentra en la región capital del país, al suroeste de la capital Caracas, específicamente entre las coordenadas N 1.155.000, N 1.160.017 y E 713.747, E 720.000. (Ver figura 6).



*Fig. 6: Zona de Estudio del T.E.G.*

El clima en la región está fuertemente influenciado por el relieve. La altitud determina los cambios en la precipitación, temperatura y demás factores generando tipos climáticos. (*Observatorio Cagigal; I.N.O.S. y M.A.R.N.*)

Los niveles hipsométricos están ubicados entre 950 y 1950m.s.n.m., con lluvias presentes desde marzo a noviembre y un periodo seco de diciembre a marzo con 164mm de promedio de precipitación anual. Hacia las zonas más altas se presentan las mayores precipitaciones con un

promedio de 1700mm a 2000mm y la temperatura promedio disminuye con un gradiente termal de 0,5 °C/100m. La humedad existente es de 80%(MARN *Uso Actual y Cobertura Vegetal en Región Centro Norte Costera. 1983*).

### 3.2.- *Relieve*

Dengo menciona que los montes que se encuentran al sur y al oeste de Caracas están alineados más o menos N 60E, siguiendo el rumbo general de la estructura geológica.

La zona está dominada por formas de 3er orden, montañosas y acolinadas, con pendientes moderadamente abruptas a escarpadas en algunos sectores. Sin embargo existe un pequeño sector que ocupa 1% de la zona que posee pendiente baja, dicho sector se encuentra en el valle de la quebrada Mamera específicamente en el sector de la Hacienda Mamera. Un análisis minucioso reflejó que los sectores con pendientes moderadas dominan las filas principales y las estribaciones, mientras que los sectores con pendientes escarpadas se encuentran en las cabeceras de los drenajes secundarios (Urb. La Hacienda y La Arboleda).

Estas formas encontradas presentan un arreglo topográfico tal que puede ser englobada en una sola unidad de relieve:

#### 3.2.1.- *Unidad de relieve de montañas alargadas y colinas redondeadas*

Esta unidad se encuentra cortada en dos por un drenaje principal que es la Quebrada Mamera. La vertiente norte que abarca el 45% de la zona, presenta una fila alargada asimétrica con una envolvente cuya orientación es E-W. En el punto geográfico de coordenadas N 1.155.600 y E 718.000, la fila cambia de dirección progresivamente hasta alcanzar una dirección N10E en el punto de coordenadas N 1.157.800 E 713.800. En esta vertiente se encuentran dos tipos de relieves. Análogamente la vertiente sur que ocupa un 55% de la zona se encuentran dos tipos de relieves.

##### 3.2.1.1.- *Tipo Fila orientada de tope agudo y lobulada*

Se encuentra ubicado en la vertiente norte al SE de la zona de trabajo y ocupa un 40% de la misma. En este tipo de relieve se observa una cresta con envolvente de rumbo E-O de trayectoria irregular que presenta 6 quiebres que llaman la atención q1, q2, q3, q4, q5, q6 (véase tabla y gráfico). En cuanto al perfil longitudinal de la cresta se puede apreciar un declive suave en sentido este. La zona de cresta tiende a ser aguda con topoformas acolinadas.

Las laderas de las zonas son simétricas, con abundantes estribaciones lobuladas. Los perfiles de dichas laderas son convexo – cóncavas y están espacialmente distribuidas en un modelado compacto.

#### *3.2.1.2.- Tipo Fila Curvilínea de tope agudo*

Se encuentra ubicada en la vertiente norte al SO de la zona de trabajo y ocupa un 5% del área. En este tipo de relieve se aprecia que la trayectoria de la cresta es curvilínea. La trayectoria comienza en lo más alto de Montaña la Gata con orientación N 10 E y cambia su rumbo progresivamente hasta llegar a la Fila Zamural con orientación E-W. La pendiente de la cresta es moderada en los primeros 250m de descenso (con respecto al nivel del mar) y luego varía para tomar una pendiente suave. La zona de cresta es de morfología aguda.

Las laderas son asimétricas, sus pendientes convexas con unas estribaciones pobremente pronunciadas.

#### *3.2.1.3.- Tipo fila curvilínea de tope acolinado*

Se encuentra ubicado en la vertiente sur al N-O de la zona, ocupa un 20% del área de estudio. Este tipo de relieve presenta una cresta orientada con dirección N40E con un declive suave en sentido N-E. La zona de cresta es de superficie irregular con tope acolinado.

Las laderas son asimétricas, cóncavas de pendientes abruptas e incluso escarpada hacia las zonas más elevadas para luego presentarse moderada hacia las zonas menos elevadas.

#### *3.2.1.4.- Tipo fila irregular de tope acolinado*

Se encuentra ubicado en la vertiente sur al N-E de la zona, ocupa un 35% del área. Presenta una cresta con envolvente de orientación N 80 E cuya trayectoria es muy irregular con muchos quiebres. La forma de la cresta es acolinada y amesetada.

Las laderas que descienden de la crestas son estribadas, con pendientes moderadas y abruptas.

#### *3.3.- Drenajes*

La red de drenajes es densa, presenta un drenaje principal que es la Quebrada Mamera cuya trayectoria tiene una envolvente E-W exceptuando un tramo (N1.157.175 E717.015-N 1.156.400 E717.597) el cual presenta un quiebre en dirección N25W.

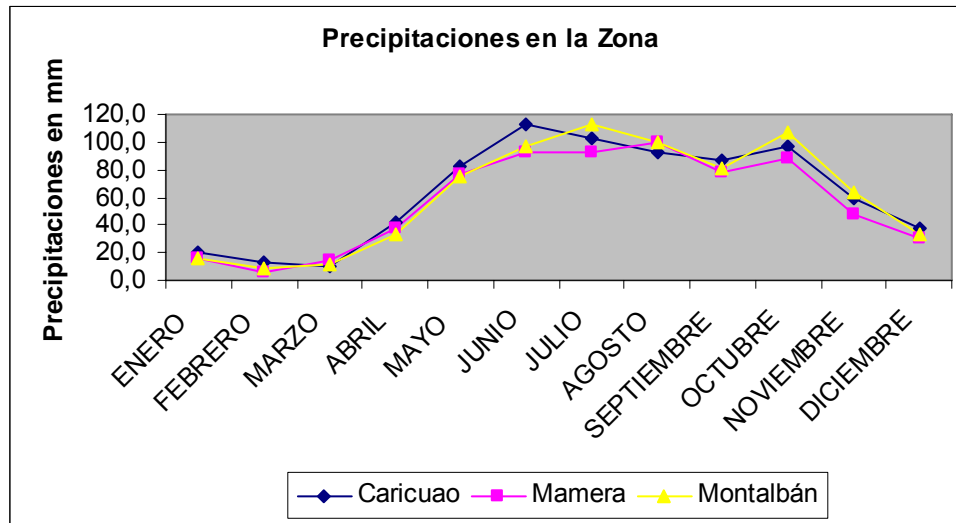
Los cursos de agua son de poca trayectoria y de bajo caudal, un gran porcentaje de los drenajes es representado por huellas impresas que deja el agua que circula por la zona. Aunque es cierto que el patrón de drenaje mayormente es dendrítico, existen unas pocas alineaciones que resaltan y rompen con dicho patrón de orientación. Por citar un ejemplo, la quebrada Zamural que se une con la Quebrada Mamera en el punto (N1.156.454, E717.559) presenta un notorio rumbo N60E. por otra parte, un drenaje que se encuentra al sureste de la Urb. Los Haticos, tiene una orientación N55W con trayectoria rectilínea.

#### *3.4.-Precipitación*

Se presentan dos períodos estacionales bien marcados: un periodo lluvioso desde marzo-abril a noviembre que va desde 1019mm en 950m.s.n.m. de precipitación hasta 2000mm a 1950m.s.n.m CANTISANO. y, un periodo seco de diciembre a marzo con un promedio de precipitación de 164mm M.A.R.N. 1980. Las precipitaciones van en sentido Norte – Sur e incrementan hacia el sur (I.N.O.S. 1951-1965).



En el cuadro 13, se presentan los promedios de las precipitaciones tomadas en las diferentes estaciones encontradas dentro de la zona y en la periferia inmediata de la misma.



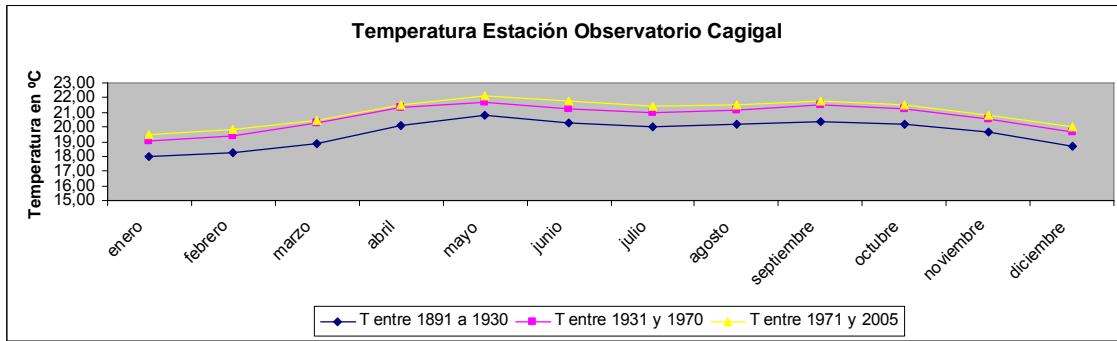
*Cuadro 14: Precipitaciones en la Zona de estudio y sus alrededores inmediatos*

### 3.5.- Temperatura

Es uno de los factores en los que el efecto de la altitud ejerce mayor influencia. De igual modo se percibe el efecto del calentamiento global.

En las zonas bajas como Hacienda Mamera y Urb. La Yaguara existen temperaturas altas mayores a 22° C mientras que en las zonas altas como Montaña la Gata y Urb. La Peña la temperatura desciende a 17 ° C como promedio. (M.A.R.N. 1970, ZAMBRANO 1970).

El efecto del calentamiento global se expresa en un aumento de 1° C en promedio cada 30 años, tendencia que se mantuvo durante el siglo XX y que, a finales del mismo siglo y a principios del XXI se predice un ligero incremento en el gradiente termal. (Ver cuadro 14).



**Cuadro 15:** Temperaturas tomadas desde 1891 a 2005. datos del Observatorio Cagigal

### 3.6.- Vegetación

Chacón (1982) menciona que en la zona se encuentran diferencias de estratos bien definidos y que existen al menos tres, a saber.

**Vegetación de helechos y gramíneas** en el estrato inferior, tomando como referencia a la hipsometría.

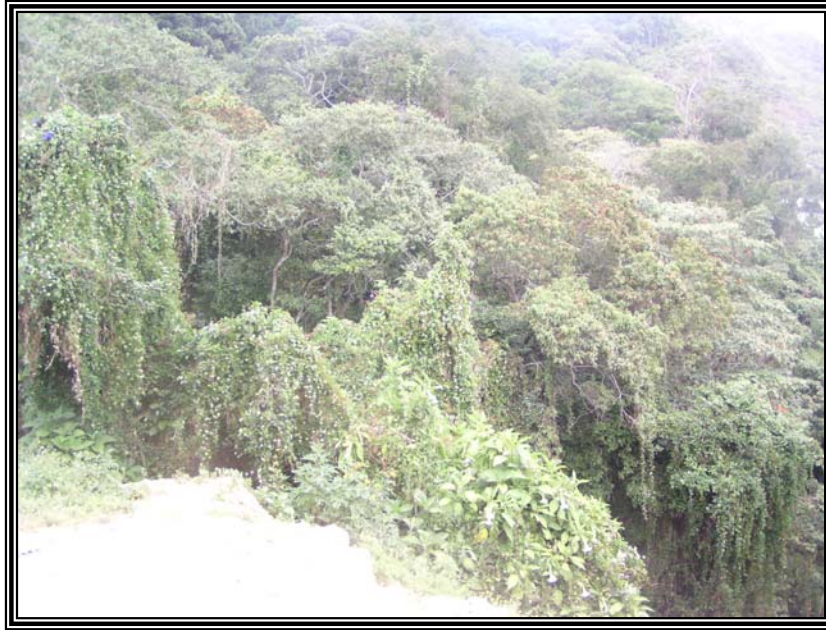
**Vegetación de Arbustos y Árboles** estos dominan el estrato medio (1000- 1800m) y pueden alcanzar los 5 m.

**Vegetación de Árboles** entre 1500 y 2000m, son árboles que por lo general sobrepasan en tamaño a los demás y pueden llegar a medir 30m de altura.

Además, menciona que en las áreas que han sufrido intervención humana, existe una vegetación predominantemente de gramíneas con algunos matorrales.

Mientras que el *Esquema de Ordenamiento de las Zonas Protectoras del Área Metropolitana de Caracas 1980* indica que en la zona existen 5 tipos de vegetación Bosque Nublado, Bosque de Zonas bajas, Sabana, Matorrales y Espinos.

**Bosque Nublados (Bn)** La cobertura del suelo está dominada por árboles de gran tamaño y las alturas, vistas desde arriba se ven bastantes uniformes solo se presentan en alturas sobre 800 m. ( Ver figura 7).



*Fig. 7: Típica Vegetación de Bosque Nublado (Localidad El Bosque)*

**Bosque de Zona baja (B)** la cobertura del suelo está dominada por árboles cuya capa de follaje vista desde arriba tiene una apariencia irregular.

**Sabana (S)** son zonas de aspecto liso y homogéneo constituida por gramíneas. Son zonas cercanas a las urbanizaciones o emplazamientos humanos, en los que se evidencia la acción del hombre.

**Matorral (M)** la cobertura del suelo está conformada por arbustos y árboles bajos, en los que sus copas aparentan tocar el suelo vistos desde arriba.

**Espinos (Es)** son arbustos dispersos, entre los que existen suelos desnudos o vegetación baja de arbustos pequeños. Algunos son evidencia de la acción humana.

**Área Urbana (U)** es un área donde el porcentaje de superficie ocupada por edificaciones supera el 25%.

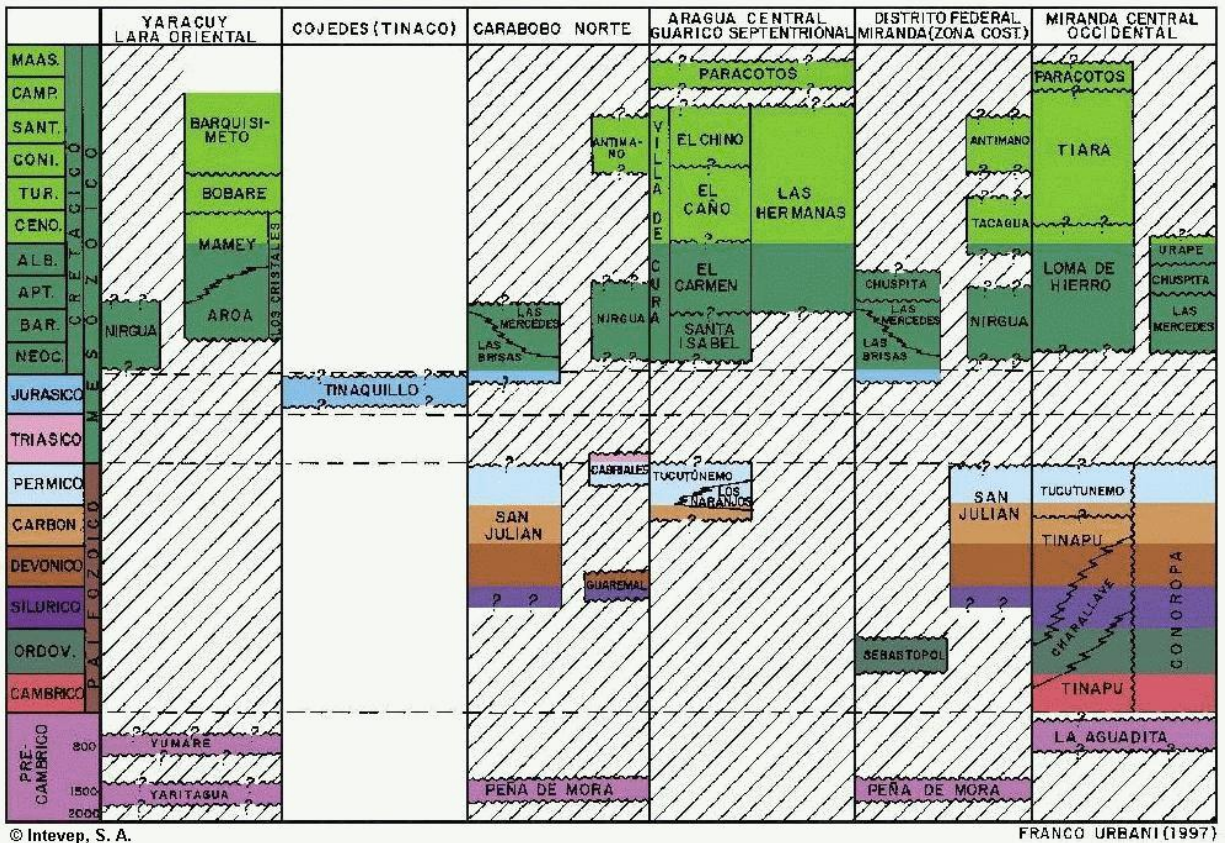


**Fig. 8:** Tipo de Vegetación presente en la zona: primer plano, gramíneas(V2). Centro, Área urbana (V1)Izquierda Vegetación Abrupta(V5).Derecha Vegetación Arbustos y Abrupto(V4 y V5). Centro-derecha, Vegetación Moderada (cultivos)(v3)

### CAPÍTULO IV GEOLOGÍA REGIONAL

En el marco de este capítulo se desarrollan todos los aspectos regionales de la zona de estudio, donde se describen sus características.

El área de estudio se encuentra en la Cordillera de la Costa, en ella afloran tres formaciones que han sido extensamente estudiadas, Mármol de Antimano, Esquisto Las Mercedes y Esquisto Las Brisas. (Ver cuadro 16).



Cuadro 16: Tabla de correlación de la Cordillera de la Costa. Tomado y modificado del *Léxico Estratigráfico Venezolano* (2000).

#### *4.1.- Geología Estratigráfica Regional.*

##### *4.1.1. - Mármol de Antímamo (mesozoico medio a superior):*

En las consideraciones Históricas Dengo (1951), describe formalmente esta Formación con localidad tipo en la zona de Antímamo, Distrito Capital, pero algunos de los cuerpos de esta unidad según dicha descripción de Dengo, habían sido identificados previamente como pertenecientes a la Fase Zenda de la formación Las Brisas (Dengo, 1947), o como parte de la Formación Las Mercedes (Aguerrevere y Zuloaga, 1937; Smith, 1952).

Luego MacLachlan (1960), Feo-Codecido (1962), Wehrmann (1972), González (1972) extienden esta unidad hacia los estados Miranda, Aragua y Carabobo.

González de Juana (1980, p.314) son los primeros en interpretar que esta unidad “representa un horizonte tectónico y no una unidad litoestratigráfica”. Ostos (1987), Navarro (1988), la redefinen como Fase antímamo, formando parte de la unidad litodémica de corrimiento que denominan como complejo la Costa, que reúne adicionalmente a sus fases tacagua y Nirgua. Urbani y Ostos (1989), utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a macuto, estado Vargas, y El Palito-Morón-Valencia, Estado Carabobo.

##### *4.1.1.1.- Descripción Litológica.*

Dengo (1950) y Schumann (1950) describen la anfibolita de esta unidad. Dengo (1951) describe esta unidad como mármol masivo, alternado con capas de esquisto cuarzo micáceo y anfibolita. OSTOS (1981) describe su unidad de esquisto cuarzo muscovítico y mármol cuarcífero. Cantisano (1989), en la zona de antímamo y Mamera, halla lentes de mármol y rocas anfibolíticas. Urbani et al. (1997) estudian el mármol en la localidad de Mamera.

##### *4.1.1.2.- Extensión Geográfica.*

Afloramientos aislados en la zona de Antímáno y en Mamera, cerca de Carapa y Carapita. Forman una franja en dirección N60E DÍAZ (2003). Afloramientos en San Pedro, en La Florida, continúa una franja en la Quebrada Tacagua, hacia el oeste una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma (Talukdar & Loureiro) 1982, hacia el este en Los Caracas (Castillejo y Suárez 2002). El mayor de los cuerpos de mármol de esta unidad fue cartografiado por SMITH (1952) al sur de san Pedro y Lagunetas. Afloramientos se han reconocido en la zona de Morón OMAÑA(2002). BARBOZA & RODRÍGUEZ (2002), CANO & MELO (2002) y CASTILLO & SUÁREZ (2002), cartografían y muestrean la distribución de esta unidad en el estado Vargas.

#### *4.1.1.3.- Contactos.*

Cantisano (op cit.) interpreta como de falla de corrimiento el contacto con el esquisto de Las Mercedes, e indica que los contactos son estructuralmente concordantes tanto con los Esquistos de Las Mercedes y Las Brisas. En el Estado Vargas entre Curucutí y Los Caracas, la unidad se encuentra en contacto de falla de ángulo alto con el Esquisto de Tacagua al norte y las unidades de la Asociación Metamórfica del Ávila al sur (BARBOZA & RODRÍGUEZ op cit.), CANO & MELO op cit., DIAZ (2003) menciona que la unidad está en contacto tectónico con el Esquisto las Mercedes al sur.

#### *4.1.2.- Esquisto de Las Mercedes (Mesozoico).*

En las consideraciones históricas Aguerrevere y Zuloaga (1937) introducen el nombre de Esquistos de Las Mercedes para designar una extensa zona de afloramientos de esquisto calcáreo – grafitoso en la región de Caracas, pero luego los mismos autores (1938) lo elevan a rango formacional. Dada su monótona litología ha sido descrita en diversas localidades de la Cordillera de la Costa sin mayores cambios:

##### *4.1.2.1- Descripción Litológica.*

Aguerrevere y Zuloaga (1937) la definen como esquisto principalmente carbonático, con zonas micácea. Según Wehrman (1972) y la revisión de González de Juana, Iturralde & Picard

(1980) mencionan que la litología predominante consiste en esquisto cuarzo muscovítico carbonático con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes. Wehrmann (1972) menciona la presencia de conglomerado en su base, esquisto clorítico y una sección tope de filita negra. SEIDERS (1965) menciona además metaarenisca feldespática y cuarcífera. Urbani et al. (1997) estudian mineralógicamente el mármol de esta unidad en la zona de Birongo, estado Miranda, encontrando que la dolomita se encuentra en baja concentración.

#### *4.1.2.2- Extensión Geográfica.*

Aflora en una extensa franja, fundamentalmente al sur de la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa, entre Carenero, estado Miranda hasta el estado Cojedes.

#### *4.1.2.3- Contactos.*

La mayoría de los autores hasta los años 70, han considerado el contacto entre el Esquisto Las Mercedes y Las Brisas como concordantes y del tipo sedimentario. Mientras que recientemente consideran que es tectónico conservando el paralelismo en la foliación en ambas unidades (González de Juana et al. op. Cit.). En la Colonia Tovar, Ostos (1990:55) señala que el contacto entre las rocas de la Asociación metamórfica Ávila con el esquisto De Las Mercedes puede interpretarse como de falla normal de bajo ángulo, o como un contacto sedimentario original. El contacto entre el Esquisto Las Brisas lo interpreta como de corrimiento. En el estado Cojedes, el mismo autor, señala que la Peridotita de Tinaquillo está en contacto con el esquisto de Las Mercedes a través del corrimiento de Manrique. Cantisano(1989) en su estudio de la zona de Mamera Dtto. Capital, indica que el contacto entre las Mercedes y Antímamo corresponde a una falla de corrimiento. El Contacto con el Esquisto de Chuspita puede ser Transicional SEIDERS (1965).

#### *4.1.2.5- Correlación.*

Por su similitud litológica se ha correlacionado con el Esquisto de Aroa en el estado Yaracuy, así como con el Esquisto de Carúpanoen la Península de Paria. Tanto Aguerrevere &



Zuloaga (op. cit.) comoautores posteriores, proponen su correlación con las formaciones La Luna y Querecual. Navarro, Ostos & Yoris (1988) afirman que la única diferencia entre las unidades litoestratigráficas de Las Mercedes y Grupo Guayuta lo constituye el metamorfismo, ya que representan facies semejantes en tiempo y ambiente. También han sido relacionada con la unidad no-feldespática del Grupo Juan Griego en la isla de Margarita Vignali (1979)

#### *4.1.3- Esquisto Las Brisas.*

##### *4.1.3.1- Descripción Litológica.*

Aguerrevere & Zuloaga (1937) mencionan un metaconglomerado arcósico. Dengo (1951) observa que la unidad está costituida por esquisto cuarzo micáceo, cartografiando a parte al Mármol de Zenda y al gneis microclínico. Smith (1952) divide la formación gneis y esquisto microclínico-conglomerático, y esquisto sericítico (muscovítico). Wehrman(1972) estima un 90% de esquisto cuarzo feldespático muscovítico; el 10% restante de esquisto cuarzo feldespático. OSTOS (1990) en la zona de la victoria, la reconoce metagrauvaca y metaconglomerado, esquisto cuarcífero. Urbaniet al. (1997) encuentral al Mármol de Zenda predominantemente dolomíticos.

##### *4.1.3.2- Extensión Geográfica.*

A lo largo del macizo central de la cordillera de la costa, entre el cabo Codera y el estado Yaracuy.

##### *4.1.3.3- Contactos*

La opinión general es que el contacto entre esta unidad con el Gneiss de Sebastopol es discordante, si bien la fuerte meteorización de los afloramientos y la cobertura de urbanismo marginal de la zona tipo, hace que hoy día no pueda observarse. La relación con el Mármol de Antímano y El Esquisto de Las Mercedes ha sido considerada como concordante o transicional por Dengo (1951) y Wehrman(1972), entre otros, pero recientemente otros autores han

considerado estos contactos como de falla conservando concordancia estructural (Urbani et al 1989; Ostos 1990:56)

#### *4.1.3.4- Edad.*

Dos hallazgos paleontológicos señalan una edad del Jurásico Tardío y Jurásico – Cretácico. Los Modelos de Evolución de la Cordillera de la Costa, arrojan una edad de Jurásico – Cretácico.

#### *4.1.3.5- Correlación*

La primera correlación de esta unidad fue establecida tentativamente por Aguerrevere & Zuloaga (op cit.) con la formación Río Negro, sin embargo la diferencia de edades invalida la correlación. Está correlacionada con la unidad feldespática del Grupo Juan Griego en la Isla de Margarita (Vignali1979).

#### *4.1.3.6.- Metamorfismo.*

La asociación Metasedimentaria Caracas comprende el Esquisto las Mercedes y el Esquisto Las Brisas. Poseen protolito conglomerático, wacas, pelita y pelita calcárea sometidas a una relación P/T Intermedia con metamorfismo de las Facies de los Esquistos Verdes Subfacie zona de la clorita +/- biotita en un ambiente continental pasivo.

#### *4.1.3.7- Estructuras.*

(2003) Describe pliegues de tipo apretado a isoclinal con fracturas en los ápices, debido al apretamiento de los mismos y por un segundo período de plegamiento. De igual modo hace referencia a otra serie de planos axiales, en relación angular con los planos axiales de los formados en los primeros antes descritos.

Las foliaciones descritas por Marismelia () engloban dos grupos: S1 estructuras planares desarrolladas de orientación variable y S2 estructuras planares incipientes, formados por F2. Además sugiere falla de corrimiento entre el contacto del esquistos de las Mercedes y Brisas.

Por último Marismelia menciona al menos tres sistemas diferentes, con ángulos de buzamiento y frecuencia de ocurrencia variable.

#### 4.2.- *Geología Estructural Regional.*

*Foliación:* Desde los primeros trabajos realizados en la cordillera de la Costa. Hasta los más recientes se han postulado criterios diferentes en cuanto a la relación que existe entre la foliación actual y la estratificación original.

Dengo(1951). Considera que la foliación de las rocas metamórficas en el área de Caracas; es paralela, o esencialmente paralela a los planos de estratificación original, tomando en consideración la disposición de las rocas conglomeráticas y cuarcíticas. Estudios posteriores, en otras zonas de la Cordillera de la Costa, Smith (1953), y Morgan (1969), comparten tal opinión.

Wehrman (1972), es el primero en indicar la oblicuidad entre la foliación y la estratificación original. Observa tales angularidades en afloramientos de los Esquistos Las Brisas; señala además, que el paralelismo se cumple donde hay litología competentes.

González de Juana (1980), indica que las rocas de la Península de Paria sufrieron un intenso plegamiento isoclinal, originando el desarrollo de la foliación paralela a los planos axiales de dichos pliegues e infieren lo mismo para la zona de Caracas.

*Fallas:* Con relación al fallamiento Dengo (1953), enumera tres tipos principales de fallas, que en orden de aparición cronológica son: fallas inversas con buzamiento hacia el sur, fallas con rumbo aproximado N 60 W y buzamiento en dirección SW y fallas con rumbo E-W.

Schubert (1984), propuso que las fallas de rumbo Este-Oeste son de movimiento dextral, basándose en el desarrollo de una cuenca Pull-Apart.

Ostos (1981), propone que el sistema de falla de dirección Este-Oeste sea considerado como la estructura primaria, y las de rumbo Noroeste- Suroeste con disposición en echelon, son secundarias.

Wehrman (1972), en la región de Guatire- Colonia Tovar menciona tres sistemas de fallas: fallas oblicuas con rumbo N 50-80 E, tanto de gravedad como corrimiento, siendo estas las más antiguas; fallas longitudinales de rumbo E-W, de gravedad y con movimiento posterior a lo largo del rumbo ( sistema de fallas del Ávila), y fallas transversales con rumbo aproximado N 60 W de rasgadura con movimientos verticales siendo estas las más jóvenes.

Fanti (1980), señala tres sistemas de fallas en el área de Caracas y sus alrededores, de las cuales una presenta rumbo E-W, otro es transversal con rumbo N-S y el último sistema es oblicuo, con rumbo E-W, siendo este el más antiguo.

*Pliegues:* En cuanto al plegamiento, Dengo (1951), señala que los pliegues mayores, al Sur de la Sierra de El Ávila, son estructuras simétricas amplias, cuyos ejes tiene una dirección general N 60-70 E. Estos son los anticlinales de Baruta y del Junquito, estando en medio de ellos el sinclinal de El cementerio. Considera a la Sierra de El Ávila, en conjunto, como un anticlinal modificado por el callamiento posterior, orientado N 75-89 W en su parte occidental.

Wehrman (1972), indica que la región está conformada por el anticlinorio de El Ávila, el cual se extiende con rumbo E-W a lo largo del macizo montañoso y los anticlinales de Baruta y del Junquito con rumbo N 70 E aproximadamente. Ambos presentan ejes afectados por una serie de fallas rasoaduras dextrales con rumbo N 60 W. En medio de los anticlinales se encuentra el sinclinal de El cementerio con características semejantes.

#### 4.3.- Geología Estructural Local.

En el área cubierta se han observado distintos tipos de estructuras: foliación, plegamiento, fallas y diaclasas.

#### 4.3.1.- Foliación:

La foliación representa la estructura planar más común en la zona de estudio, pero esta se encuentra muy deformada, debido a diversos eventos (esfuerzos) que ha sufrido el área de estudio.

En los esquistos, la foliación está definida por la orientación de los minerales micáceos y fibrosos, formando bandas lepidoblásticas y granoblásticas.

En general, la orientación de la foliación es variable, debido a fenómenos de plegamiento y fracturamiento, la dirección del rumbo varía N 40-80 E con buzamiento variable entre 20°-50° con predominio hacia el sur. (Ver figura 9).



**Fig.9:** Foliación en la unidad de Esquistos grafitosos ubicado en la estación N° 33

#### 4.3.2.- Fallas:

En la zona de estudio las fallas presentes primeramente, han sido interpretadas en base a fotografías aéreas y posteriormente en campo se encontraron evidencias de fallamientos en algunos taludes. Por ejemplo, prácticamente, en la parte central del área de estudio se ha interpretado una falla de corrimiento, limitando el Mármol de Antímano y el Esquisto de las Mercedes.

#### *4.3.3.- Plegamientos:*

En cuanto a este tipo de estructura se encuentran evidencias de por lo menos dos generaciones de pliegues p1 y p2, las cuales coinciden con lo descrito por CANTISANO (1988). La generación p1 está caracterizada por presentar pliegues isoclinales con planos axiales paralelos o casi paralelos a la foliación presente. Mientras que la generación p2 muestra la foliación regional plegada originando pliegues abiertos.

Los pliegues isoclinales (p1) se reconocen a escala mesoscópica en los tipos litológicos de los Esquistos las Brisas como se puede apreciar en la figura (X). Por otra parte, el segundo período (p2) se puede observar a escala mesoscópica y microscópica. (Ver figura 10).



*Fig. 10: Pliegue isoclinal*

Por otra parte; en base a las variaciones en los buzamientos de las foliaciones, se pudo interpretar un pliegue antiformal cuyo eje exhibe una orientación N(60-70)E que correspondería con el Anticlinal del Junquito, descrito por DENGO (1951).

A continuación en la figura 11 se puede apreciar un pliegue chevron con bandeamientos lepidoblásticos.



**Fig. 11:** *Pliegue Chevron ubicado en la unidad de Esquisto Cuarzo Moscovítico Calcítico Grafitoso.*

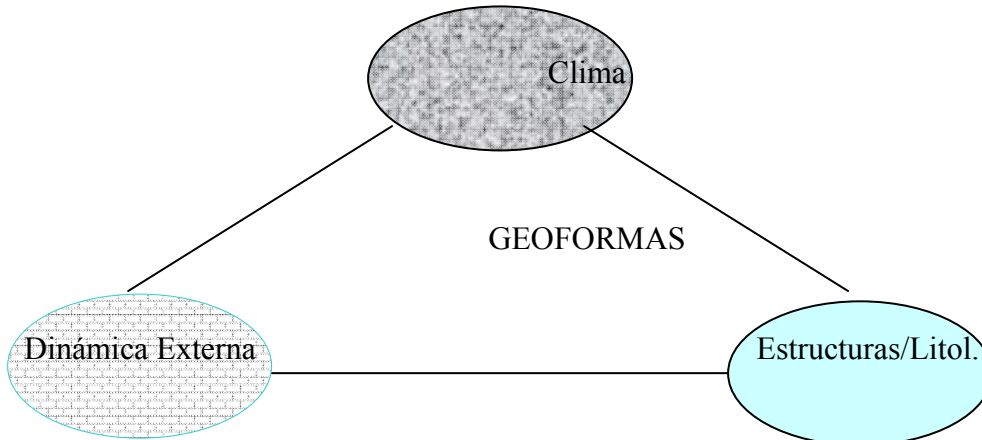


## CAPÍTULO V

### GEOMORFOLOGÍA

#### 5.1.- Generalidades

Las formas del paisaje existente en la zona son consecuencia directa de los procesos o variables endodinámicas y exodinámicas que resultan en un modelado superficial. Al efectuar el análisis geomorfológico se detecta el control de las formas sobre las variables que las originaron. Las variables que actúan en la conformación de las unidades se pueden esquematizar en el siguiente dibujo. (Ver figura 12).



**Fig 12:** Representación de las Variables morfogenéticas y las Geoformas

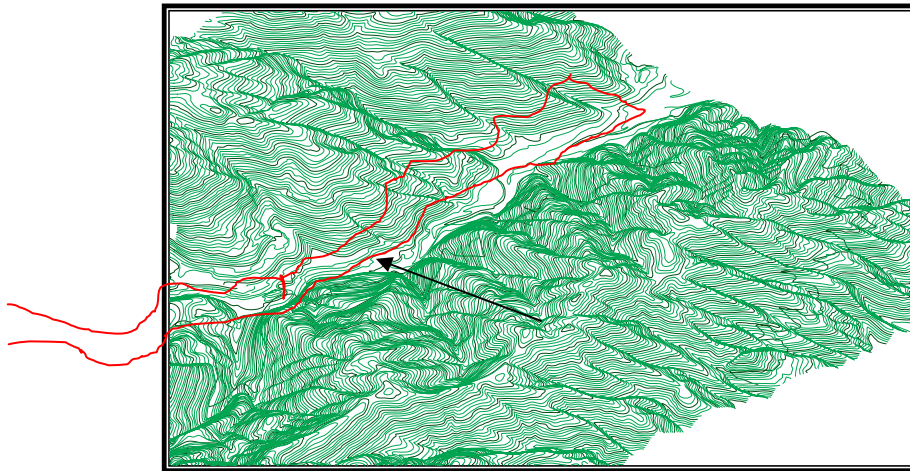
El análisis geomorfológico se realizó en su primera fase mediante la interpretación de la misión aérea 030198 escala 1:25000 y de los ortofotomapas 6847 III NO y 6747 II NE, y dio como resultado el establecimiento de 2 unidades geomorfológicas: Unidad de Valle Amplio y Unidad de Montañas con tope alineados.

#### 5.2.- Unidades geomorfológicas presentes

**5.2.1.- Unidad de Montañas Alargadas de Tope Acolinado.** Ésta unidad abarca el 80% de la zona y se ubica bordeando a la unidad de Valle Estrecho por el norte, oeste y sur. Presenta relieves montañosos moderados y abruptos con filas orientadas W-E con un declive ligero hacia

el este. Las estribaciones suelen estar orientadas N60E con respecto a la fila. Las variables morfogenéticas Clima y Litología, actúan entre sí creando modelados diferentes.

5.2.2.- *Unidad de Valle Amplio de fondo agudo.* Ocupa el 20% de la zona, se desarrolla a lo largo del cauce de la quebrada Mamera. El fondo tiene pendiente suave, y su declive es en sentido este, las laderas son irregulares con pendiente moderada a abrupta y son asimétricas. Véase fig(13)



*Fig. 13: Vista en perspectiva de las 2 unidades (en rojo la unidad de valle estrecho, la flecha apunta la dirección del norte)*

5.3.- *Control Morfo Litológico climático:* La diferencia de los modelados generados es respuesta directa de la litología pues para cada tipo de roca existe un modelado dentro de un mismo clima. En el caso de la zona de estudio se observó la influencia del clima en 3 tipos de litologías diferentes. Unidad de Esquisto Cuarzo Moscovítico, Unidad de Esquisto Cuarzo Grafítico Moscovítico y Unidad de Mármol Calcítico.

5.3.1.- *Unidad de Esquisto Calcítico Cuarzo Muscovítico Grafítico:* presenta el desarrollo de un perfil de meteorización bajo (<10m) en el que la laterita impermeable facilita los procesos de escorrentía difusa con gran facilidad de arrastre. Presenta Abundante Vegetación.

5.3.2.- *Unidad de Esquisto Cuarzo Muscovítico:* Muestra un modelado que presenta un gran desarrollo en los perfiles de meteorización, debido a que el saprofito limoso-arenoso favorece la acción geoquímica combinada con la infiltración y abundante vegetación. Esto

responde a por que en algunos casos el tipo de vegetación predominante (Boscoso lluvioso) se encuentra muchos metros por debajo de su piso natural. También explica el hecho que a pesar de presentarse fuertes lluvias, muchos cauces naturales se encuentran intermitentes. La expresión de la geoforma es un modelado compacto de colinas policonvexas. Véase fig (14).



*Fig.14: Evidencia del control morfolitológico-climático, modelado cóncavo policonvexo tupido, con abundante vegetación, típico de la unidad de Esquisto cuarzo muscovítico en clima húmedo*

5.3.- *Unidad de Mármol:* Con sus tipo litológicos tiene un alto poder morfogenético debido a la dureza y la resistencia que presentan sus minerales. Por ello se pueden encontrar fuertes pendientes de 40° o más. Sin embargo, la infiltración que debilita las superficies de contacto entre los bloques del macizo, puede favorecer proceso de erosión mecánica como caídas y flujos en taludes de corte. Véase fig (15)



*Fig 15: Caída de rocas en Unidad de Mármol*

5.4.- Dinámica externa

Cuando existen condiciones de inestabilidad de las rocas o suelos con respecto a la geodinámica externa, se desarrollan procesos que tratan de equilibrar el terreno los cuales se presentan como movimientos de masa. Estos se presentan como movimientos de masa. González de Vallejo (2002) menciona que estos movimientos son controlados por factores que de un modo u otro ocasionan un comportamiento del material. Los factores son clasificados en dos grandes grupos, los factores condicionantes y los factores detonantes.

Los factores condicionantes dependen de las propiedades intrínsecas, de la forma y textura del terreno, mientras que los factores desencadenantes son aquellos que causan la inestabilidad de los terrenos. Estos factores se muestran en el cuadro 17.

<p><b>FACTORES QUE CONTROLAN LOS MOVIMIENTOS DE LAS LADERAS</b></p>	<p><b>FACTORES CONDICIONANTES</b></p>	Relieve: Pendiente, Geometría
		Litología : Composición, Textura
		Estructura Geológica
		Propiedades Geomecánicas de los Materiales
		Deforestación
		Meteorización
	<p><b>FACTORES DETONANTES</b></p>	Precipitación y aporte del agua
		Cambio en las condiciones hidrológicas
		Aplicación de cargas estáticas o dinámicas
		Cambios morfológicos y de geometría en las laderas
		Erosión o socavación del pie
		Acción climática

*Cuadro 17: Factores que controlan los movimientos de las laderas*

González de Vallejo (2002) menciona que los taludes pueden ser desestabilizados por la existencia de fallas , por la altura del nivel freático, distribución de agua, disminución de la resistencia al corte en el plano de rotura, altura del talud, ángulo del talud, dirección y buzamiento de las discontinuidades, presencia de sobrecargas y la presencia de estructuras de retención de bloques caídos.

La clasificación de los movimientos de masa debe estar dentro de los siguientes parámetros:

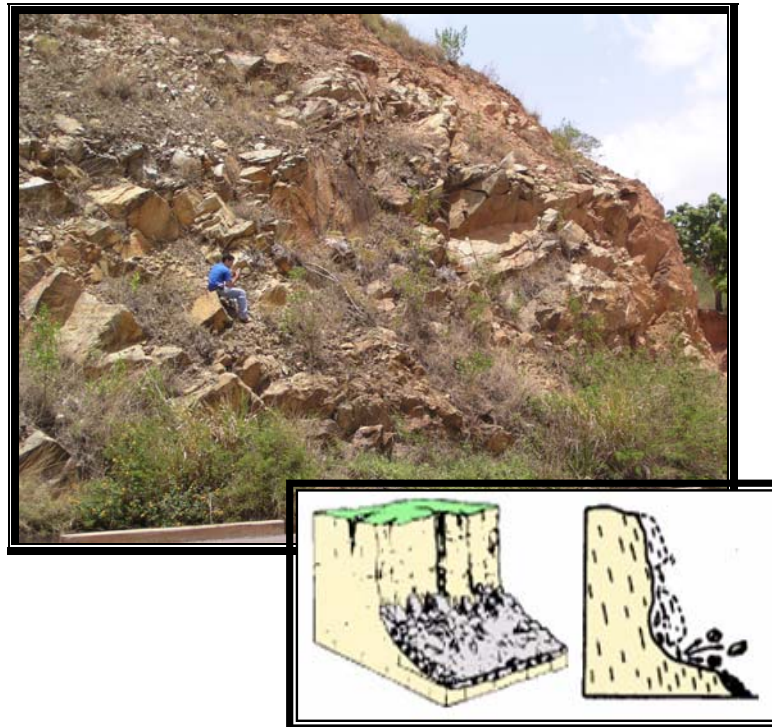
- Conformación de los materiales.
- Geometría del deslizamiento.
- Zonas de origen y de ruptura.
- Velocidad y magnitud del movimiento.

El cuadro 18, resume los tipos de deslizamientos de acuerdo a los parámetros mencionados.

Tipo de Movimiento		Tipo de Material		
		Roca	Suelo	
			De Grano fino	De grano grueso
<b>Caídas</b>		Caída de Roca	Caída de Detritos	Caída de Suelos
<b>Basculamiento</b>		Basculamiento de Rocas	Basculamiento de Detritos	Basculamiento de Suelos
<b>Deslizamiento</b>	<b>Rotacionales</b>	Deslizamiento Rotacional de Roca	Deslizamiento Rotacional de Detritos	Deslizamiento Rotacional de Suelos
	<b>Transnacionales</b>	Deslizamiento Translacional de Roca	Deslizamiento Translacional de Detritos	Deslizamiento Translacional de Suelos
<b>Separación Lateral</b>		Separación Lateral de Rocas	Separación Lateral de Detritos	Separación Lateral de Suelos
<b>Flujos</b>		Flujo de Roca	Flujo de Detritos	Flujo de Suelos
<b>Complejos</b>		Combinación de 2 o más tipos de movimientos		

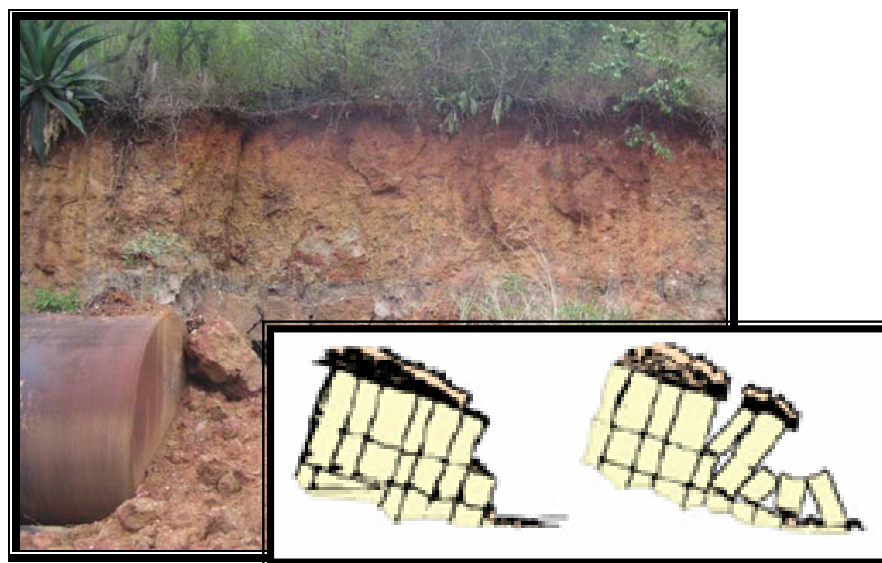
*Cuadro 18: Clasificación de los deslizamientos, Tomado de Varnes y Cruden 1996*

5.4.1.- *Caídas*: Resultado del desprendimiento de una porción de roca o de suelo sin desplazamiento. Ocurre en superficies empinadas y su trayectoria mayormente es aérea. El material se desprende y viaja en caída libre, alcanzando velocidades muy rápidas hasta golpear nuevamente la superficie del terreno. (Ver figura 16).



*Fig. 16: Caída en rocas.*

5.4.2.- *Basculamiento*: Es la rotación que se genera en las rocas o suelos hacia delante (afuera) por encima del centro de gravedad, por lo general, cada punto de la porción desprendida presenta una trayectoria circular en su eje de rotación similar para cualquiera de los puntos. (Ver figura 17).

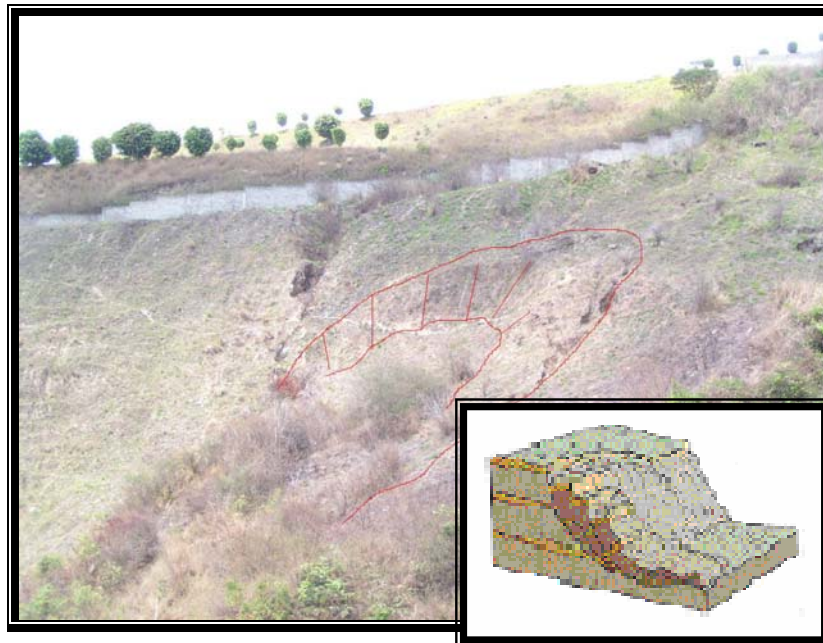


*Fig. 17: Basculamiento.*

*5.4.3.-Deslizamientos:* Son desplazamientos descendentes, con una componente horizontal apreciable, a lo largo de una o varias superficies de falla o zonas de corte relativamente delgadas, que pueden coincidir con superficies preexistentes (planos estructurales o superficies antiguas de falla), o generarse durante el movimiento. Para Ferrer en González de Vallejo (2002), los deslizamientos corresponden a ‘remociones en las que las masas de rocas o suelos se deslizan de acuerdo a superficies de rotura más o menos netas, al superarse la resistencia al corte, generando el movimiento del material en conjunto’. Los deslizamientos se dividen en:

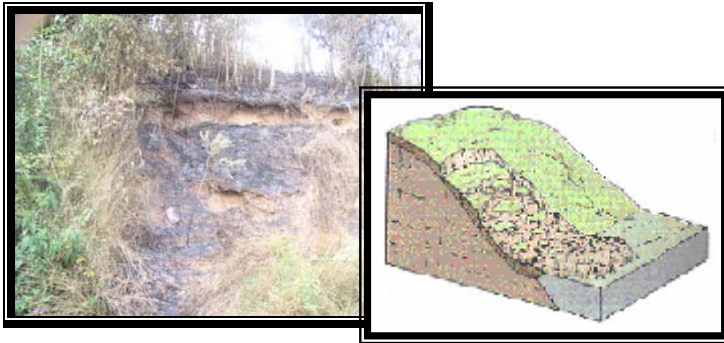
*5.4.3.1.- Deslizamientos Rotacionales:* Son deslizamientos descendentes en donde la superficie de ruptura es efectiva por planos cóncavos o curvas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe, (Cruden & Varnes, 1996).

El escarpe principal suele ser vertical y desprovisto de soporte, se puede hacer antesala de movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona, (Cruden & Varnes, 1996). Un ejemplo de esto se puede ver en la figura 18.



*Fig.18: Deslizamiento rotacional.*

5.4.3.2.- *Deslizamientos Translacionales*: Son deslizamientos que se dan en superficies de ruptura suavemente onduladas o planas, a lo largo de planos de discontinuidades, ya sean fallas, diaclasas, foliación, planos de estratificación, contacto entre horizontes del suelo y el contacto entre suelo y rocas. Estos deslizamientos pueden fluir a lo largo del plano convirtiéndose en un flujo de detritos, (Cruden & Varnes, 1996). En la figura 19 se muestra un ejemplo de deslizamiento translacional.



*Fig.19: Deslizamiento translacional.*

5.4.4.- *Separaciones Laterales*: Se define como una expansión o desplazamiento lateral de un suelo cohesivo o una masa rocosa fracturada, acompañada del hundimiento de los fragmentos de roca o del suelo firme algo disgregado, en material infrayacente más blando, sin que se llegue a formar una superficie de rotura con intenso desplazamiento de corte, (Cruden & Varnes, 1996). Se pueden presentar dos casos generales:

5.4.4.1.- *Propagación Lateral en Rocas*: Cuando una masa rocosa sub.-horizontal que cubre material más blando, se fragmenta en bloques grandes, provocando la extrusión del material blando por entre las fracturas, las cuales pueden rellenarse a presión por el material disgregado. El movimiento en este caso es muy lento.

5.4.4.2.- *Propagación Lateral en Detritos y Suelos*: Es un tipo de movimiento que se activa cuando un suelo blando, húmedo y sensitivo, cubierto por suelo firme, experimenta licuación o fluye plásticamente, debido a pérdida de resistencia a causa de alguna perturbación que destruye su estructura. Este movimiento es más rápido que el anterior. Esto se ejemplifica en la figura 20.





**Fig. 20:** Propagación lateral, tomado de Varnes & Cruden (1996).

5.4.5.- *Flujos*. Son movimientos espacialmente continuos, en la que las superficies de corte son de corta duración. La distribución de las velocidades se compara con la de un fluido viscoso, (Cruden & Varnes, 1996).

Se pueden encontrar tres tipos:

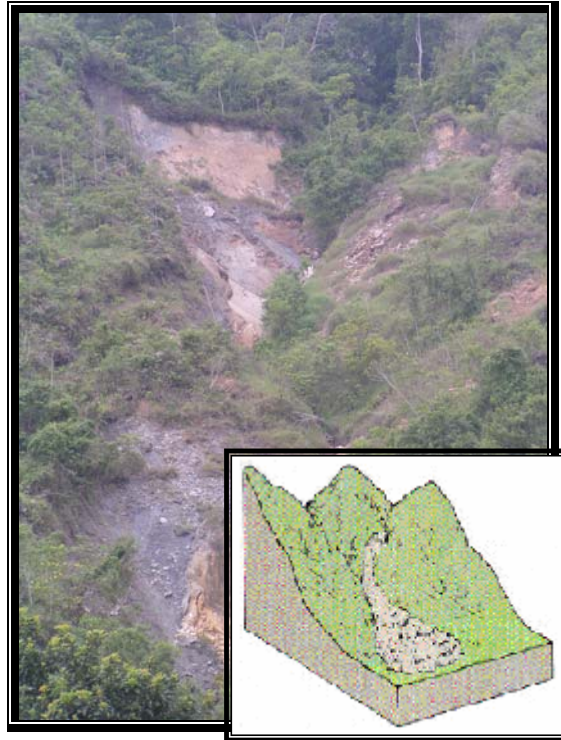
5.4.5.1.- *Flujo de Rocas*: Es un movimiento rápido de materiales gruesos, como bloques de roca, detritos y arenas, que además puede contener cantidades de suelos limos y arcillas, con aire atrapado y agua. Ejemplo en la figura 21.



**Fig. 21:** Flujo de rocas.

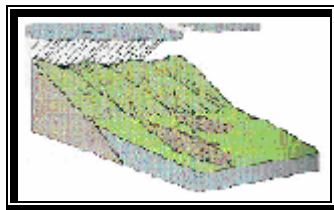
5.4.5.2.- *Flujo de Detritos*: Son movimientos de elevada velocidad o lentos cuando son muy viscosos, dependiendo de la pendiente a desplazarse, y es el producto de las fracciones

de rocas descompuestas que pierda estabilidad estructural por el agua. Presenta un aspecto físico alargado y lobulado en su extremo inferior, como se observa en la figura 22.



*Fig.22: Flujo de detritos.*

5.4.5.3.- *Flujo de Suelos*: Es producto de la inconsistencia de detritos por la acción del agua, permitiendo un flujo con maleabilidad blanda y fluida. Alcanza grandes velocidades y su duración y acción depende de la duración de las precipitaciones. Esto se puede visualizar en la figura 23.



*Fig.23: Flujo de suelo.*

5.4.6.- *Movimientos Complejos*: Es el término utilizado cuando es posible apreciar la combinación de dos o más tipos de movimientos o desplazamientos anteriormente descritos. En

la zona de estudio los más comunes eran la caída de rocas, flujos, deslizamientos rotacionales y translacionales.

5.4.7.- *Repteo*: Para Terzaghi (Terzaghi, 1950), este término es aplicable a movimientos de materiales imperceptibles. Para (Cruden & Varnes, 1996), se define como movimientos continuos a una rata de movilización inferior a un pie por década. Es posible distinguir dos tipos:

5.4.7.1.- *Reptación Estacional*: Es un movimiento que se hace efectivo por las condiciones de humedad, temperatura o por periodos de congelamiento y descongelamiento. Los materiales en movimientos son una capa delgada que abarca grandes extensiones y lateralmente presenta una transición muy gradual a terreno estable.

5.4.7.2.- *Reptación Continua*: Son desplazamientos no interrumpidos a lo largo del tiempo, no poseen superficies de fallas totalmente definidas, la masa se separa de la estacionaria a lo largo de una zona desgarrada por cortante y puede convertirse en un desplazamiento lento.

#### 5.5.- *Erosión Hídrica*:

Se define como la rápida remoción de partículas de material por medio de escorrentías, aguas superficiales, precipitaciones, agua subterráneas, entre otras. Se define conjuntamente con los tipos de deslizamientos o movimientos de masa establecidos por Cruden & Varnes en 1996. Básicamente, la forma de la erosión está relacionada a:

- Propiedades físicas y químicas del suelo, especialmente la textura.
- Profundidad y el tipo de material subyacente.
- Pendiente de Terreno.
- Clima.

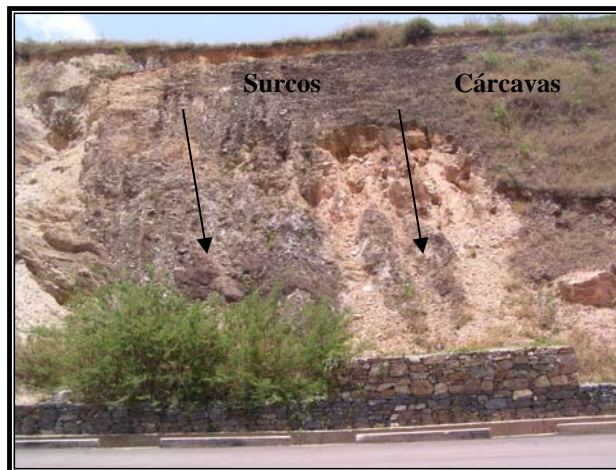
La presencia de erosión implica un desequilibrio en la naturaleza: algo ha sido alterado o se ha creado que causa el desequilibrio que permite la erosión del suelo. Debido a que condicionan y forman parte de las formas del relieve, por esto se describen:

5.5.1.- *Erosión por lluvias*: Es la erosión directa por efecto de la lluvia, esta se divide en tres:

5.5.1.1.- *Erosión por Escurrimiento Difuso o Erosión Laminar*: Se desarrolla en áreas de poca pendiente y condiciones de bajo y difuso escurrimiento de microcanales de 3 cm. de profundidad, producto del salpique, constituyendo los procesos principales de este tipo de erosión, la cual con el tiempo, resulta en la remoción de una capa bastante uniforme de suelo. Se observan en las fotografías y en campo por un cambio en la coloración del suelo, debido a la remoción del horizonte más superficial.

5.5.1.2.- *Erosión en Surcos*: Es causada por cursos intermitentes de agua, mostrándose mediante numerosos canales pequeños entre los 20-30 cm. de profundidad de orientación paralela.

5.5.1.3.- *Erosión en Cárcavas*: Proceso causado por el escurrimiento concentrado, pero intermitente del agua removiendo materiales hasta profundidades considerables, sus formas se modifican al igual que sus longitudes y tamaños. Ésta forma de erosión es intensa y severa ya que las zanjas que se pueden ocasionar son casi imposibles de reparar. Ver Fig 24.



**Fig. 24:** Erosión por lluvias.

5.5.2.- *Erosión por Cauces o Erosión Lateral*: Es remoción de perfil lateral de una roca producto de la acción de las corrientes de un río al entrar en contacto con ella, en especial en épocas en que los caudales se amplían lateralmente.

### *5.6.- La pendiente y su relación con la escorrentía*

Cualquier perfil de desarrollo normal está en equilibrio con la pendiente y la escorrentía, tal como ha existido en el pasado. Sobre esta base se puede asumir que un perfil relativamente profundo podría desarrollarse sobre una pendiente relativamente empinada, si la escorrentía es mínima por la presencia de una cubierta forestal. Sin embargo, estos materiales de suelo tal vez no sean resistentes a la erosión cuando la cubierta forestal sea removida y por lo tanto se esperaría un aumento en la escorrentía causando la erosión.

Por cuanto todas las formas de la tierra tienen pendientes características y un desarrollo característico del perfil, se podría esperar que unas zonas sean más susceptibles a la erosión que otras. Por esta razón algunas formas son susceptibles a la erosión mientras que otras son levemente o incluso altamente modificadas por la exposición del suelo a través de prácticas de cultivo.

## CAPÍTULO VI

### GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

#### *6.1.- Aspectos Generales:*

El estudio geológico-geotécnico de la zona permitió caracterizar la zona en unidades litológicas informales, las cuales se les asignaron nombres que reflejaban primeramente las características texturales y mineralógicas de las mismas. Las unidades han sido ordenadas para su descripción en forma cronológica desde la más joven hasta la más antigua.

El estudio geotécnico muestra las condiciones mecánicas del material. Además funciona como guía referencial para los profesionales de la planificación urbana debido a que la zonificación indica los sectores más favorables para un desarrollo urbanístico o para cualquier obra de interés ingenieril y las características que favorecen la estabilidad. Por otro lado, las características de los materiales de los taludes y laderas generan parámetros que pudieran ser utilizados para un estudio de estabilidad.

La distribución de las unidades informales en la zona se observan en el mapa de unidades litológico – estructural.

#### *6.2.- Depósitos Cuaternarios:*

##### *6.2.1.- Depósitos Aluviales Recientes (UQal):*

*6.2.1.1.- Descripción Litológica:* Corresponde a sedimentos granulares transportados y depositados a lo largo del cauce y la planicie de inundación de la quebrada Mamera hacia las partes bajas. La estructura es masiva gradada. Hacia los bordes del cauce disminuye la proporción de los clastos. El color de la matriz limosa es gris oscuro mientras que los cantos son de colores variables blancos, grises, pardos. La composición es variable: hay cantos calcáreos y fragmentos de rocas esquistosas. Las formas y los espesores varían como respuesta a la morfología, la dinámica fluvial y al grado de transporte. (Ver figura 25).



*Fig. 25: Contacto entre la Unidad de Aluviones (UQal) y la unidad de Esquisto Calcítico Muscovítico Cuarzo Grafitoso (UECMQG). Estación T-87*

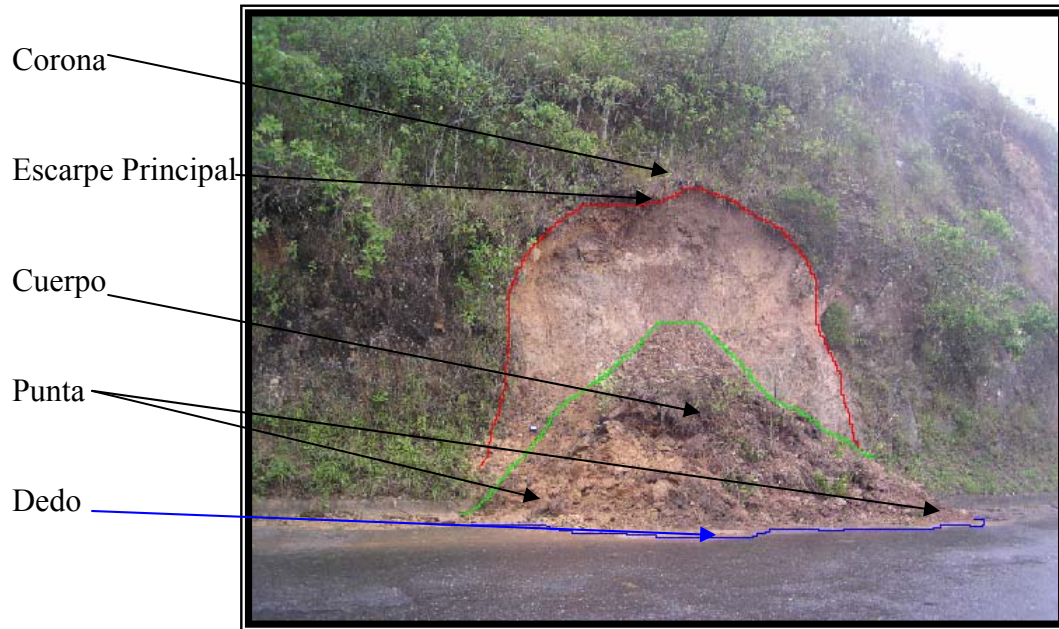
6.2.1.2.- *Características Geotécnicas:* Es un material granular con proporción variable entre gravas (15-30%) arenas (50-60%) y finos (9-25%), tiene un peso específico de 2.7 y una densidad de 2,2 cohesión nula y  $\Phi=25^\circ$ .

6.2.1.3.- *Características Hidrogeológicas:* Es un material poroso y permeable.

6.2.1.4.- *Condiciones de Estabilidad:* Son materiales sometidos, en los bordes, a continua erosión hídrica con frecuentes caídas de bloques y lavado de finos por escurrimiento concentrado y socavación basal, esta lavado ocasiona subsidencia.

6.3.- *Depósitos Coluviales (UQcol):*

6.3.1.- *Descripción Litológica:* Son depósitos al pie del talud de colores variados, rojizos, pardos, cremas, grises con granulometría extensa de todos los tamaños, desde arena hasta bloques que median desde 2mm a 50cm. Con contenido de agua variable, no consolidados con partículas subangulosas y angulosas en matriz fina. (Ver figura 26).



*Fig .26: UQcol en la que se observan las partes de un coluvio. Estación T-05*

Normalmente los coluvios presentan una forma simple como la observada anteriormente: Una corona sin deslizarse en la que el material se encuentra en estado metaestable, un escarpe principal húmedo, liso y usualmente desprovisto de vegetación. El cuerpo del coluvio concentra el material suelto, muy aireado, húmedo y la vegetación no existente, o si está presente se encuentra con el tallo curvado, deformado o fracturado. (Ver figura 27).



*Fig .27: UQcol, (UEQM) estación T-07*



En la fig 28 se observa que el cuerpo principal está disgregado. Nótese el efecto del movimiento en la vegetación hacia el lado izquierdo de la fotografía.



*Fig. 28: UQcol. Estación T-89*

En la fig. 29, se observa el mal escogimiento de los granos, la disposición desordenada de la fábrica y la forma angulosa de los clastos.

Tanto la identificación de la morfología, como la vegetación, el contenido de humedad en el material y el análisis de la fábrica, son instrumentos sólidos para el reconocimiento de la unidad de coluvios en campo.

Estos depósitos se encuentran principalmente en la Unidad de Esquistos Cuarzo Muscovítico (UEQM) al Norte de la zona de estudio.

*6.3.2.- Características Geotécnicas:* Materiales de granulometría variable pudiendo ser finos, arenosos o gruesos. Normalmente tienen matriz fina, sueltos, muy permeables, con densidad baja y baja capacidad de carga, deformables con cualquier carga ligera que se les coloque encima.

6.3.3.- *Características Hidrogeológicas:* Son materiales permeables y muy húmedos

6.3.4.- *Condiciones de Estabilidad:* son materiales originados por deslizamientos como flujos y caídas, debido a la alteración de las condiciones de los macizos. Por lo tanto son muy inestables.

6.4.- Unidad de Esquisto Cuarzo – Moscovítico (UEQM).

6.4.1.- *Descripción Litológica:* Está representado casi en su totalidad por esquistos de color meteorizado rojizo y pardos o marrón claro, color fresco grises y blanco con buen desarrollo de la foliación, vetas y lentes de cuarzo, de tamaño mediano a grande (cm) frecuentemente en lentes de 5 a 50 cm paralelos a la foliación, muy angulosos a subangulosos, es se encuentra en la parte norte de la zona de estudio representando un 35% de la misma.



*Fig . 29: UEQM. Estación T-21 Cementerio el Junquito.*

6.4.2.- *Características Geotécnicas:* Los esquistos cuarzosos suelen ser más resistentes en los procesos de remoción en masa, debido al contenido de cuarzos, además de ser más

competentes y con mayor capacidad de carga; sin embargo su susceptibilidad aumenta cuando es saprolito. (Ver figura 30).



**Fig. 30:** UEQM con un mayor contenido cuarzoso y menor contenido de agua. Roca Tipo III según Deere & Patton y Media según Bienawski Con  $\Phi=25-35^\circ$



**Fig. 31:** UEQM al tener menor contenido en cuarzo y mayor % de humedad, el macizo exhibe un perfil en el que desarrolla un horizonte IV (bajo la línea roja) según Deere & Patton. Roca Mala según RMR Bieniawski (1987).

Estación T.18

En general la foliación es rugosa, las diaclasas no se encuentran tan separadas (0.2 – 0.6)m con abertura de 0.1m a 1mm ligeramente rugosa y con bordes moderadamente meteorizados con las puntas descolorida y relleno blando en su mayoría. Es una roca de clase III a IV, es decir, roca media a mala de ángulo de fricción de 15° a 35° y una resistencia de 200-1000 k/cm<sup>2</sup>.

6.4.3.- *Condiciones de Estabilidad:* Predominio de esquistos de nivel III en el perfil de meteorización, siendo este una roca medianamente meteorizada. Lo cual genera flujo de detritos y levemente flujo de rocas en algunos sectores. Según el sistema de clasificación de Romana, son una roca Mala Inestable a Normal Parcialmente Estable.

6.4.4.- *Características Hidrogeológicas:* Material permeable

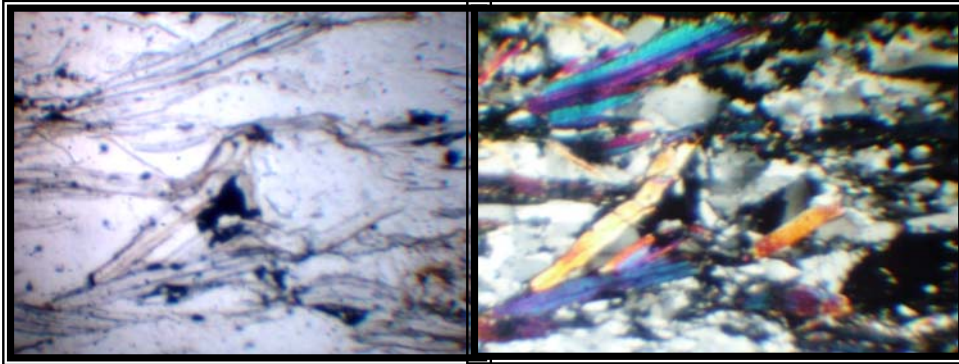
6.4.5.- *Análisis petrográfico:* Se tomaron 4 muestras de roca para análisis petrográfico que fueron: MR-02, MR-07, MR-08, MR-09. En muestra de mano se observan de color pardo claro a gris, mayormente foliada, brillo grasoso y fábrica heterogénea, en algunos casos está teñida de óxido. (Ver figura 32).



**Fig. 32:** UEQM, MR-02 muestra de color gris oscuro, masiva y de mineralogía no apreciable, heterogénea

Al microscopio se observan granos finos (0.06mm y 0.4mm), la mica presenta una textura lepidoblástica en varias direcciones, el cuarzo es policristalino, con extinción ondulatoria, al

menos en una sección existen porfidoblastos de granate. La mineralogía aproximada es: Cuarzo 70%, Muscovita 20% Grafito 3% y el restante 7% clorita, esfena, epidoto, hematita y granate.



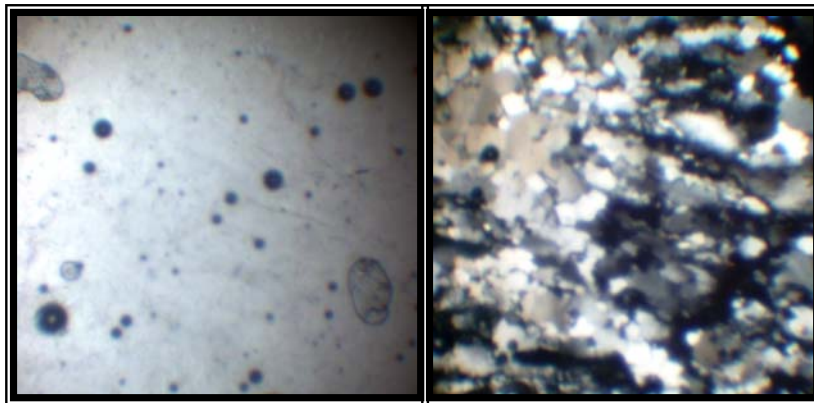
*Fig .33: UEQM , MR-02 se observa textura lepidoblástica vista en Nícoles paralelos y Nícoles cruzados. Ocular 10X Obj. 3.5*



*Fig. 34: UEQM. MR-09, los cristales rojos que se observan son granates.*



**Fig. 35:** UEQM. MR-08 Esquisto Cuarzo Micáceo (Cuarcita)



**Fig. 36:** UEQM. MR-08 Esquisto Cuarzo Micáceo (Cuarcita), se observa en Nícoles paralelos y en Nícoles cruzados al cuarzo policristalino. Ocular 10X. Obj. 3.5

#### 6.5.- Unidad de Esquisto Calcítico – Muscovítico – Cuarzo Grafitoso (UECMQ).

6.5.1.- *Descripción Litológica:* Esquistos de color fresco gris y meteorizan a pardo con tonalidades blancas y negras, debido a la presencia de pequeñas vetas de calcita y grafito, de granos medios a gruesos. Presentan foliaciones bien desarrolladas y diaclasas. (Ver figura 37).



*Fig. 37: UECMQ, Se observa su típico color meteorizado crema, gris claro. La foliación es bien desarrollada.*

*Estación T.68*

*6.5.2.- Características Geotécnicas:* Esquistos resistentes, en su mayoría con media calidad geotécnica. Las rocas de esta unidad presentan un grado de meteorización moderado, con escasos espesores de suelos residuales. Los taludes con esta litología se presentan con dos sistemas de discontinuidades, con superficies rugosas, aberturas de 1mm aproximadamente, rellenos blandos y bordes de ligeramente meteorizados a meteorizados. Los valores máximos a la resistencia de la compresión simple varían de  $R_3 = 25$  a  $50$  MPa a  $R_5 = 100$  a  $250$  MPa. El ángulo de fricción está entre  $25^\circ$  a  $35^\circ$ . (Ver figura 38).



**Fig.38:** UECQM, se observa uno de los dos sistemas de diaclasas que desarrolla la unidad. Estación T-90

6.5.3.- *Características Hidrogeológicas:* Permeabilidad por fracturas alta en el nivel III ( Roca medianamente meteorizada) y baja en los niveles IV y V en el perfil de meteorización.

6.5.4.- *Condiciones de Estabilidad:* En su mayoría es una roca normal parcialmente estable según el Sistema Romana.

6.5.5.- *Análisis petrográfico:* Las muestras de mano son moderadamente meteorizadas, de color gris claro a pardos claros, con fábrica heterogénea, de estructura foliada y algo grafitosa. (Ver figura 39 y 40).



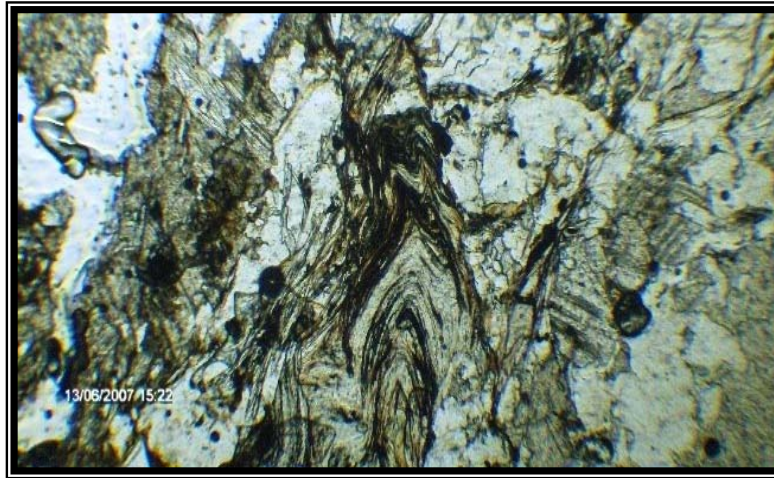


**Fig. 39:** UECQM. MR-18. a pesar de observarse un color gris oscuro, el contenido de grafito solo es 3%

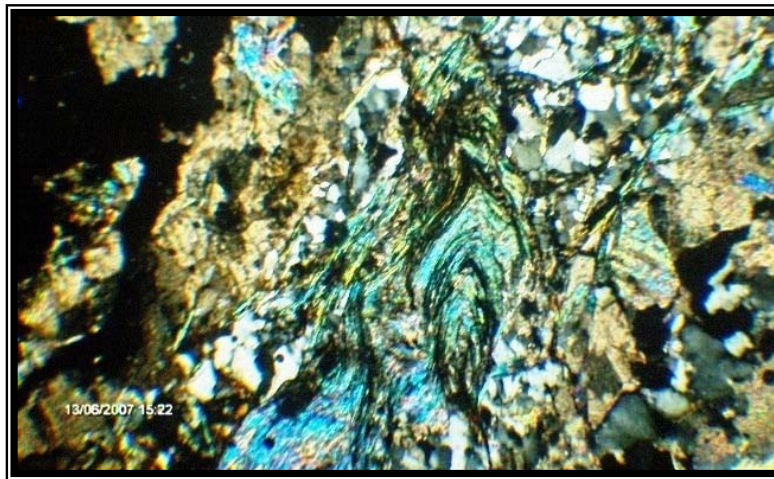


**Fig. 40:** UECQM MR-17 se observa muy pòbremente el desarrollo de la foliación.

Al microscopio se observan cuarzos policristalinos con extinción ondulatoria, la calcita maclada, las micas son pobremente desarrolladas y fracturadas, el grafito se encuentra diseminado formando manchas. La mineralogía aproximada es: Calcita 68% Cuarzo 18% Muscovita 8% Grafito 3% y el restante 3% biotita, magnetita, clorita, plagioclasas y feldespato. (Ver figuras 41 y 42).



**Fig. 41:** Vista de la Muestra MR-17 en Nícoles Paralelos, al centro moscovita plegada debido a los esfuerzos compresivos. bordeándola el grafito. Lo claro a la izquierda es vacío. Ocular 10X. obj 5.6



**Fig. 42:** Vista de la muestra MR-17 en Nícoles cruzados, se observa la calcita con sus típicos colores pasteles, el cuarzo policristalino y la mica deformada. Ocular 10X. obj 5.6

#### 6.6.- Unidad de Anfibolita (UA).

6.6.1.- *Descripción Litológica:* Anfibolita de color fresco verdoso y meteoriza a pardo naranja, la expresión morfológica son fragmentos muy angulosos. Mineralógicamente está conformada por actinolita, clorita y serpentina e incluso crisotilo, homogénea muy compacta y masiva con esquistosidad ausente.



**Fig.43:** UA, se perciben los tres sistemas de diaclasa, su color meteorizado crema verdoso. Estación T-57

6.6.2.-*Características Geotécnicas:* Es una unidad muy resistente con  $R5 = 100$  a 250 MPa, los tamaños van de pocos centímetros a bloques de 2m. Presentan un ligero grado de meteorización. Está representada por tres sistemas de diaclasas muy separadas, persistencia entre 1 a 3m, muy abiertas, rugosidad lisa, con relleno blando y bordes ligeramente meteorizados.

La roca es clase II (Bieniawski 1987) de buena calidad con un ángulo de fricción de  $35^\circ$  a  $45^\circ$ .

6.6.3.- *Características Hidrogeológicas:* Muy permeable por fracturas.

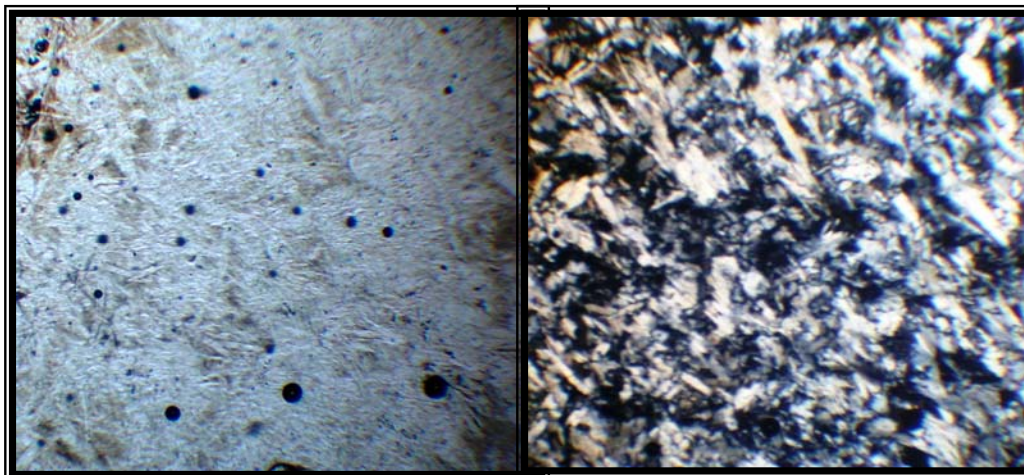
6.6.4.- *Condiciones de Estabilidad:* Según el sistema de clasificación de Romana la Unidad es Buena-Estable

6.6.5.- *Análisis Petrográfico:* Se tomaron 2 muestras de roca para el análisis de la unidad: MR-12 y MR-13. (Ver figura 44). Ambas se muestran verdes, no foliadas, con minerales no apreciables, brillo un poco grasoso y macizas. Al microscopio se observa una diferencia notable:

MR-12 en Nícoles paralelos tiene un mineral incoloro a crema claro, hipidiomorfo, plumoso, hojoso y distribuido de forma granular. En nícoles paralelos la birrefringencia es baja con color de interferencia gris de 1er orden, extinción paralela con inclusiones de epidoto. La mineralogía es: Antigorita: 90% Crisotilo:10% y epidoto<1%. (Ver figura 45).

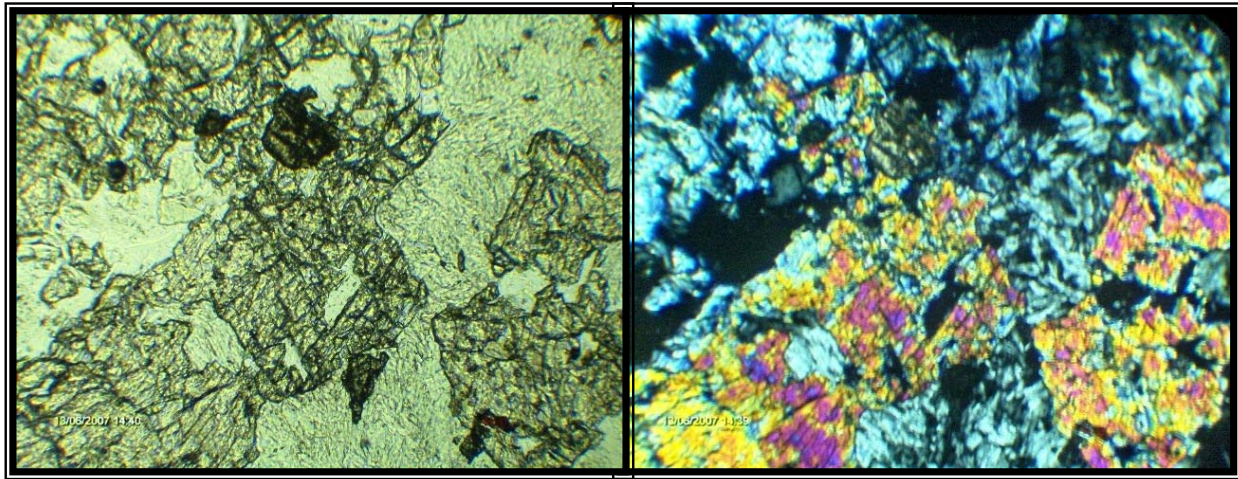


*Fig. 44: MR-12 UA*

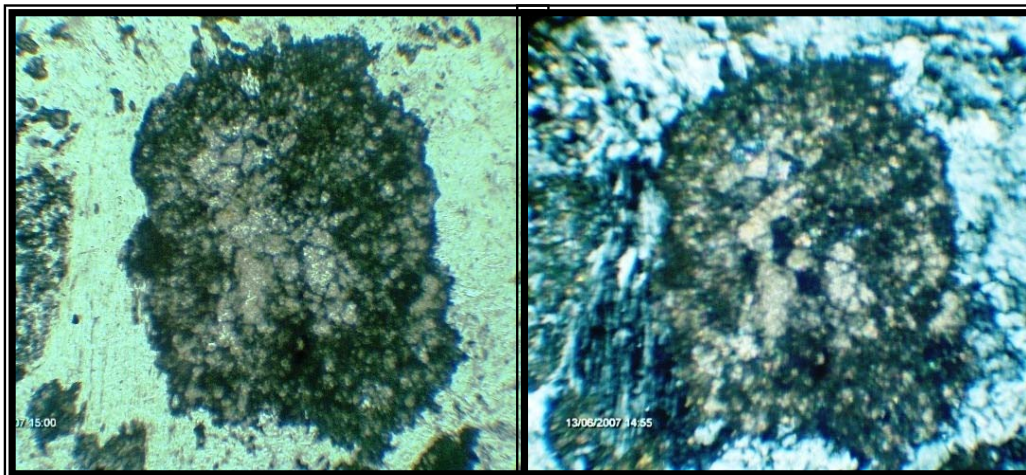


*Fig . 45: UA MR-12 en Nícoles paralelos y en Nícoles cruzados*

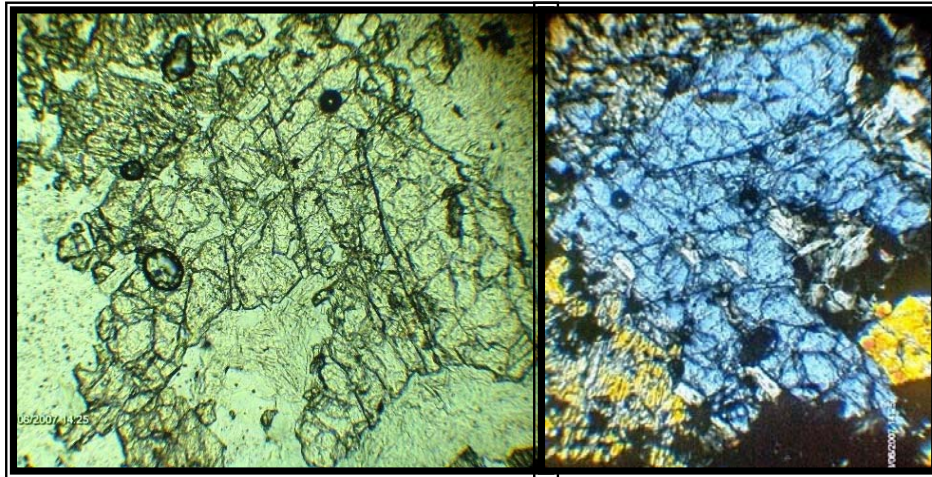
MR-13: al microscopio se observan piroxenos con hábito prismático, incoloros a neutro. En nícoles paralelos tienen color de interferencia bajo de pimer orden, posiblemente es enstatita y el clinoanfíbol tiene un color verde muy claro con pleocroismo débil. Tiene 2 colores de interferencia fucsia dorado y amarillo brillante. (Ver figuras 46, 47 y 48).



**Fig. 46:** UA MR-13. Tremolita Actinolita en Nícoles paralelos y en Nícoles cruzados. Ocular 10X. obj 5.6



**Fig.47:** UA MR-13. Esfena en Nícoles paralelos y en Nícoles Cruzados. Ocular 10X. obj 5.6



**Fig.48:** UA. MR-13 Orto piroxeno Enstatita en Nicoles Paralelos y en Nicoles cruzados. Ocular 10X. obj 5.6

#### 6.7.- Unidad de Anfibolita Granatífera (UAG).

6.7.1.- *Descripción Litológica:* Aflora hacia el extremo noreste de la zona. La roca fresca es de color pardo y meteoriza a negro rojizo. La expresión morfológica es abrupta. Es una roca no foliada, de aspecto masivo. (Ver figura 49).



**Fig.49:** UAG, estación T-51, obsérvese el aspecto masivo de la roca

6.7.2.- *Características Geotécnicas*: Es una roca no foliada muy resistente a la compresión (R5 ISRM78), presenta dos sistemas de diaclasas d1=N10W82N y N75E70S, la persistencia es alta de 3 a 10m, las diaclasas están abiertas, rellenas y lisas. (Ver figura 50).



**Fig. 50:** UAG, estación T-51 observese los dos sistemas de diaclasas.

6.7.3.- *Características Hidrogeológicas*: Genera un perfil de meteorización pobre, el cual es poroso y permeable. La roca es permeable por las fracturas.

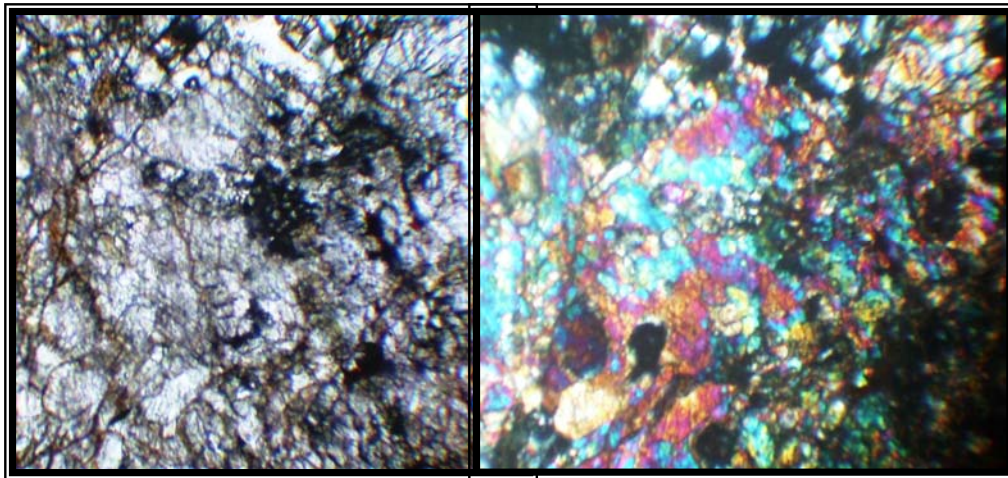
6.7.4.- *Condiciones de Estabilidad*: La unidad es clasificada dentro del sistema de Romana como Normal y parcialmente estable. Es común algunas roturas principalmente por cuñas.

6.7.5.- *Análisis Petrográfico*: La muestra de mano es de color meteorizada verde grisácea, heterogénea, no foliada, los minerales no son apreciables a simple vista y está moderadamente meteorizada. (Ver figura 51).



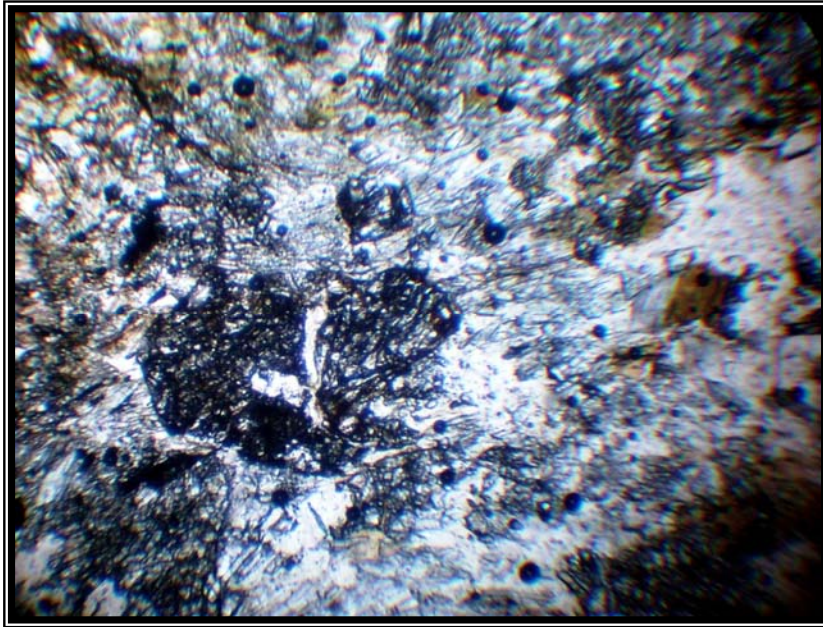
*Fig.51: UAG MR-11 Arriba muestra de mano masiva, pardo claro.*

Al microscopio se observan pocos cuarzos con extinción ondulatoria, las plagioclasas tienen inclusiones de epidoto. (Ver figuras 52,53 y 54).

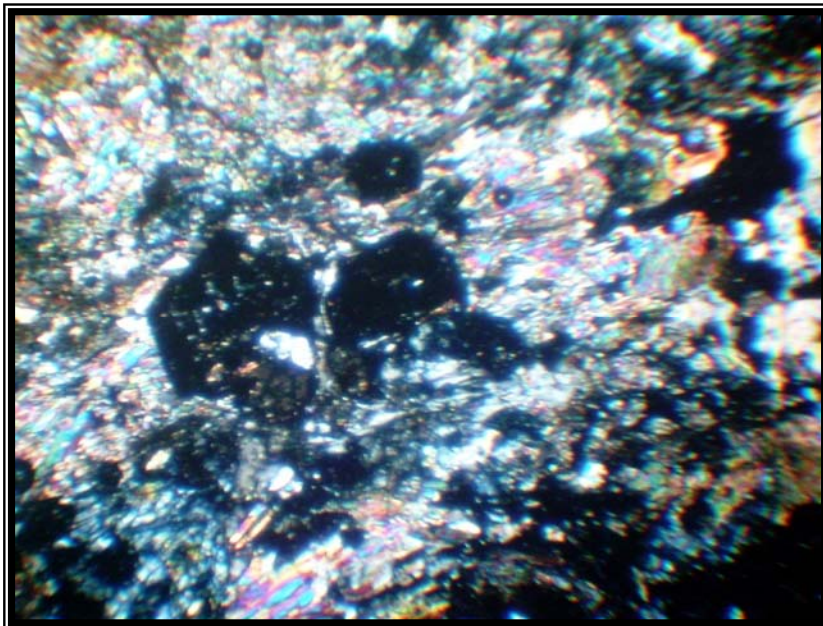


*Fig . 52: UAG MR-11 Arriba muestra de mano masiva, izquierda vista de Actinolita en Nícoles paralelos, derecha en Nícoles cruzados. Ocular 10X. obj 5.6*





**Fig.53:** Vista en nicoles paralelos de granate rodeado de Actinolita. Estación T-51- MR-11 Ocular 10X. obj 3.5



**Fig.54:** Vista en nicoles cruzados del granate, por ser isométrico se opaca su vista. Est-T-51 MR-11 Ocular 10X. obj

3.5

6.8.- Unidad de Mármol (UM).

6.8.1.- *Descripción Litológica:* aflora en la parte central de la zona. La roca se presentaba totalmente fresca de color gris a azul grisáceo, el color meteorizado es pardo. El tamaño de grano es de medio a grueso. La unidad aflora homogéneamente como bloques macizos en talud. Las familias de diaclasas son identificables en el campo, se encuentran intercaladas con capas de esquistos calcíticos muscovíticos cuarzosos presentando vetas de calcita y de cuarzos. (Ver figuras 55 y 56).



*Fig .55: UM. La unidad aflora como una banda en el centro del mapa. Est-T-91*



*Fig.56: Mármol con Esquisto calcítico intercalado. Estación T-93*

6.8.2.- *Características Geotécnicas:* La unidad de mármol presenta un macizo rocoso resistente de muy buena calidad geotécnica. En general el grado de meteorización es bajo y moderado. El macizo se encuentra ligeramente fracturado. Los mejores afloramientos del mármol se encuentran dentro de la Cantera Nacional. La explotación del mármol dentro de la cantera ha alterado sus características geotécnicas. Las diaclasas están muy abiertas algunas superan los 3 cm de abertura, la persistencia es mayor a 10m, son ligeramente rugosas, limpias o con rellenos blandos. (Ver Fig.57).



*Fig.57: Perfil de meteorización de la unidad de mármol. Tipo IV y V según Deere & Patton.*

6.8.3.- *Características Hidrogeológicas:* Macizos rocosos de muy baja permeabilidad. Solo en las fracturas es alta.

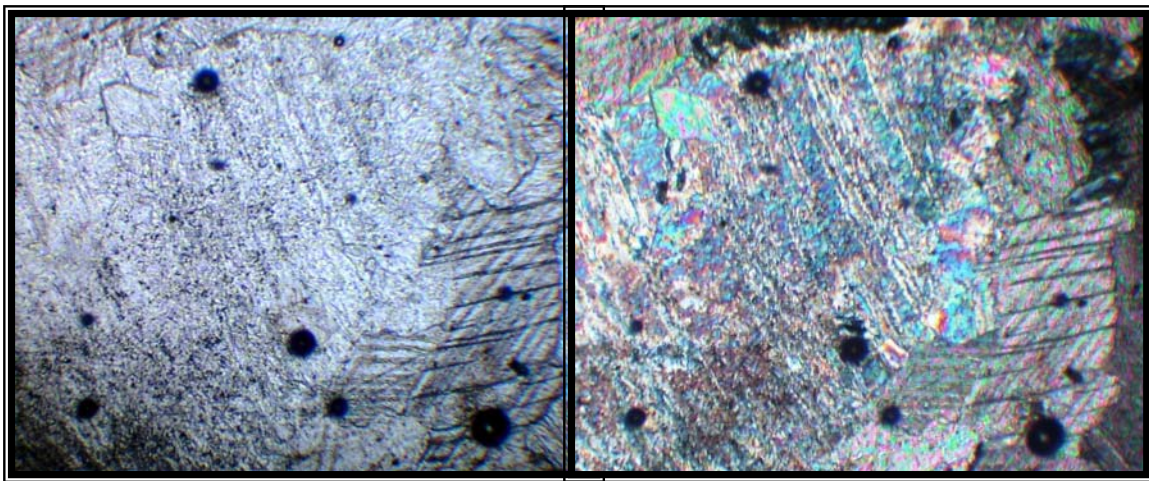
6.8.4.- *Condiciones de Estabilidad:* La estabilidad del macizo rocoso está determinada por la orientación de las estructuras, grado de fracturamiento, separación y estado de las discontinuidades. De acuerdo al análisis cinemático los taludes con esta litología son estables.

6.8.5.- *Análisis Petrográfico:* El mármol en muestra de mano es fresca, de color gris con vetas calcáreas, los minerales no se observan a simple vista. (Ver figura 58).



**Fig.58:** UM. MR-20. muestra de mano. Hacia la izquierda se observa la calcita en nícoles paralelos y hacia la derecha en nícoles cruzados. Ocular 10X obj 5.6

Al microscopio se observa la textura granoblástica. Calcita maclada, Cuarzo, Plagioclasas, y accesorios: Muscovita, Plagioclasas y óxidos. (Ver figura 59).



**Fig.59:** UM. MR-20. Hacia la izquierda se observa la calcita en nícoles paralelos y hacia la derecha en nícoles cruzados. Ocular 10X obj 5.6



**Fig.60:** UM. MR-21 arriba la muestra de mano. Esquisto calcítico, intercalado don el mármol.

## **RESULTADOS**

El cuadro 19, muestra los resultados de los factores condicionantes empleados para el estudio de la susceptibilidad y sus unidades en la zona de estudio.

- Factor pendiente
- Factor vegetación
- Litológico y
- Factor cinemática.

Los cuadros del 20 hasta el 86 describen el estudio para cada talud y propiedades inherentes a las rocas en la zona.

Por otra parte los cuadros del 87 hasta el 108 son los resultados obtenidos con el apoyo del Laboratorio de suelos, concreto y asfalto en Ingenieros De Santis, C.A . Se determinaron los siguientes ensayos.

- Límite líquido
- Límite plástico
- Peso Unitario
- Análisis granulométrico Norma AASTM C136-96<sup>a</sup>
- Peso específico de los suelos por Picnómetro Norma ASTM D 854-00

**Cuadro 19. Factores condicionantes empleados para el estudio de la susceptibilidad**

Representación esquemática de las estaciones de trabajo con los estados de susceptibilidad								
Estación de Trabajo	Coordenadas		Unidad Informal y Tipo de Roca	Datos Ponderador				Susceptibilidad
	Este	Norte		Pendiente	Factor Litológico	Vegetación	Cinematográfica	
T-01	714059	1156388	UEQM	13	17,3	20	10	60,3
T-02	713973	115658	UEQM	13	17	20	10	60
T-03	713236	1155700	UQcol	13	14,9	0	10	37,9
T-04	713826	1157020	UEQM	13	35	20	25	93
T-05	714449	1157679	UQcol	13	28	15	10	66
T-06	714938	1156813	UEQM	13	34	10	25	82
T-07	714268	1156825	UQcol	13	35	20	25	93
T-08	714986	1158257	UEQM	13	24	15	10	62
T-09	713665	1156981	UEQM	13	14	20	25	72
T-10	713623	1156804	UEQM	13	35	20	25	93
T-11	715008	1155718	UQcol	13	35	0	10	58
T-12	715767	1158957	UEQM	10	14,3	20	15	59,3
T-13	716111	1158762	UEQM	10	14,4	20	10	54,4
T-14	715155	1158441	UEQM	13	14,9	5	10	42,9
T-15	715915	1158692	UEQM	13	22	15	15	65
T-16	716828	1158369	UQcol	13	34	20	25	92
T-17	716776	1158206	UEQM	13	32	0	25	70
T-18	71681	1158203	UEQM	13	19	20	25	77
T-19	716736	1158456	UEQM	13	19	20	25	77
T-20	716771	1158474	UEQM	13	30	20	25	88
T-21	717694	1158518	UEQM	10	25	20	15	70
T-22	717940	1158691	UEQM	13	25	20	25	83
T-23	718240	1158851	UEQM	13	25	20	25	83
T-24	718378	1158822	UEQM	10	25	20	25	80
T-25	718969	1159293	UEQM	13	25	20	15	73
T-26	718814	1159173	UQcol	13	35	20	15	83
T-27	717956	1158432	UQcol	15	35	20	10	80
T-28	717981	1158377	UQcol	15	32	20	25	92
T-29	717983	1158357	UQcol	15	25	20	25	85
T-30	717969	1158359	UQcol	15	35	20	25	95
T-31	718116	1158377	UQcol	15	21,5	20	25	81,5
T-32	717811	1158562	UEQM	13	27	20	25	85
T-33	717815	1158474	UEQM	13	32	20	25	90
T-34	718052	1158529	UQcol	15	25	20	15	75
T-35	718014	1158585	UQcol	15	16	20	25	76
T-36	717970	1158612	UEQM	15	25	20	25	85
T-37	718242	1158662	UQcol	15	35	20	25	95
T-38	718223	1158431	UQcol	13	23	5	15	56
T-39	718194	1158411	UQcol	13	25	5	15	58
T-40	718206	1158517	UQcol	13	25	20	25	83
T-41	718170	1158845	UEQM	15	25	20	15	75
T-42	718557	1158887	UEQM	10	25	20	15	70
T-43	718550	1159035	UEQM	10	24	20	15	69
T-44	718479	1158280	UQcol	13	25	20	25	83
T-45	718394	1158226	UQcol	13	25	5	25	68
T-46	714955	1158291	UEQM	15	22	15	10	62
T-47	715170	1158664	UEQM	15	14,2	5	10	44,2
T-48	717045	1158852	UQcol	15	20,3	0	25	60,3
T-49	717680	1158690	UQcol	15	14,1	20	15	64,1
T-50	719601	1159131	UEQM	13	9,4	10	15	47,4

T-51	719783	1158767	UAG	13	9,7	15	15	52,7
T-52	715534	1157231	UEQM	13	17,3	10	25	65,3
T-53	715561	1157343	UEQM	13	14,52	10	25	62,5
T-54	715804	1157559	UEQM	13	23,9	20	10	66,9
T-55	715992	1157487	UEQM	13	18,2	20	10	61,2
T-56	716169	1157251	UA	13	8,8	20	10	51,8
T-57	716223	1157710	UEQM	13	22,8	5	10	50,8
T-58	716428	1157541	UM	13	23,9	5	10	51,9
T-59	716284	1157365	UM	13	25	5	10	53
T-60	716389	1157293	UM	13	16,2	20	10	59,2
T-61	716290	1157107	UQcol	15	16,1	20	10	61,1
T-62	716400	1157212	UA	13	20,3	20	10	63,3
T-63	716257	1157101	UM	13	16,1	20	15	64,1
T-64	716440	1157236	UM	13	8,8	20	15	56,8
T-65	716640	1157223	UQcol	13	18,2	20	15	66,2
T-66	716586	1157164	UECQMG	13	20,3	20	15	68,3
T-67	716568	1157027	UECQMG	13	29	5	15	62
T-68	716675	1157032	UECQMG	15	15,1	5	10	45,1
T-69	716843	1157068	UECQMG	15	16,1	20	15	66,1
T-70	716714	1157230	UECQMG	13	14,2	20	15	62,2
T-71	716835	1157217	UECQMG	15	25	20	15	75
T-72	716962	1157179	UECQMG	15	20,6	20	15	70,6
T-73	716994	1157112	UECQMG	13	33	20	25	91
T-74	717116	1156846	UECQMG	13	25	20	15	73
T-75	717155	1156851	UQcol	13	35	20	15	83
T-76	717439	1156698	UECQMG	13	35	20	15	83
T-77	717548	1156562	UQcol	13	35	20	15	83
T-78	717636	1156398	Uval	15	35	20	15	85
T-79	717895	1156338	UECQMG	13	18,4	0	10	41,4
T-80	718755	1156482	UECQMG	13	17,4	10	15	55,4
T-81	718947	1156695	UECQMG	13	19	20	15	67
T-82	718999	1156617	UECQM	13	25	20	15	73
T-83	719029	1156555	UQcol	13	30	20	15	78
T-84	719249	1156507	UQal	15	25	10	25	75
T-85	719682	1156281	UQal	15	25	20	10	70
T-86	719062	1156396	UQal	15	14,9	20	-	49,9
T-87	719215	1156338	UQal	15	14,9	20	-	49,9
T-88	718888	1156132	UQcol	15	18,2	5	10	48,2
T-89	718885	1156245	UECQMG	15	16,2	0	10	41,2
T-90	719013	1156323	UECQMG	15	18,4	5	10	48,4
T-91	717691	1156943	UM	15	7,8	10	15	47,8
T-92	717907	1156783	UM	15	3,5	20	15	53,5
T-93	718022	1157141	UM	13	25	20	15	73
T-94	718009	1157290	UM	13	25	5	15	58
T-95	718005	1157112	UM	13	25	20	15	73
T-96	717713	1156615	UM	15	20,6	20	15	70,6
T-97	717873	1156493	UM	15	14,2	20	10	64,2
T-98	718998	1159011	UQcol	13	15	20	10	58
T-99	718975	1159018	UEQM	13	16,2	20	10	59,2
T-100	719069	1159063	UEQM	13	14,6	20	10	57,6
T-101	719231	1158886	UEQM	13	15	20	10	58



Cuadro 20: Estación de Trabajo T-01

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-01	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N86W10N			N74E75S	3m	10.2	N22E10N	15°25°	26	26	25-35	Mala- Inestable	20° 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	15												
Separación (m) RMR 89	.06												
Persistencia (m) RMR 89	1-3												
Abertura (mm) RMR 89	.1-1												
Relleno RMR 89	Bland<5mm												
Rugosidad RMR 89	rugosa												
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89	Goteando												
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Las orientaciones de las diaclasas y las foliaciones favorecen la estabilidad													

**Cuadro 21:** Estación de Trabajo T-02

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-02	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1Sistema	2Sistema	3Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación				N61E80S	5.2	58m	N20E30N	15°	12	12	20-30		15° <1Kg/cm2
Frecuencia RMR 89													
Separación (m) RMR 89													
Persistencia (m) RMR 89													
Abertura (mm) RMR 89													
Relleno RMR 89													
Rugosidad RMR 89													
Disposición Foliación Frente al Talud													
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78													
Meteorización I.S.R.M. 77													
Agua Subterránea RMR 89													
Representación de la Red Estereográfica													

Cuadro 22: Estación de Trabajo T-03

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T-03		Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1Sistema	2Sistema	3Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N70W90			N20E70N	7m	10.2	N45E30S	25-35	42	42	35-45	Normal Parcialmente estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		12												
Separación (m) RMR 89		0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89		<1												
Abertura (mm) RMR 89		.1-1												
Relleno RMR 89		Bland<5mm												
Rugosidad RMR 89		Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77		Medianamente meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica								<p>Talud Foliación Diaclasa Fricción</p>						
Observaciones: Las orientaciones de las diaclasas y las foliaciones favorecen la estabilidad														

Cuadro 23: Estación de Trabajo T-04

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-04	Diaclasas		Talud									
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación	N34E71S	N60W78N	N74E60S	3	12	N16W25S	15-25°	36	36	40-50	Mala Inestable	20 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5mm											
Relleno RMR 89	B<5mm											
Rugosidad RMR 89	Rugosa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Goteando											
Representación de la Red Estereográfica						<p>Talud Foliación Fricción Diaclasa 1 Diaclasa 2</p>						
Observaciones: Estable con posible falla en cuña entre f y diaclasa 1												

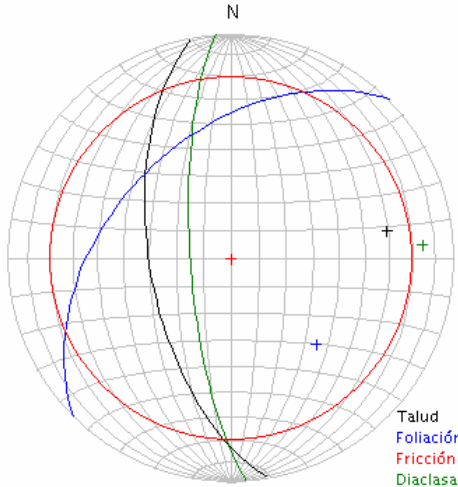
Cuadro 24: Estación de Trabajo T-05

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-05	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSi	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N4W75S			N59E72S	6	20	N45E27N	15-25	31	31	40-50	Mala Inestable	20° 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	2												
Separación (m) RMR 89	0.1-0.25												
Persistencia (m) RMR 89	1-3												
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1												
Relleno RMR 89	Bland <5mm												
Rugosidad RMR 89	Lig Rugosa												
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente meteorizado												
Agua Subterránea RMR 89	Goteando												
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: La cinemática es favorable a la estabilidad del talud													

Cuadro 25. Estación de Trabajo T-06

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-06		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N34E71S	N60W78N	N74E62S	6	24	N16W25S	15-25°	33	33	40-50	Mala Inestable	20 1-2 Kg/cm2
Frecuencia	RMR 89	12											
Separación (m)	RMR 89	0.06-.2											
Persistencia (m)	RMR 89	<1											
Abertura (mm)	RMR 89	>5mm											
Relleno	RMR 89	d>5mm											
Rugosidad	RMR 89	Rugosa											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Goteando											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Estable con posible falla en cuña entre f y diaclasa 1													

Cuadro 26: Estación de Trabajo T-07

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-07	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N34E71S	N60W78N	N12W60S	5	30	N16W25S	15-25°	33	33	40-50	Mala Inestable	20 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	>5mm											
Relleno RMR 89	d>5mm											
Rugosidad RMR 89	Rugosa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Goteando											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable con posible falla en cuña entre f y diaclasa 1												

Cuadro 27: Estación de Trabajo T-08

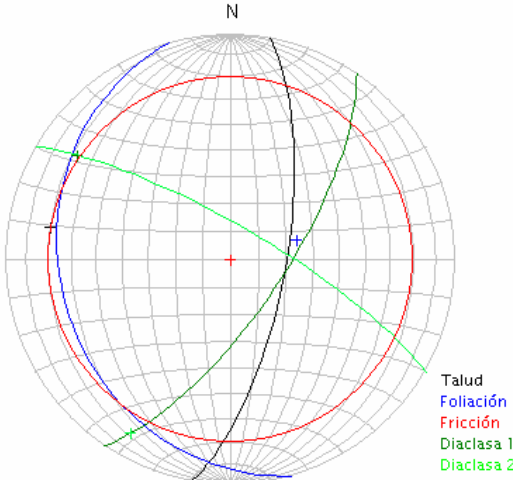
Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-08	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N4W75S			N59E72S	8	52	N45E27N	15-25	34	34	40-50	Mala Inestable	20° 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	2												
Separación (m) RMR 89	0.1-0.25												
Persistencia (m) RMR 89	1-3												
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1												
Relleno RMR 89	Bland <5mm												
Rugosidad RMR 89	Lig Rugosa												
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente meteorizado												
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: La cinemática es favorable a la estabilidad del talud													



Cuadro 28: Estación de Trabajo T-09

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-09	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N34E71S	N60W78N	N74E60S	6	24	N16W25S	15-25°	33	33	40-50	Mala Inestable	20 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	>5mm											
Relleno RMR 89	d>5mm											
Rugosidad RMR 89	Rugosa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Goteando											
Representación de la Red Estereográfica						<p>Talud Foliación Fricción Diaclasa 1 Diaclasa 2</p>						
Observaciones: Estable con posible falla en cuña entre f y diaclasa 1												

Cuadro 29: Estación de Trabajo T-10

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-10	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N34E71S	N60W78N	N10E70S	6	24	N16W25S	15-25°	33	33	40-50	Mala Inestable	20 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	>5mm											
Relleno RMR 89	d>5mm											
Rugosidad RMR 89	Rugosa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Goteando											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable con posible falla en cuña entre f y diaclasa 1												

Cuadro 30: Estación de Trabajo T-11

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-11	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1Sistema	2Sistema	3Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N70W90			N20E70N	7m	10.2	N45E30S	25-35	42	42	35-45	Normal Parcialmente estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12												
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89	<1												
Abertura (mm) RMR 89	.1-1												
Relleno RMR 89	Bland<5mm												
Rugosidad RMR 89	Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Medianamente meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Las orientaciones de las diaclasas y las foliaciones favorecen la estabilidad													

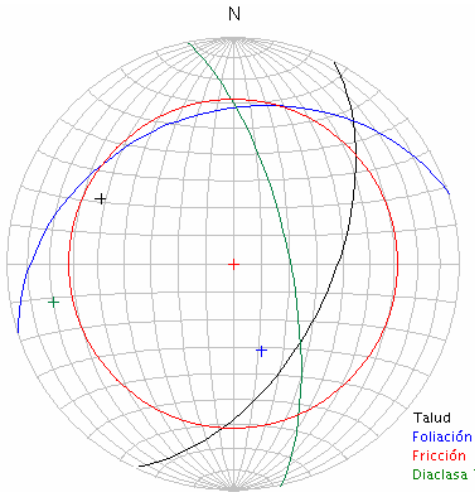
**Cuadro 31:** Estación de Trabajo T-12

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-12	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N60W72N			N60E70S	3	8.2	N70E35S	25-30	43	43	40-50	Normal Parcialmente Estable	28 con 2-3 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	10												
Separación (m) RMR 89	.2-6												
Persistencia (m) RMR 89	<1												
Abertura (mm) RMR 89	.1-1												
Relleno RMR 89	B<5mm												
Rugosidad RMR 89	Rugosa												
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89	Lig Humedo												
Representación de la Red Estereográfica													
<p style="text-align: right;">                 Talud                  Foliación                  Foliación                  Diaclasa 1             </p>													
Observaciones: Falla plana por f y posible falla en cuña por f y d1													

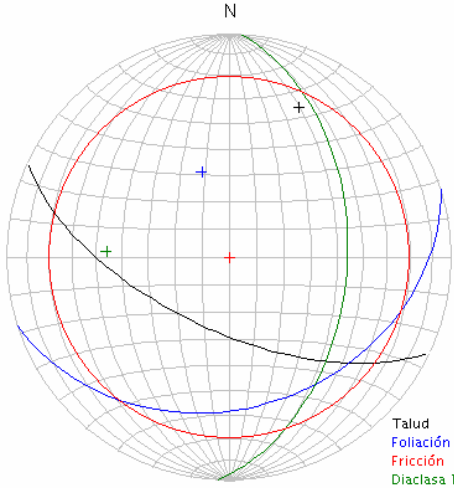
Cuadro 32: Estación de Trabajo T-13

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T-13		Diaclasas			Talud									
Variables		1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSi	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación		N45W90			N45E33S	4m	12m	N70E33S	25-35°	45	45	40-50	Normal Parcialmente Estable	28°
Frecuencia RMR 89		12												
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6												
Persistencia (m) RMR 89		<1												
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1												
Relleno RMR 89		B<0.5												
Rugosidad RMR 89		Lig Rugosa												
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente meteorizado												
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica					<p>Talud Foliación Fricción Diaclasa 1</p>									
Observaciones: Falla en cuña por f y d1.														

**Cuadro 33: Estación de Trabajo T-14**

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T-14		Diaclasas			Talud									
Variables		1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSi	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación		N12W70N			N20E55S	6m	15m	N72E33N	25-35°	45	45	40-50	Normal Parcialmente Estable	28° con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		15												
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6												
Persistencia (m) RMR 89		<1												
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1												
Relleno RMR 89		B<0.5												
Rugosidad RMR 89		Lig Rugosa												
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente meteorizado												
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica														
Observaciones: Cinemáticamente estable														

Cuadro 34: Estación de Trabajo T-15

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T-15		Diaclasas			Talud									
Variables		1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSi	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación		N3E46S			N65W63S	2m	8m	N72E33S	15-25	36	36	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		15												
Separación (m) RMR 89		0.6-2												
Persistencia (m) RMR 89		1-3												
Abertura (mm) RMR 89		1-5												
Relleno RMR 89		B<5mm												
Rugosidad RMR 89		Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica														
														
Observaciones: Falla en cuña por f y d1.														

Cuadro 35: Estación de Trabajo T-16

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-16		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N20E80N	N80W85N	N46W50S	3.5	12	N48E	15-25	38	38	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		1-3											
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1											
Relleno RMR 89		B<5mm											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica						<p>                     Talud                      Foliación                      Diaclasa 1                      Diaclasa 2                      Fricción                 </p>							
Observaciones: Falla en cuña por f y d2.													



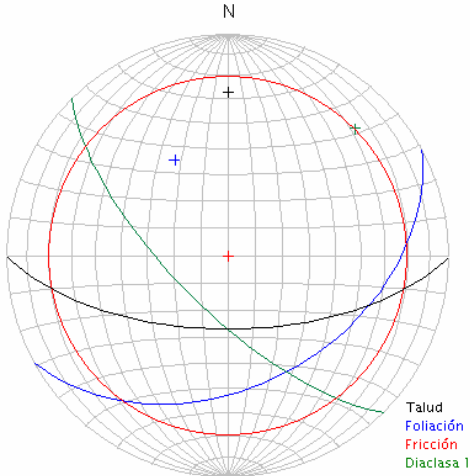
**Cuadro 36:** Estación de Trabajo T-17

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-17		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N20E80N	N80W85N	N50W32S	4	15	N48E	15-25	38	38	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		1-3											
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1											
Relleno RMR 89		B<5mm											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Falla en cuña por f y d2.													

Cuadro 37: Estación de Trabajo T-18

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-18		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N20E80N	N80W85N	N49W30S	3.5	12	N48E	15-25	38	38	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		1-3											
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1											
Relleno RMR 89		B<5mm											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Falla en cuña por f y d2.													

Cuadro 38: Estación de Trabajo T-19

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-19	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N45W70S			E-W63S	3.2	22	N65E41S	15-25	29	23	30-40	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	3-1												
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89	1-3												
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1												
Relleno RMR 89	B<5mm												
Rugosidad RMR 89	Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Moderadamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizado												
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Falla en cuña por f y d1.													

Cuadro 39: Estación de Trabajo T-20

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T-20		Diaclasas			Talud									
Variables		1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSi	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación		N60W53S			N85W60S	1.5	8	N60E42S	15-25	36	19	40-50	Muy Mala Totalmente Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3												
Separación (m) RMR 89		0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89		1-3												
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1												
Relleno RMR 89		B<5mm												
Rugosidad RMR 89		Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizado												
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica					<p style="text-align: right;">                     Talud                      Foliación                      Fricción                      Diaclasa 1                 </p>									
Observaciones: Falla en cuña por f y d1														

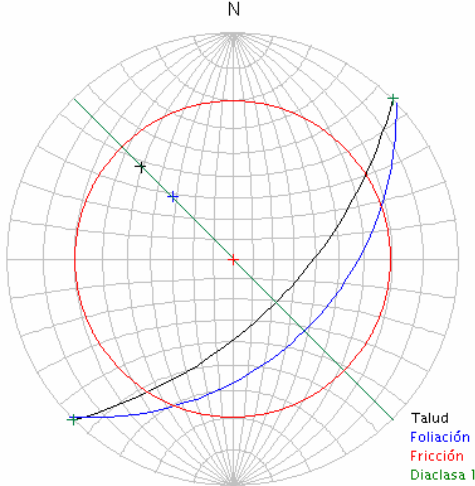
**Cuadro 40:** Estación de Trabajo T-21

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-21		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N3E85S	N35E90	N20W72S	10	22	N77W12S	15-25°	37	37	45-55	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		15											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		3-10											
Abertura (mm) RMR 89		1mm-5mm											
Relleno RMR 89		Duro < 5mm											
Rugosidad RMR 89		Lisa.											
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable.											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente.											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada.											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica													
<p>Observaciones: Falla por volcamiento por d1 y posible falla en cuña por f y d2.</p>													

**Cuadro 41:** Estación de Trabajo T-22

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-22	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N-S90°			N50W70E	1.2	4	N80W33S	15-25	33	33	35-45	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	15												
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89	<1												
Abertura (mm) RMR 89	1-5mm												
Relleno RMR 89	B<5mm												
Rugosidad RMR 89	Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica							<p>Talud Foliación Fricción Diaclasa 1</p>						
Observaciones: Falla en cuña por f y d1.													

Cuadro 42: Estación de Trabajo T-23

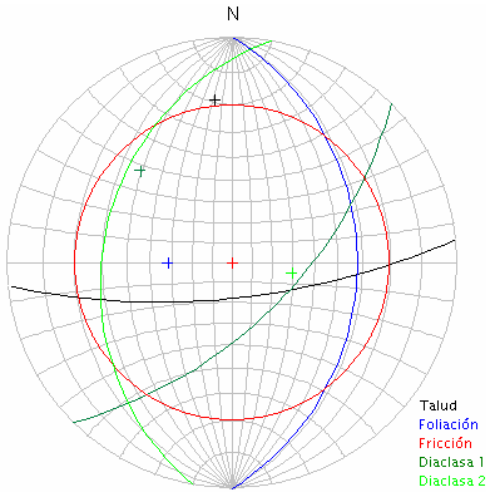
Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T-23		Diaclasas			Talud									
Variables		1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación		N45W90			N45E60S	12m	30m	N45E42S	15-25°	38	38	35-45	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		12												
Separación (m) RMR 89		0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89		<1												
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1												
Relleno RMR 89		B<5												
Rugosidad RMR 89		Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica														
Observaciones: Falla plana por f y falla en cuña por f y d1.														

**Cuadro 43: Estación de Trabajo T-24**

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-24	Diaclasas			Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N45E90			N85E60S	4.5m	3.5m	N45E40S	15-25	35	35	35-45	Mala Inestable	20 con 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	15												
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89	< 1												
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1												
Relleno RMR 89	B<5mm												
Rugosidad RMR 89	Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica													
<p>Observaciones: Cinemáticamente es posible la falla en cuña por <math>f</math> y <math>d1</math>.</p>													



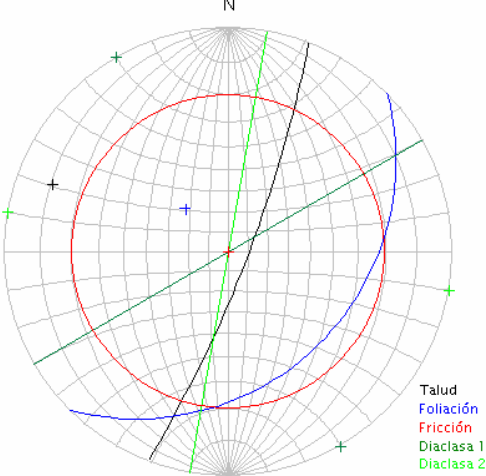
**Cuadro 44:** Estación de Trabajo T-25

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-25	Diaclasas			Talud			Foliación	$\varphi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\varphi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N45E60S			N84E72S	4.5	3.5	N-S32E	15-25	33	33	35-45	Mala Inestable	20° con 1-2Kg/cm2.
Frecuencia RMR 89	12.												
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2												
Persistencia (m) RMR 89	<1												
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1												
Relleno RMR 89	B<5												
Rugosidad RMR 89	Lig Rug												
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente												
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada												
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo												
Representación de la Red Estereográfica													
													
Observaciones: Posible falla en cuña por D1 y d2.													

**Cuadro45:** Estación de Trabajo T-26

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-26		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N10E40N		N85W/65S	4m	10m	N45E72S	25-35	41	41	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		10											
Separación (m) RMR 89		0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89		<1											
Abertura (mm) RMR 89		1-5mm											
Relleno RMR 89		B<5											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Lig Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica													
<p>Observaciones: Posible Falla en cuña entre f y d1.</p>													

Cuadro 46: Estación de Trabajo T-28

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-28	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1Sistema	2Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N10W90	N60W90	N21E80S	2.5m	12m	N45E35S	15-25	23	23	23	Malo Inestable	20° con 1-2 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
												
<p>Observaciones: Falla plana por foliación. Falla en cuña por d2 y f, Posible falla en cuña por f y d1. Falla Volcamiento d2.</p>												

Cuadro 47: Estación de Trabajo T-29

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-29		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N60W85N	N10W80N	N60E85S	3m	5m	N45E30S	15-25	38	38	35-45	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia	RMR 89	10											
Separación (m)	RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m)	RMR 89	<1											
Abertura (mm)	RMR 89	1-5											
Relleno	RMR 89	B<5mm											
Rugosidad	RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica						<p>                     Talud                      Foliación                      Fricción                      Diaclasa 1                      Diaclasa 2                 </p>							
Observaciones: Falla plana por f1. Falla por cuña por f y d1. Falla en cuña por f y d2.													

Cuadro48: Estación de Trabajo T-30

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-30		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N60W85N	N10W80N	N60E85S	2.5	7	N45E30S	15-25	38	38	35-45	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia	RMR 89	10											
Separación (m)	RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m)	RMR 89	<1											
Abertura (mm)	RMR 89	1-5											
Relleno	RMR 89	B<5mm											
Rugosidad	RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Falla plana por f1. Falla por cuña por f y d1. Falla en cuña por f y d2.													

Cuadro 49: Estación de Trabajo T-31

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-31	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1Sistema	2Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N60W90	N10W90	N26E80S	3.2	2	N45E35S	15-25	36	36	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	10											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
<p>Observaciones: Falla plana por f, falla en cuña por f y d1, falla en cuña por f y d2</p>												

Cuadro 50: Estación de Trabajo T-32

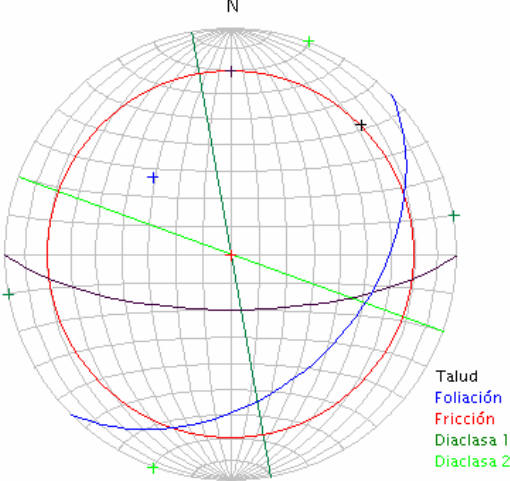
Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-32	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N10W90	N60E90	N09E70S	12	120	N45E40S	15-25	39	39	25-35	Mala inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	5											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	3-10											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	D<5											
Rugosidad RMR 89	Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Mesistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
<p>Observaciones: falla en cuña por f y d2 posible falla en cuña por f y d1 falla por volcamiento en d2</p>												

Cuadro 51: Estación de Trabajo T-33

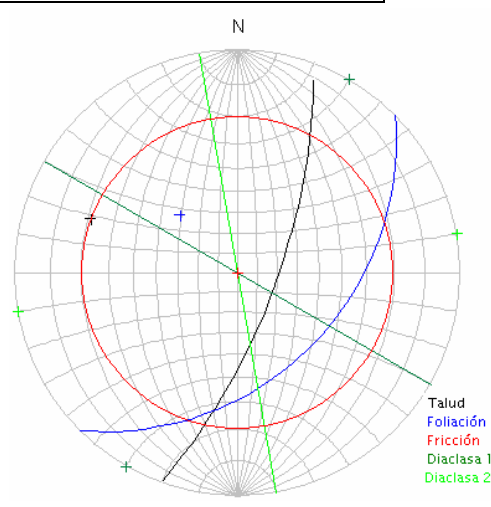
Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-33		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N10W90	N60E90	N5W65S	20	150	N12E40S	15	19	19	25-35	Muy mala Totalmente inestable	15 con 1Kg/m2
Frecuencia RMR 89		5											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		3-10											
Abertura (mm) RMR 89		1-5											
Relleno RMR 89		D<5											
Rugosidad RMR 89		Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Mesistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Altamente meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Falla por volcamiento por d2													



Cuadro 52: Estación de Trabajo T-34

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-34	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N10W90	N70W90	N-S70E	3m	4m	N45E40S	15-25	35	35	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	8											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Moderadamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
												
Observaciones: Falla en cuña por f y d1. Falla en cuña por f y d2.												

**Cuadro 53: Estación de Trabajo T-35**

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-35	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N10W90	N70W90	N20E70S	3m	4m	N45E40S	15-25	35	35	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	8											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Moderadamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Falla plana por foliación. Falla en cuña por f y d1. Falla en cuña por f y d2.												

Cuadro 54: Estación de Trabajo T-36

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-36	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N45W90		N60E85S	3m	4.2m	N45E38S	15-25	30	30	30-40	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	2											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B < 5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Falla plana por foliación. Falla en cuña por f y d1.												

Cuadro 55: Estación de Trabajo T-38

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-38	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N60W90		N22E40S	3	8	N45E45S	15-25	23	23	25-35	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Muy Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Cinemáticamente estable.												

Cuadro 56: Estación de Trabajo T-43

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-43	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N26E86S		N51E70S	25m	173m	M49W20S	15-25	31	31	40-50	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	6											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	3-10											
Abertura (mm) RMR 89	>5mm											
Relleno RMR 89	B>5mm											
Rugosidad RMR 89	Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Falla plana por d1. Posible falla por volcamiento en f y d1.												

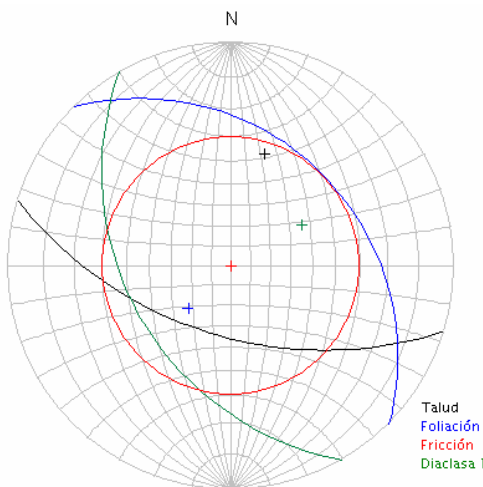
Cuadro 57: Estación de Trabajo T-46

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-46	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N5W80S		N47E70S	8m	23m	N40E45N	15-25	34	34	40-50	Mala Inestable	20 co 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	2											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Muy Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable												

Cuadro 58: Estación de Trabajo T-47

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-47	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N20W78N		N36E60S	1.8	5	N68E43N	25-35	47	47	45-55	Normal Parcialmente Estable	30 co2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	20											
Separación (m) RMR 89	<0.06m											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Muy Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Cinemáticamente Estable												

Cuadro 59: Estación de Trabajo T-48

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-48	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N30W40S		N73W55S	8m	120m	N45W30N	25-35	41	41	40-50	Normal Parcialmente estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	2											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5mm											
Rugosidad RMR 89	Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Goteando											
Representación de la Red Estereográfica												
												
Observaciones: Cinemáticamente estable.												



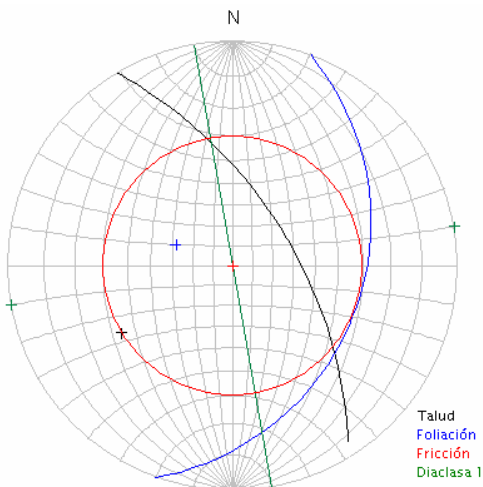
Cuadro 60: Estación de Trabajo T-49

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-49	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N6W83N		N8W72S	5.2m	80m	N79W20N	25-35	42	17	45-55	Muy mala totalmente inestable	30 con 2-3KG/cm2
Frecuencia RMR 89	1											
Separación (m) RMR 89	0.6-2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	Duro <5											
Rugosidad RMR 89	Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud	favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Altamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
<p style="text-align: right;">                 Talud                  Foliación                  Fricción                  Diaclasa 1             </p>												
Observaciones: Falla por volcamiento en d1.												

Cuadro 61: Estación de Trabajo T-50

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-50		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N10W82N	N75E70S	N3W80N	12	80	No presenta	35-45	62	57	60-70	Normal Parcialmente estable	40 con 3-4Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		5											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		3-10											
Abertura (mm) RMR 89		1-5											
Relleno RMR 89		Duro											
Rugosidad RMR 89		Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud		No Foliada											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Muy Fuerte											
Meteorización I.S.R.M. 77		Ligeramente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Posible falla plana por d1 y falla en cuña por d1 y d2.													

Cuadro 62: Estación de Trabajo T-52

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-52	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	NN10W90		N31W60N	4.5m	12m	N20E30S	25-35	45	45	40-50	Normal Parcialmente estable	30 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	5											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	Duro<5											
Rugosidad RMR 89	Rugoso											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Débil											
Meteorización I.S.R.M. 77	Lig Meteorizado											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable.												

**Cuadro 63:** Estación de Trabajo T-53

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-53	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N30W86N		N61W60N	5.7	17	N46E53S	25-35	45	45	40-50	Normal parcialmente estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	D<5mm											
Rugosidad RMR 89	Rugoso											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Débil											
Meteorización I.S.R.M. 77	Muy Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable.												

Cuadro 64: Estación de Trabajo T-54

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-54	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N40W84S	N45E90	N81W65N	5m	30m	N18W22S	25-30	43	43	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B<5mm											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable.												

Cuadro 65: Estación de Trabajo T-56

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-56		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N38E36N	N41E43S	N56W45S	15m	50m	No Presenta. d3=N53W88S	35-45	64	64	55-65	Buena Estable	40 con 3-4Kg/cm2.
Frecuencia RMR 89		2											
Separación (m) RMR 89		0.6-2											
Persistencia (m) RMR 89		<1m											
Abertura (mm) RMR 89		>5mm											
Relleno RMR 89		B>5mm											
Rugosidad RMR 89		Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud		No foliado											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Muy Fuerte											
Meteorización I.S.R.M. 77		Lig Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Estable. Posible falla por volcamiento en d1.													

Cuadro 66: Estación de Trabajo T-57

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-57	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N45W90		N33W45N	4m	12m	N10W26S	25-30	41	41	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B <5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
<p style="text-align: right;">                 Talud                  Foliación                  Fricción                  Diaclasa 1             </p>												
Observaciones: Estable.												

Cuadro 67: Estación de Trabajo T-59

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-59	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N45W90		N45E65S	3.5	15	N10W26S	25-30	41	41	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	12											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B <5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Altamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
<p style="text-align: center;">N</p> <div style="text-align: right;"> <p>Talud</p> <p>Foliación</p> <p>Fricción</p> <p>Diaclasa 1</p> <p>Diaclasa 2</p> </div>												
Observaciones: Estable.												



**Cuadro 68:** Estación de Trabajo T-68

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-68	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N62W64N		N80E83N	3m	17m	N80E45S	25-35	42	42	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	10											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Esrable.												

Cuadro 69: Estación de Trabajo T-69

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-69	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N20W90		N4W55N	3m	12m	N70E41S	25-35	42	25	40-50	Mala inestable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	6											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	0.1-1											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Muy Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Moderadamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Medianamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
<p style="text-align: right;">                 Talud                  Foliación                  Fricción                  Diaclasa 1             </p>												
Observaciones: Falla por volcamiento en d1.												

Cuadro 70: Estación de Trabajo T-70

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-70	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N49E85S		N65E63S	5.6m	15m	N8E13N	25-35	56	39	50-60	Mala Inestable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	5											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	<0.1											
Relleno RMR 89	s/r											
Rugosidad RMR 89	Muy Rugoso											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Medianamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
<p style="text-align: right;">                 Talud                  Foliación                  Fricción                  Diaclasa 1             </p>												
Observaciones: Posible falla por volcamiento en d1.												

**Cuadro 71:** Estación de Trabajo T-71

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca										
Estación T-71		Diaclasas		Talud			Foliación			
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI
Orientación		N16W80S	N79E77S	N56W70S	6m	30m	N38W26N	15-25	28	28
Frecuencia RMR 89		5								
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6								
Persistencia (m) RMR 89		3-10								
Abertura (mm) RMR 89		>5mm								
Relleno RMR 89		B>5mm								
Rugosidad RMR 89		Lisa								
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable								
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente								
Meteorización I.S.R.M. 77		Lig Meteorizado								
Agua Subterránea RMR 89		Seco								
<p>Representación de la Red Estereográfica</p> <p style="text-align: right;">             Talud              Foliación              Fricción              Diaclasa 1              Diaclasa 2         </p>										
<p>Observaciones: Posible falla en cuña entre d1 y d2.</p>										

Cuadro 72: Estación de Trabajo T-72

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-72	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N21W84N		N54E76S	4m	20m	N88E26S	25-354	55	55	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3 kg/cm2
Frecuencia RMR 89	6											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	Cerrada											
Relleno RMR 89	s/r											
Rugosidad RMR 89	Muy Rugoso											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Lig Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
<p style="text-align: right;">                 Talud                  Foliación                  Fricción                  Diaclasa 1             </p>												
Observaciones: Cinemáticamente Estable con posible falla en cuña.												

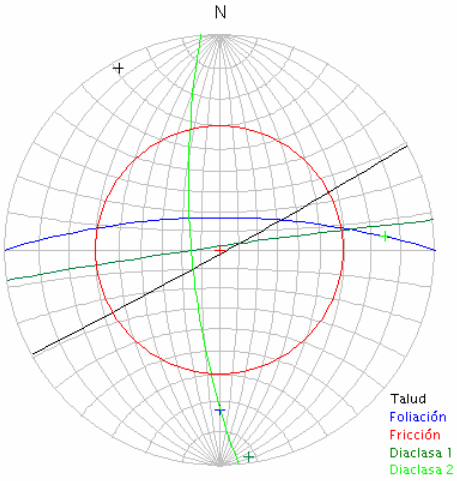
Cuadro 73: Estación de Trabajo T-73

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-73	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N80W79S		N78W72N	17m	54m	N88E73S	15°	16	10	15-25	Muy Mala Totalmente Inestable	15 con <1Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	s/f											
Separación (m) RMR 89	s/s											
Persistencia (m) RMR 89	s/p											
Abertura (mm) RMR 89	1-5mm											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Esp Falla											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Falla por volcamiento debido al plano F1. Falla por volcamiento debido a f.												

Cuadro 74: Estación de Trabajo T-74

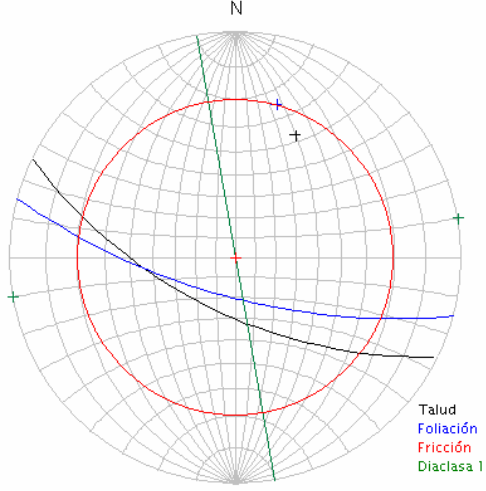
Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-74	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N44W86S		N78W72N	9m	12m	N80E40S	25-35	49	49	30-40	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	6											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	<1											
Relleno RMR 89	D <5mm											
Rugosidad RMR 89	Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Medianamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Cinemáticamente Estable.												

Cuadro75: Estación de Trabajo T-80

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-80	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1Sistema	2Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N8E88N	N5W75S	N61E88S	5.8m	100m	E-W73N	25-35	44	44	45-55	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	6											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	3m											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Posible falla en cuña en f y d1.												



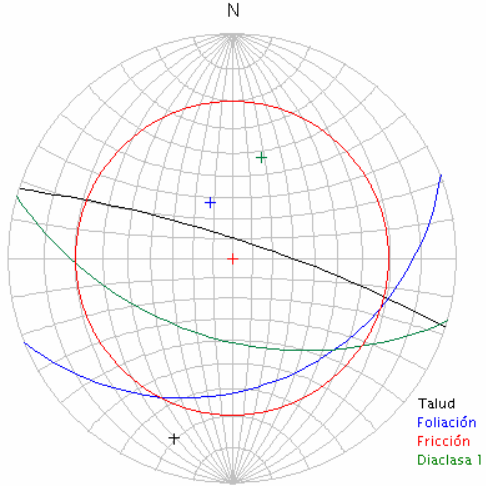
Cuadro 76: Estación de Trabajo T-81

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-81	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N10W90		N64W62S	3m	15m	N75W70S	15-25	30	30	20-30	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	5											
Separación (m) RMR 89	0.6-2											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Seco											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Posible Falla f1.												

Cuadro 77: Estación de Trabajo T-84

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-84		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N5W71S	E-W70S	N71E85S	4m	8.2m	N87W71S	15-25	28	28	20-30	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3											
Separación (m) RMR 89		0.6-2											
Persistencia (m) RMR 89		1-3											
Abertura (mm) RMR 89		1-5											
Relleno RMR 89		B<5mm											
Rugosidad RMR 89		Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Noderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Falla Plana por d2. Falla en cuña por f y d1. Falla en cuña por f y d2.													

**Cuadro 78:** Estación de Trabajo T-85

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-85		Diaclasas		Talud									
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)	Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Orientación		N74W50S		N72W80N	4.6m	10m	N68E30S	15-25	31	31	35-45	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		5											
Separación (m) RMR 89		0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89		<1											
Abertura (mm) RMR 89		0.1-1											
Relleno RMR 89		B<5											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica													
													
Observaciones: Cinemáticamente Estable.													

Cuadro 79: Estación de Trabajo T-86

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-86	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N74W60S		N79W40N	2.5m	8m	N65E28S	25-35	40	40	35-45	Mala Inestable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	10											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Cinemáticamente Estable.												

Cuadro 80: Estación de Trabajo T-88

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-88	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N70W51S		N18W80N	6.4m	10m	N42E26S	25-35	43	43	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3 kg/cm2
Frecuencia RMR 89	3											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	2											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Muy Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Lig Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Cinemáticamente Estable.												

Cuadro 81: Estación de Trabajo T-89

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-89	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N74W52S		N18W80N	6.4m	10m	N42E26S	25-35	43	43	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	3											
Separación (m) RMR 89	0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Altamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Medianamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: posible falla en cuña con f y d1.												

Cuadro 82: Estación de Trabajo T-90

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-90	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N70W51S		N5W78S	8m	15m	N40E40S	25-35	41	41	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3kg/cm <sup>2</sup>
Frecuencia RMR 89	5											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	1-3											
Abertura (mm) RMR 89	1-5											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Muy Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Medianamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Lig Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Falla plana por d1. Posible Falla en cuña en f y d1.												

Cuadro 83: Estación de Trabajo T-91

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-91		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N28W81S		N70W60S	30m	100m	N5W16S	25-35	54	54	55-65	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		>10m											
Abertura (mm) RMR 89		>5mm											
Relleno RMR 89		D >5mm											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Muy Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Lig Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Seco											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Estable.													



**Cuadro 84:** Estación de Trabajo T-95

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-95		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N71W74N	N13E64N	N4W85N	4.4m	11m	N27E30S	15-25	33	33	30-40	Mala Inestable	20 con 1-2Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		3											
Separación (m) RMR 89		0.2-0.6											
Persistencia (m) RMR 89		1-3											
Abertura (mm) RMR 89		>5mm											
Relleno RMR 89		B>5mm											
Rugosidad RMR 89		Lisa											
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Medianamente Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica							<p>                     Talud                      Foliación                      Fricción                      Diaclasa 1                 </p>						
Observaciones: Falla en cuña entre f y d2.													


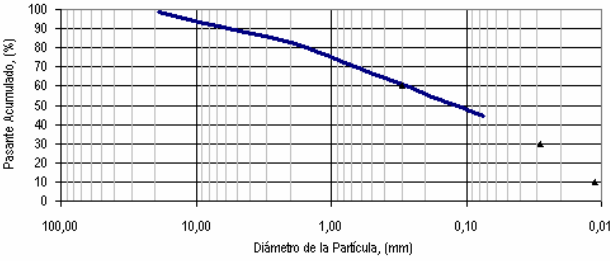
Cuadro 85: Estación de Trabajo T-99

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T-99		Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables		1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación		N10E40N		N85W65S	4m	10m	N45E72S	25-35	41	41	40-50	Normal Parcialmente Estable	30 con 2-3Kg/cm2
Frecuencia RMR 89		10											
Separación (m) RMR 89		0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89		<1											
Abertura (mm) RMR 89		1-5mm											
Relleno RMR 89		B<5											
Rugosidad RMR 89		Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud		Desfavorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78		Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77		Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89		Lig Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica													
Observaciones: Posible Falla en cuña entre f y d1.													


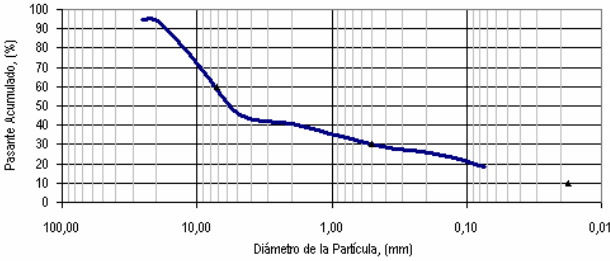
Cuadro 86: Estación de Trabajo T-100

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T-100	Diaclasas		Talud			Foliación	$\phi$ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado Estabilidad SMR	$\phi$ y C promedio RMR
Variables	1 Sistema	2 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (m)	Longitud (m)							
Orientación	N10E40N		N70E62S	3.2m	10m	N-S30E	25-35	41	41	40-50	Normal Parcialmente Estable.	30 con 2-3 Kg/cm2
Frecuencia RMR 89	10											
Separación (m) RMR 89	0.06-0.2											
Persistencia (m) RMR 89	<1											
Abertura (mm) RMR 89	1-5mm											
Relleno RMR 89	B<5											
Rugosidad RMR 89	Lig Rug											
Disposición Foliación Frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca Intacta) ISRM 78	Resistente											
Meteorización I.S.R.M. 77	Moderadamente Meteorizada											
Agua Subterránea RMR 89	Lig Húmedo											
Representación de la Red Estereográfica												
Observaciones: Estable.												


**Cuadro 87:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.

							
<b>Ingenieros De Santis, C.A.</b>							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b>							
Proyecto: Tesis de grado de Hecby y George							
Ubicación: Antirmano							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	HC	Feliciano De Santis	MS-82-(45)		09/04/2007		
<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA</b>							
%w (nat.)	LL*1		LP*1	IP*1	Grava	Arena	Finos
10,08	NA		NP	NA	11,54	44,31	44,15
*1: Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A.*2 (gr)	Retenido (%)	Retenido A.*2 (%)	Pasante A.*2 (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	11,10	11,10	11,10	1,44	1,44	98,56
3/8"	9,524	37,45	37,45	48,55	4,87	6,31	93,69
#4	4,763	40,21	40,21	88,76	5,23	11,54	88,46
#10	2,000	44,20	44,20	132,96	5,75	17,28	82,72
#20	0,850	75,37	75,37	208,33	9,80	27,08	72,92
#40	0,425	64,07	64,07	272,40	8,33	35,41	64,59
#100	0,150	95,73	95,73	368,43	12,44	47,85	52,15
#200	0,074	61,53	61,53	429,66	8,00	55,85	44,15
P-#200	0,070	3,17	339,67	769,33	44,15	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		432,83	769,33				
*2: Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>				<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>			
A- Número de la Tara	053	053					
B- Peso Tara	152,02	152,02					
C- Peso del suelo humedo + Tara	998,94	998,94					
D- Peso del suelo seco + Tara	921,41	921,41					
E- Peso neto del suelo, (D - B)	769,39	769,39					
F- Peso seco de la muestra lavada	432,89	429,72					
G- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	336,50	339,67					
H- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	43,74	44,15					
D60	0,30						
D30	0,03						
D10	0,01						
Cu	27,04						
Cc	0,24						
<b>Gráfico</b>							
							

**Cuadro 88:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.

							
<b>Ingenieros De Santis, C.A.</b>							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b>							
Proyecto: Tesis de grado de Hecby y George							
Ubicación: Antirmano							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	HC	Feliciano De Santis	MS-20-(12)		09/04/2007		
<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA</b>							
%w (nat.)	LL* <sup>1</sup>	LP* <sup>1</sup>	IP* <sup>1</sup>	Grava	Arena	Finos	
10,08	NA	NP	NA	54,92	26,76	18,32	
* <sup>1</sup> : Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A. <sup>*2</sup> (gr)	Retenido (%)	Retenido A. <sup>*2</sup> (%)	Pasante A. <sup>*2</sup> (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	42,91	42,91	42,91	5,58	5,58	94,42
¾"	19,050	7,40	7,40	50,31	0,96	6,54	93,46
3/8"	9,524	185,02	185,02	235,33	24,05	30,59	69,41
#4	4,763	187,22	187,22	422,55	24,33	54,92	45,08
#10	2,000	34,18	34,18	456,73	4,44	59,36	40,64
#20	0,850	50,43	50,43	507,16	6,55	65,92	34,08
#40	0,425	41,05	41,05	548,21	5,34	71,25	28,75
#100	0,150	32,09	32,09	580,30	4,17	75,42	24,58
#200	0,074	48,14	48,14	628,44	6,26	81,68	18,32
P-#200	0,070	7,61	140,95	769,39	18,32	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		636,05	769,39				
* <sup>2</sup> : Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>				<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>			
A.- Número de la Tara	053	053					
B.- Peso Tara	152,02	152,02					
C.- Peso del suelo humedo + Tara	998,94	998,94					
D.- Peso del suelo seco + Tara	921,41	921,41					
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	769,39	769,39					
F.- Peso seco de la muestra lavada	636,05	628,44					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	133,34	140,95					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	17,33	18,32					
					D60	7,18	
					D30	0,51	
					D10	0,02	
					Cu	412,10	
					Cc	2,07	
Gráfico							
							

**Cuadro 89:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.



**Ingenieros De Santis, C.A.**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)**

Proyecto:					
Ubicación:					
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha
HC/GB	GB	Feliciano De Santis	MS-94-(48)		09/04/2007

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL* <sup>1</sup>		LP* <sup>1</sup>	IP* <sup>1</sup>	Grava	Arena	Finos
4,38	NA		NP	NA	16,38	50,69	32,93

\*<sup>1</sup>: Referidos a la fracción fina de la muestra

**I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01**

Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A. <sup>*2</sup> (gr)	Retenido (%)	Retenido A. <sup>*2</sup> (%)	Pasante A. <sup>*2</sup> (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	20,29	20,29	20,29	2,49	2,49	97,51
3/8"	9,524	65,95	65,95	86,24	8,09	10,57	89,43
#4	4,763	47,32	47,32	133,56	5,80	16,38	83,62
#10	2,000	49,28	49,28	182,84	6,04	22,42	77,58
#20	0,850	95,34	95,34	278,18	11,69	34,11	65,89
#40	0,425	82,99	82,99	361,17	10,18	44,29	55,71
#100	0,150	109,83	109,83	471,00	13,47	57,75	42,25
#200	0,074	75,97	75,97	546,97	9,32	67,07	32,93
P-#200	0,070	6,55	268,58	815,55	32,93	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		553,52	815,55				

\*<sup>2</sup>: Acumulado (A)

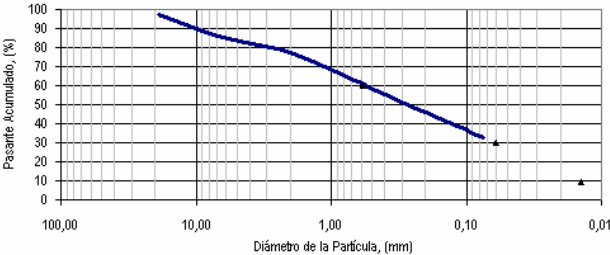
**II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95**

A.- Número de la Tara	030	030
B.- Peso Tara	168,23	168,23
C.- Peso del suelo humedo + Tara	1.018,52	1.018,52
D.- Peso del suelo seco + Tara	982,87	982,87
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	814,64	814,64
F.- Peso seco de la muestra lavada	552,61	546,06
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	262,03	268,58
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	32,17	32,97


**III.- Coeficientes granulométricos**

D60	0,58
D30	0,06
D10	0,01
Cu	41,21
Cc	0,44

Gráfico



**Cuadro 90:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De santis, C.A.



**Ingenieros De Santis, C.A.**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)**

Proyecto:					
Ubicación:					
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha
HC/GB	HC	Feliciano De Santis	MS-12-(2)		09/04/2007

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL* <sup>1</sup>		LP* <sup>1</sup>	IP* <sup>1</sup>	Grava	Arena	Finos
2,29	NA		NP	NA	28,26	50,22	21,53

\*<sup>1</sup>: Referidos a la fracción fina de la muestra

**I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01**

Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A. <sup>*2</sup> (gr)	Retenido (%)	Retenido A. <sup>*2</sup> (%)	Pasante A. <sup>*2</sup> (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	23,32	23,32	23,32	5,49	5,49	94,51
3/8"	9,524	42,20	42,20	65,52	9,94	15,43	84,57
#4	4,763	54,46	54,46	119,98	12,83	28,26	71,74
#10	2,000	27,76	27,76	147,74	6,54	34,80	65,20
#20	0,850	49,88	49,88	197,62	11,75	46,54	53,46
#40	0,425	37,94	37,94	235,56	8,94	55,48	44,52
#100	0,150	59,29	59,29	294,86	13,96	69,44	30,56
#200	0,074	38,35	38,35	338,20	9,03	78,47	21,53
P-#200	0,070	8,36	91,40	424,60	21,53	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		341,56	424,60				

\*<sup>2</sup>: Acumulado (A)

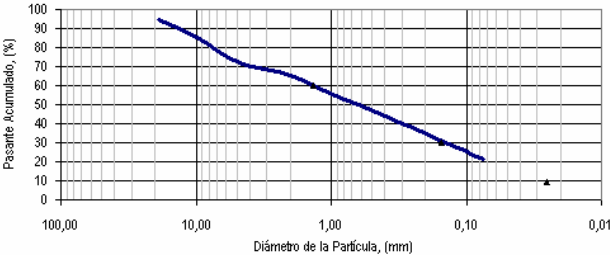
**II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95**

A.- Número de la Tara	RS	RS
B.- Peso Tara	120,75	120,75
C.- Peso del suelo humedo + Tara	555,62	555,62
D.- Peso del suelo seco + Tara	545,89	545,89
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	425,14	425,14
F.- Peso seco de la muestra lavada	342,10	333,74
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	83,04	91,40
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	19,53	21,50


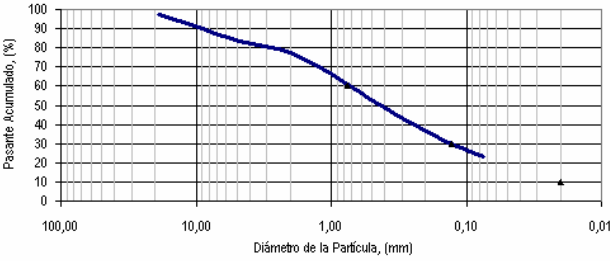
**III.- Coeficientes granulométricos**

D60	1,37
D30	0,15
D10	0,03
Cu	53,58
Cc	0,65

Gráfico


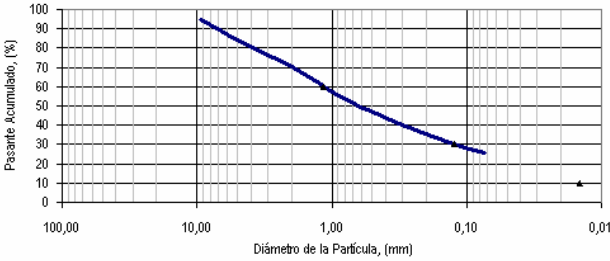


**Cuadro 91:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A


 <p><b>Ingenieros De Santis, C.A.</b></p> <p><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b></p>							
Proyecto:							
Ubicación:							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	GB	Feliciano De Santis	MS-40-(28)		09/05/2007		
CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL*1		LP*1	IP*1	Grava	Arena	Finos
6,09	NA		NP	NA	16,67	59,97	23,36
*1: Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A.*2 (gr)	Retenido (%)	Retenido A.*2 (%)	Pasante A.*2 (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	17,91	17,91	17,91	2,35	2,35	97,65
3/8"	9,524	52,64	52,64	70,55	6,90	9,25	90,75
#4	4,763	56,56	56,56	127,11	7,42	16,67	83,33
#10	2,000	44,26	44,26	171,37	5,80	22,47	77,53
#20	0,850	110,87	110,87	282,24	14,54	37,01	62,99
#40	0,425	100,55	100,55	382,79	13,18	50,19	49,81
#100	0,150	135,64	135,64	518,43	17,79	67,98	32,02
#200	0,074	66,04	66,04	534,47	8,66	76,64	23,36
P-#200	0,070	8,41	178,16	762,63	23,36	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		592,88	762,63				
*2: Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>							
A.- Número de la Tara	035	035					
B.- Peso Tara	167,63	167,63					
C.- Peso del suelo húmedo + Tara	976,84	976,84					
D.- Peso del suelo seco + Tara	930,36	930,36					
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	762,73	762,73					
F.- Peso seco de la muestra lavada	592,98	584,57					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	169,75	178,16					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	22,26	23,36					
<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>							
D60	0,75						
D30	0,13						
D10	0,02						
Cu	37,58						
Cc	1,10						
Gráfico							
							



**Cuadro 92: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A**

 <p>Ingenieros De Santis, C.A.</p> <p style="text-align: center;"><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b></p>							
Proyecto: Tesis d grado de Hecby y George							
Ubicación:							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	GB	Feliciano De Santis	MS-17-(9)		15/03/2005		
CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL*1		LP*1	IP*1	Grava	Arena	Finos
2,89	NA		NP	NA	16,39	57,88	25,73
*1: Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A.*2 (gr)	Retenido (%)	Retenido A.*2 (%)	Pasante A.*2 (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,524	17,58	17,58	17,58	4,94	4,94	95,06
#4	4,763	40,72	40,72	58,30	11,45	16,39	83,61
#10	2,000	46,49	46,49	104,79	13,07	29,46	70,54
#20	0,850	57,24	57,24	162,03	16,09	45,55	54,45
#40	0,425	35,21	35,21	197,24	9,90	55,44	44,56
#100	0,150	44,81	44,81	242,06	12,60	68,04	31,96
#200	0,074	22,16	22,16	264,21	6,23	74,27	25,73
P-#200	0,070	2,09	91,54	355,75	25,73	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		266,30	355,75				
*2: Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>							
A.- Número de la Tara	019	019					
B.- Peso Tara	165,34	165,34					
C.- Peso del suelo humedo + Tara	531,37	531,37					
D.- Peso del suelo seco + Tara	521,09	521,09					
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	355,75	355,75					
F.- Peso seco de la muestra lavada	266,30	264,21					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	89,45	91,54					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	25,14	25,73					
<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>							
D60	1,16						
D30	0,12						
D10	0,01						
Cu	80,17						
Cc	0,89						
Gráfico							
							

**Cuadro 93: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A**



**Ingenieros De Santis, C.A.**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)**

Proyecto:					
Ubicación:					
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha
HC/GB	HC	Feliciano De Santis	MS-48-(34)		15/03/2005

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL*1		LP*1	IP*1	Grava	Arena	Finos
3,24	NA		NP	NA	27,44	52,03	20,53

\*1: Referidos a la fracción fina de la muestra

**I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01** **520,21**

Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A.*2 (gr)	Retenido (%)	Retenido A.*2 (%)	Pasante A.*2 (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	19,64	19,64	19,64	3,10	3,10	96,90
¾"	19,050	62,03	62,03	81,67	9,78	12,88	87,12
3/8"	9,524	45,88	45,88	127,55	7,24	20,12	79,88
#4	4,763	46,37	46,37	173,92	7,31	27,44	72,56
#10	2,000	67,48	67,48	241,40	10,64	38,08	61,92
#20	0,850	71,08	71,08	312,48	11,21	49,29	50,71
#40	0,425	54,36	54,36	366,84	8,58	57,87	42,13
#100	0,150	81,62	81,62	448,46	12,88	70,74	29,26
#200	0,074	55,30	55,30	508,76	8,72	79,47	20,53
P-#200	0,070	16,45	130,17	633,93	20,53	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		520,21	633,93				

\*2: Acumulado (A)

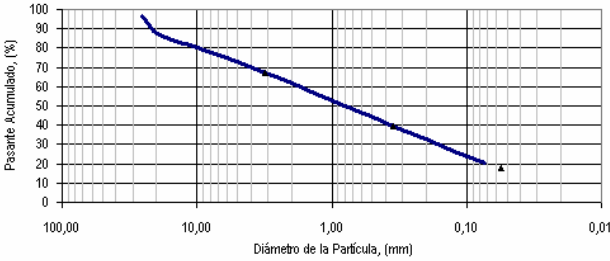
**II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95**

A.- Número de la Tara	007	007
B.- Peso Tara	167,99	167,99
C.- Peso del suelo humedo + Tara	823,77	823,77
D.- Peso del suelo seco + Tara	803,20	803,20
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	635,21	635,21
F.- Peso seco de la muestra lavada	521,49	505,04
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	113,72	130,17
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	17,90	20,49


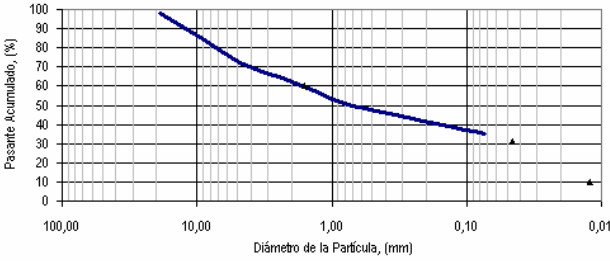
**III.- Coeficientes granulométricos**

D60	3,09
D30	0,35
D10	0,05
Cu	56,23
Cc	0,71


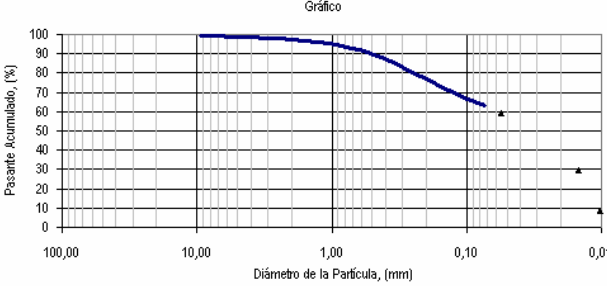
Gráfico




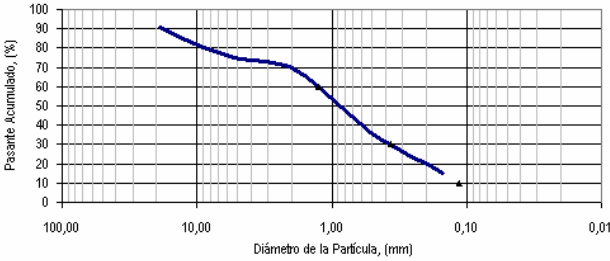
**Cuadro 94:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A

 <p><b>Ingenieros De Santis, C.A.</b></p> <p><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b></p>							
Proyecto: Tesis de grado de Hecby y George							
Ubicación:							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	GB	Feliciano De Santis	MS-81-(44)		09/04/2007		
CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL*1		LP*1	IP*1	Grava	Arena	Finos
17,84	NA		NP	NA	27,89	37,09	35,02
*1: Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A.*2 (gr)	Retenido (%)	Retenido A.*2 (%)	Pasante A.*2 (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	17,06	17,06	17,06	2,00	2,00	98,00
3/8"	9,524	110,00	110,00	127,06	12,89	14,89	85,11
#4	4,763	111,02	111,02	238,08	13,01	27,89	72,11
#10	2,000	85,19	85,19	323,27	9,98	37,87	62,13
#20	0,850	91,73	91,73	415,00	10,75	48,62	51,38
#40	0,425	43,30	43,30	458,30	5,07	53,69	46,31
#100	0,150	55,97	55,97	514,27	6,56	60,25	39,75
#200	0,074	40,43	40,43	534,70	4,74	64,98	35,02
P-#200	0,070	3,68	298,89	853,59	35,02	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		558,38	853,59				
*2: Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>							
A.- Número de la Tara	057	057					
B.- Peso Tara	151,58	151,58					
C.- Peso del suelo humedo + Tara	1.157,73	1.157,73					
D.- Peso del suelo seco + Tara	1.005,43	1.005,43					
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	853,85	853,85					
F.- Peso seco de la muestra lavada	558,64	554,96					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	295,21	298,89					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	34,57	35,00					
<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>							
D60	1,59						
D30	0,05						
D10	0,01						
Cu	130,02						
Cc	0,11						
Gráfico							
							


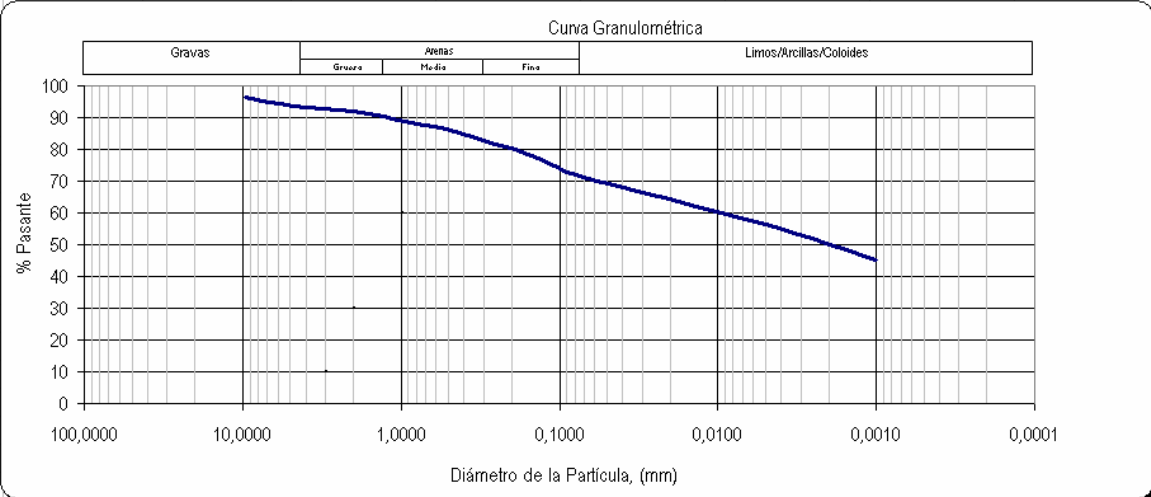
**Cuadro 95: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A**

							
<b>Ingenieros De Santis, C.A.</b>							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b>							
Proyecto: Tesis de grado de Hecby y George							
Ubicación:							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	HC	Feliciano De Santis	MS-36-(24)		09/04/2007		
CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA							
%w (nat.)	LL*1		LP*1	IP*1	Grava	Arena	Finos
9,86	33,39		24,43	8,96	1,63	35,03	63,33
*1: Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A.*2 (gr)	Retenido (%)	Retenido A.*2 (%)	Pasante A.*2 (%)
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,524	5,78	5,78	5,78	0,76	0,76	99,24
#4	4,763	6,64	6,64	12,42	0,87	1,63	98,37
#10	2,000	8,68	8,68	21,10	1,14	2,78	97,22
#20	0,850	24,78	24,78	45,88	3,26	6,04	93,96
#40	0,425	43,00	43,00	88,88	5,66	11,69	88,31
#100	0,150	121,09	121,09	209,97	15,93	27,62	72,38
#200	0,074	68,78	68,78	278,75	9,05	36,67	63,33
P-#200	0,070	3,82	481,48	760,23	63,33	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		282,57	760,23				
*2: Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>				<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>			
A.- Número de la Tara	032	032					
B.- Peso Tara	168,59	168,59					
C.- Peso del suelo humedo + Tara	1.004,22	1.004,22					
D.- Peso del suelo seco + Tara	929,20	929,20					
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	760,61	760,61					
F.- Peso seco de la muestra lavada	282,95	279,13					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	477,66	481,48					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	62,80	63,30					
D60	0,06						
D30	0,01						
D10	0,01						
Cu	5,37						
Cc	0,39						
Gráfico							
							

**Cuadro 96:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A


							
<b>Ingenieros De Santis, C.A.</b>							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b>							
Proyecto: Tesis de grado de Hecby y George							
Ubicación:							
Ensayó: HC/GB	Calculó: GB						
Revisó: Feliciano De Santis	Muestra: MS-39-(27)						
S.U.C.S.	Fecha: 09/04/2007						
<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA</b>							
%w (nat.)	LL*1						
1,31	NA						
LP*1	IP*1						
NP	NA						
Grava	Arena						
25,95	64,72						
Finos	9,32						
*1: Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
<b>Nº Tamiz</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Retenido Tamizado</b>	<b>Retenido (gr)</b>	<b>Retenido A.*2 (gr)</b>	<b>Retenido (%)</b>	<b>Retenido A.*2 (%)</b>	<b>Pasante A.*2 (%)</b>
1½"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,050	40,79	40,79	40,79	9,05	9,05	90,95
3/8"	9,524	46,67	46,67	87,46	10,36	19,41	80,59
#4	4,763	29,49	29,49	116,95	6,54	25,95	74,05
#10	2,000	20,35	20,35	137,30	4,52	30,47	69,53
#20	0,850	90,89	90,89	228,19	20,17	50,64	49,36
#40	0,425	77,10	77,10	305,29	17,11	67,74	32,26
#100	0,150	77,71	77,71	383,00	17,24	84,99	15,01
#200	0,074	25,63	25,63	408,63	5,69	90,68	9,32
P-#200	0,070	6,46	42,02	450,65	9,32	100,00	0,00
Peso de la Muestra (gr)		415,09	450,65				
				*2: Acumulado (A)			
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>		<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>					
A.- Número de la Tara	005	005					
B.- Peso Tara	163,98	163,98					
C.- Peso del suelo humedo + Tara	620,85	620,85					
D.- Peso del suelo seco + Tara	614,95	614,95					
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	450,97	450,97					
F.- Peso seco de la muestra lavada	415,41	408,95					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	35,56	42,02					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	7,89	9,32					
D60	1,25						
D30	0,37						
D10	0,11						
Cu	11,09						
Cc	0,96						
<b>Gráfico</b>							
							

**Cuadro 97: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A**

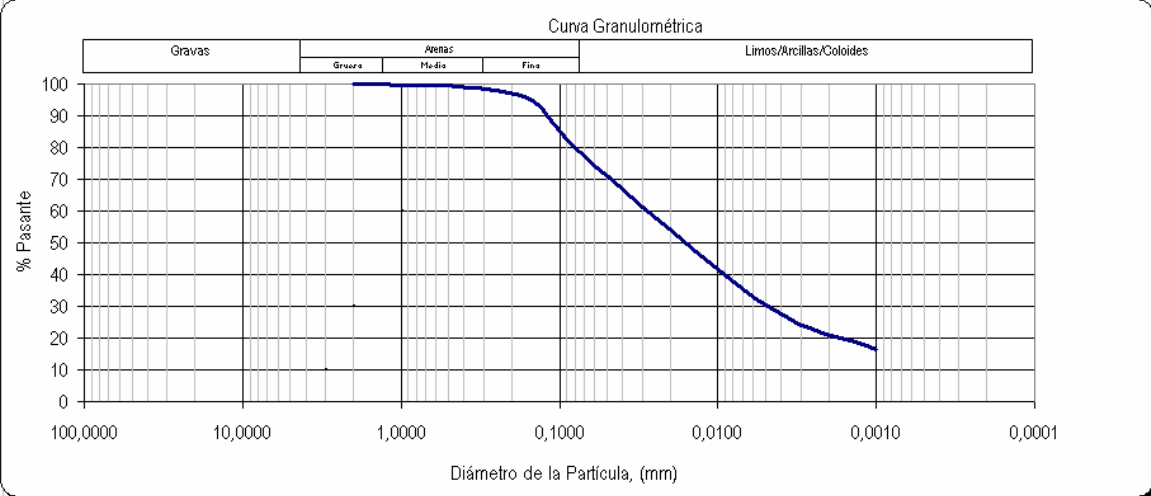
 <b>INGENIEROS DE SANTIS, C. A.</b> DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO								
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b>								
Proyecto:								
Ubicación:								
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha			
HC/GB	HC	F.DE SANTIS	MS-58-(40)					
<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA</b>								
%w (nat.)	LL <sup>*1</sup>	LP <sup>*1</sup>	IP <sup>*1</sup>	Grava	Arena	Finos		
7,94	36,58	21,67	14,91	6,39	22,18	71,43		
<sup>*1</sup> : Referidos a la fracción fina de la muestra								
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>								
Nº Tamiz	Diámetro	Retenido	Retenido	Retenido A <sup>*2</sup>	Retenido	Retenido A <sup>*2</sup>	Pasante A <sup>*2</sup>	
	(mm)	Tamizado	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)	
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/8"	9,524	28,36	28,36	28,36	3,62	3,62	96,38	
#4	4,763	21,71	21,71	50,07	2,77	6,39	93,61	
#10	2,000	13,12	13,12	63,19	1,68	8,07	91,93	
#20	0,850	28,18	28,18	91,37	3,60	11,67	88,33	
#40	0,425	23,61	23,61	114,98	3,01	14,68	85,32	
#100	0,150	57,03	57,03	172,01	7,28	21,96	78,04	
#200	0,074	51,78	51,78	223,79	6,61	28,57	71,43	
Limos	0,005	118,21	DETERMINACIÓN HECHA POR HIDROMETRÍA			15,09	43,67	56,33
Arcillas	0,001	88,29				11,27	54,94	45,06
Coloides	< 0,001	352,89				45,06	100,00	0,00
Pasante #200		1,27	559,39	783,18	71,43	100,00	0,00	
Peso de la Muestra (granulometría)(gr)		225,06	783,18					
<sup>*2</sup> : Acumulado (A)								
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>				<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>				
A.- Número de la Tara	052	052			D60	-		
B.- Peso Tara	153,94	153,94			D30	-		
C.- Peso del suelo húmedo + Tara	999,27	999,27			D10	-		
D.- Peso del suelo seco + Tara	937,12	937,12			Cu	-		
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	783,18	783,18			Cc	-		
F.- Peso seco de la muestra lavada	225,06	223,79						
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	558,12	559,39						
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	71,26	71,43						
<b>Curva Granulométrica</b>								
								

Página 1

**Cuadro 98: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis, C.A**

 <b>INGENIEROS DE SANTIS, C. A.</b> DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C 136-96a)</b>							
Proyecto:	Tesis de Hecby						
Ubicación:							
Ensayó	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha		
HC/GB	HC	F. De Santis	MS - 85 (47)				
<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MUESTRA</b>							
%w (nat.)	LL <sup>*1</sup>	LP <sup>*1</sup>	IP <sup>*1</sup>	Grava	Arena	Finos	
15,76	NA	NP	NA	0,00	21,53	78,47	
*1. Referidos a la fracción fina de la muestra							
<b>I.- Análisis granulométrico por Tamizado, ASTM C136-01</b>							
Nº Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido Tamizado	Retenido (gr)	Retenido A <sup>*2</sup> (gr)	Retenido (%)	Retenido A <sup>*2</sup> (%)	Pasante A <sup>*2</sup> (%)
#4	4,763	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,000	0,28	0,28	0,28	0,04	0,04	99,96
#20	0,850	2,16	2,16	2,44	0,32	0,37	99,63
#40	0,425	2,89	2,89	5,33	0,43	0,80	99,20
#100	0,150	28,66	28,66	33,99	4,30	5,10	94,90
#200	0,074	109,51	109,51	143,50	16,43	21,53	78,47
Limos	0,005	320,55	DETERMINACIÓN HECHA POR HIDROMETRÍA		48,09	69,62	30,38
Arcillas	0,001	94,28			14,14	83,76	16,24
Coloides	< 0,001	108,21			16,24	100,00	0,00
Pasante #200		27,58	523,04	666,54	78,47	100,00	0,00
Peso de la Muestra (granulometría) (gr)		171,08	666,54				
*2. Acumulado (A)							
<b>II.- Análisis granulométrico por Lavado, ASTM C117-95</b>				<b>III.- Coeficientes granulométricos</b>			
A.- Número de la Tara	038	038		D60	-		
B.- Peso Tara	166,04	166,04		D30	-		
C.- Peso del suelo humedo + Tara	938,00	938,00		D10	-		
D.- Peso del suelo seco + Tara	832,92	832,92		Cu	-		
E.- Peso neto del suelo, (D - B)	666,88	666,88		Cc	-		
F.- Peso seco de la muestra lavada	171,42	143,84					
G.- Peso de la muestra Pasa 200, (E - F)	495,46	523,04					
H.- % Pasa 200, ((G x 100) / E)	74,30	78,43					

**Curva Granulométrica**



**Cuadro 99:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis C.A.

**Ingenieros De Santis, C.A.**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

<b>Proyecto:</b>	Integración cartográfica geológica y geotécnica de una zona ubicada en Antimano		
<b>Ubicación:</b>	Antimano		
<b>Ensayado por:</b>	Hecby y George	<b>Revisado por:</b>	Ing. Feliciano De Santis
<b>Calculado por:</b>	Mariela Urbina	<b>Fecha:</b>	Abril de 2007

**Resultados de los ensayos de densidad mediante el Método de la Parafina  
En Suelo**

Muestra	Peso Muestra (gr) A	Peso Muestra + Parafina (gr) (en aire) D	Peso Muestra + Parafina (gr) (en agua) E	Volumen Muestra + Parafina (cm <sup>3</sup> )	Peso Parafina (gr)	Volumen Parafina (cm <sup>3</sup> )	Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Gravedad Esp. ASTM	Densidad Esp. ASTM
MS 17 (9)	33,11	38,62	17,90	20,72	5,51	6,19	14,53	2,279	2,290	2,283
MS 94 (46)	50,11	55,68	25,21	30,47	5,57	6,26	24,21	2,070	2,076	2,070
MS 14 (7)	78,18	85,10	37,78	47,32	6,92	7,78	39,54	1,977	1,981	1,975
MS 18 (10)	46,93	58,04	23,25	34,79	9,11	10,24	24,55	1,993	2,002	1,996
MS 26 (16)	42,58	48,82	14,67	34,15	6,24	7,01	27,14	1,569	1,574	1,569
MS 39 (22)	22,15	26,11	10,52	15,59	3,96	4,46	11,14	1,988	1,997	1,991
MS 81 (44)	51,42	59,73	25,14	34,59	8,31	9,34	25,25	2,036	2,045	2,039

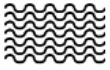
Gravedad Especifica de la Parafina : Método ASTM D 1188

0,88

Gravedad Esp. ASTM =  $A / (D - E - ((D - A) / F))$   
Densidad ASTM = Grav Esp x 0.997



**Cuadro 100:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis C.A.

 <p>Ingenieros De Santis, C.A.</p> <p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS POR PICNÓMETRO (ASTM D 854-00)</b></p>									
<b>Proyecto:</b> Integración cartográfica, geológica y geotécnica de Antimano				<b>Procedencia:</b> Antimano-Distrito Capital				<b>Fecha:</b> mayo 11, 2007	
<b>Ensayado por:</b> Hecky y George			<b>Calculado por:</b> Mariela Urbina			<b>Revisado por:</b> Ing. Feliciano De Santis			
Muestra	Balón	Peso Sólidos	Peso Esp. Agua	Pic.+su+agua	Peso Matraz	Pic+agua	Peso M+agua	Volumen Agua	Peso Especifico
MS-94-(48)	4	111,97	0,9989	800,97	232,95	730,50	568,02	456,05	2,695
MS-85-(47)	18	100,08	0,9989	801,05	239,51	737,47	561,54	461,46	2,739
MS-82-(45)	14	100,46	0,9989	803,98	241,78	739,61	562,20	461,74	2,781
MS-32-(18)	16	100,08	0,9989	800,95	239,37	737,43	561,58	461,5	2,734
MS-36-(24)	17	50,31	0,9989	767,67	236,37	735,68	531,30	480,99	2,743
MS-58-(40)	15	50,26	0,9989	771,45	241,66	739,60	529,79	479,53	2,727



Ingenieros De Santis, C.A.

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

Proyecto:	Antimano		
Procedencia:	Antimano	Distrito Capital	
Fosa o Perforación N°:			
Muestra N°:	MS-36-(24)	Profundidad:	
Fecha ensayo:	09/05/2007	Ensayó:	HC/GB
Calculó:	Mariela Urbina	Revisó:	FDS

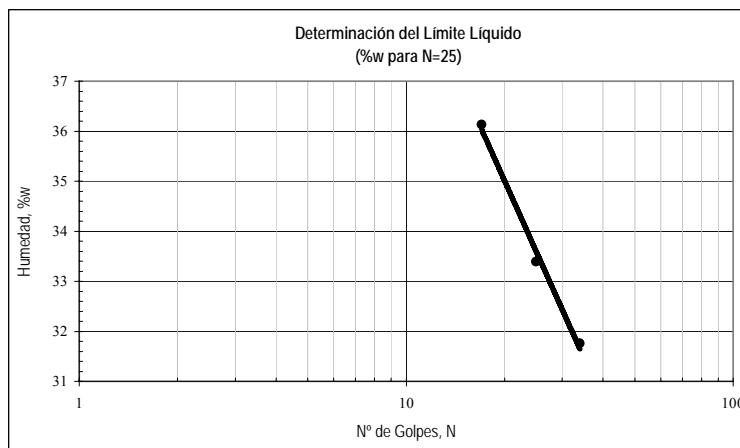
RESUMEN			
Lim. Liq.	Lim. Plast.	Ind. Plast.	Calcareo
33,39	24,43	8,96	
Lim. Encog.	Valor B	Ind. de Flu.	Ind. de Resist.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tara N°	158	037
3) Peso de la Tara	25,85	28,07
4) Peso húmedo + Tara	33,21	34,05
5) Peso seco + tara	31,76	32,88
6) Peso del agua (4-5)	1,45	1,17
7) Peso neto seco (5-3)	5,91	4,81
8) % de humedad (100 x 6/7)	24,53	24,32

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

LE = W% [(V-Vo)/Wo x 100]

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO						
1) Determinación N°	1	2	3	4	5	6
2) Número de golpes	17	25	34			
3) Tara N°	201	306	254			
4) Peso de la Tara	21,25	22,35	22,50			
5) Peso húmedo + Tara	30,18	30,06	30,30			
6) Peso seco + Tara	27,81	28,13	28,42			
7) Peso del agua (5-6)	2,37	1,93	1,88			
8) Peso neto seco (6-4)	6,56	5,78	5,92			
9) % de humedad (100 x 7/8)	36,13	33,39	31,76			





Ingenieros De Santis, C.A.

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

Proyecto:	Antimano		
Procedencia:	Antimano Distrito Capital		
Fosa o Perforación N°:			
Muestra N°:	MS-58-(40)	Profundidad:	
Fecha ensayo:	09/05/2007	Ensayó:	HC/GB
Calculó:	Mariela Urbina	Revisó:	FDS

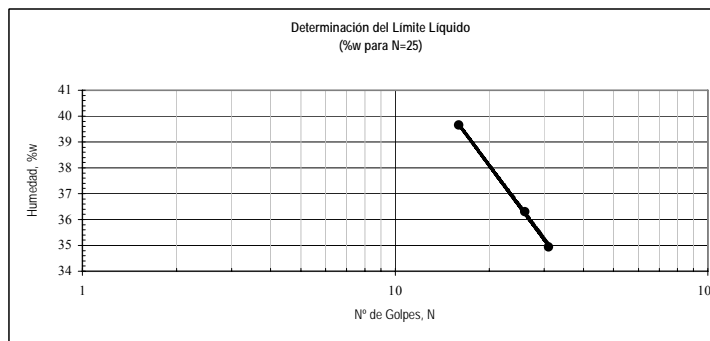
RESUMEN			
Lim. Liq.	Lim. Plast.	Ind. Plast.	Calcareo
36,58	21,67	14,91	
Lim. Encog.	Valor B	Ind. de Flu.	Ind. de Resist.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO		
1) Determinación N°	1	2
2) Tara N°	107	233
3) Peso de la Tara	28,23	26,20
4) Peso húmedo + Tara	34,07	31,65
5) Peso seco + tara	33,04	30,67
6) Peso del agua (4-5)	1,03	0,98
7) Peso neto seco (5-3)	4,81	4,47
8) % de humedad (100 x 6/7)	21,41	21,92

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

LE = W% [(V-Vo)/Wo x 100]

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO						
1) Determinación N°	1	2	3	4	5	6
2) Número de golpes	16	26	31			
3) Tara N°	180	073	203			
4) Peso de la Tara	26,43	27,31	27,49			
5) Peso húmedo + Tara	34,60	35,57	32,24			
6) Peso seco + Tara	32,28	33,37	31,01			
7) Peso del agua (5-6)	2,32	2,20	1,23			
8) Peso neto seco (6-4)	5,85	6,06	3,52			
9) % de humedad (100 x 7/8)	39,66	36,30	34,94			



**Cuadro 103: Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis C.A.**

**INGENIEROS DE SANTIS, C. A.**  
**DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD**  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE HIDROMETRIA ASTM - 422 - 68(1998)

Proyecto: Tesis de Hechby					
Ubicación:					
Ensayo:	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha
AP/MU	MU	F. De Santis	MS - 58 (40)		15/05/2007

**I. Datos iniciales del hidrómetro y constantes de corrección**

Peso de la muestra (g):	50.13	Hidrómetro:	152H	Serial del hidrómetro:	277725
Masa total corregida por humedad (g)	50.13	P. Especifico:	2.727	Humedad (%):	0
Constante "K"	0.01208	Corr. P. Esp. (a)	0.99	% Pas. Tamiz #10	100.00

**II. Lecturas del Hidrómetro**

TIEMPO (min) (T)	TEMP. (°C)	LECTURA HIDROMETRO	LECTURA CORREGIDA (R)	Prof. Efectiva	DIAM. PARTICULA (mm)	% SUSPENSION ACUMULADO
2	28	36	39.50	10.40	0.02755	77.64
5	28	34	37.50	10.70	0.01767	73.71
15	28	34	37.50	10.70	0.01020	73.71
30	28	33	36.50	10.90	0.00728	71.75
60	28	31	34.50	11.20	0.00522	67.82
120	28	29	32.50	11.50	0.00374	63.88
250	28	28	31.50	11.70	0.00261	61.92
1440	29	25	28.19	12.20	0.00111	55.41

**III. Granulometría de la muestra**

Tamiz	Díametro (mm)	Retenido muestra (g)	% Masa ensayo seca
#10	2.0000	0	
#20	0.8500	1.9	3.79
#40	0.0425	1.71	3.41
#200	0.0750	8.09	16.14
P.200	<0.075	0.07	0.14
P.200 lev	<0.075	38.38	76.52
Masa total ensayo		50.13	100.00

**IV. Determinación de proporción granulométrica de la muestra**

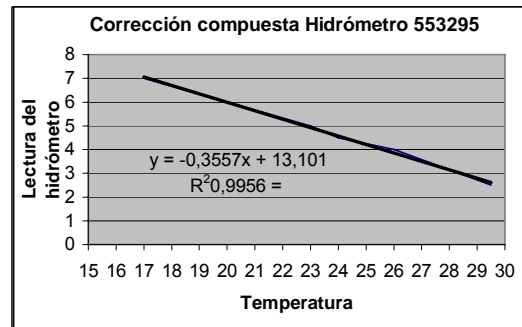
Fración fina	Desde (m)	Hasta (m)	% Suspensión acumulada	% Neto de partículas
Arenas	2.000	0.075	100.00	23.34
Limos	0.074	0.005	83.20	16.20
Arcillas	0.005	0.001	67.00	12.10
Coloides	0.001	>0.001	54.90	48.36
			<b>100.00</b>	

**Lecturas del Hidrómetro**

**Cuadro 104:** Corrección compuesta

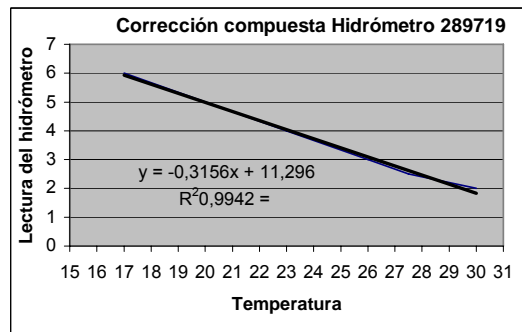
**Hidrometro 1: 553295**

T	Corrección Compuesta
17	7
23	5
24	4,5
26	4
29,5	2,5
T ?	Corrección Compuesta
26	3,8528



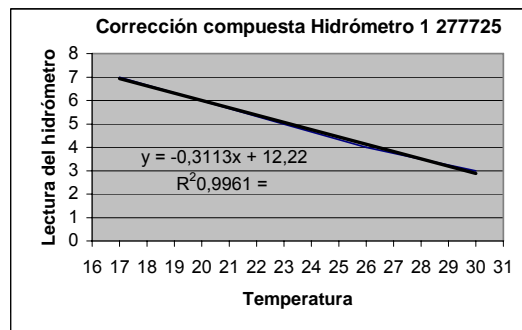
**Hidrometro 2: 289719**

T	Corrección Compuesta
17	6
23	4
26	3
27,5	2,5
30	2
T ?	Corrección Compuesta
26	3,0904



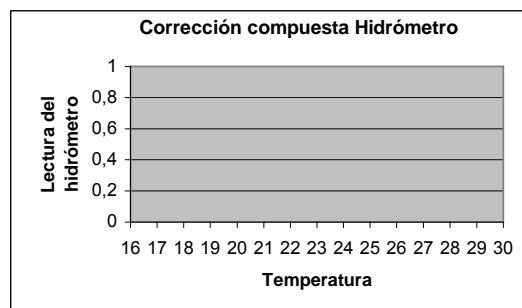
**Hidrometro3: 277725**

T	Corrección Compuesta
17	7
23	5
26	4
28	3,5
30	3
T ?	Corrección Compuesta
25	4,4375



**Hidrometro4: 95250**

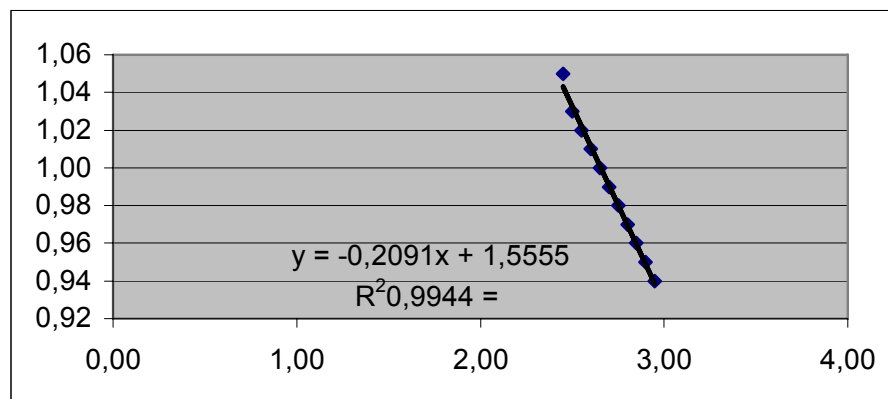
T	Corrección Compuesta
T ?	Corrección Compuesta
25	




Cuadro 105: Factor de corrección

**FACTOR DE CORRECCIÓN (a)**

Gravedad específica	Factor de corrección (a)
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05



**Cuadro 106:** Planilla de obtención de información proporcionada por Ingenieros De Santis C.A.

 <b>INGENIEROS DE SANTIS, C. A.</b> DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
ENSAYO DE HIDROMETRIA ASTM - 422 - 68(1998)					
Proyecto: Tesis de Hechby					
Ubicación:					
Ensayo:	Calculó	Revisó	Muestra	S.U.C.S.	Fecha
AP/NU	MU	F. De Santis	MS - 85 (47)		15/05/2007

I. Datos iniciales del hidrómetro y constantes de corrección

Peso de la muestra (g):	50.11	Hidrómetro:	152H	Serial del hidrómetro:	277725
Masa total corregida por humedad (g)	50.11	P. Especifico:	2.739	Humedad (%):	0
Constante "K"	0.01208	Corr. P. Esp. (a)	0.98	% Pas. Tamiz #10	100.00

II. Lecturas del Hidrómetro

TIEMPO (min) (T)	TEMP. (°C)	LECTURA HIDROMETRO	LECTURA CORREGIDA (R)	Prot. Efectiva	DIAM. PARTICULA (mm)	% SUSPENSION ACUMULADO
2	28	31	34.50	11.20	0.02859	67.67
5	28	26	29.50	12.00	0.01871	57.86
15	28	22	25.50	12.70	0.01112	50.02
30	28	19	22.50	13.20	0.00801	44.13
60	28	16	19.50	13.70	0.00577	38.25
120	28	15	18.50	13.80	0.00410	36.29
250	27	13	16.81	14.20	0.00288	32.98
1440	29	10	13.19	14.70	0.00122	25.87

III. Granulometría de la muestra

Tamiz	Diámetro (mm)	Retenido muestra (g)	% Masa ensayo seca
#10	2.0000	0	
#20	0.8500	0.11	0.22
#40	0.0425	0.16	0.32
#200	0.0750	12.31	24.57
P.200	<0.075	1.08	2.16
P.200 lev	<0.075	36.45	72.74
Masa total ensayo		50.11	100.00

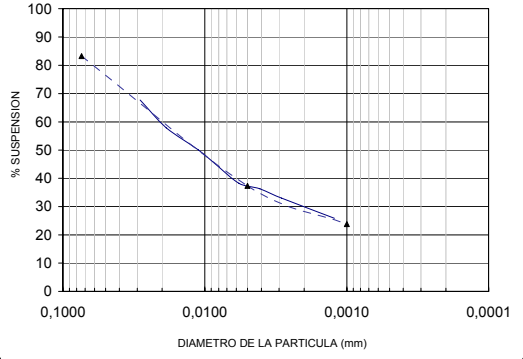
  

IV. Determinación de proporción granulométrica de la muestra

Fración fina	Desde (m)	Hasta (m)	% Suspensión acumulada	% Neto de partículas
Arenas	2.000	0.075	100.00	25.10
Limos	0.074	0.005	83.20	45.90
Arcillas	0.005	0.001	37.30	13.50
Coloides	0.001	>0.001	23.80	15.50
				<b>100.00</b>

**Lecturas del Hidrómetro**



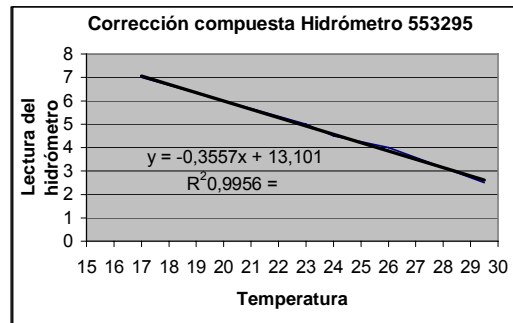
DIAMETRO DE LA PARTICULA (mm)

Cuadro 107: Corrección compuesta

**Hidrometro 1: 553295**

T	Corrección Compuesta
17	7
23	5
24	4,5
26	4
29,5	2,5

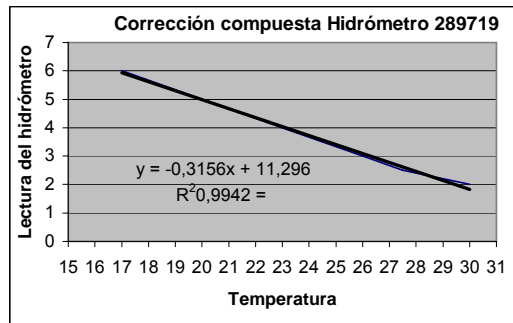
T ?	Corrección Compuesta
26	3,8528



**Hidrometro 2: 289719**

T	Corrección Compuesta
17	6
23	4
26	3
27,5	2,5
30	2

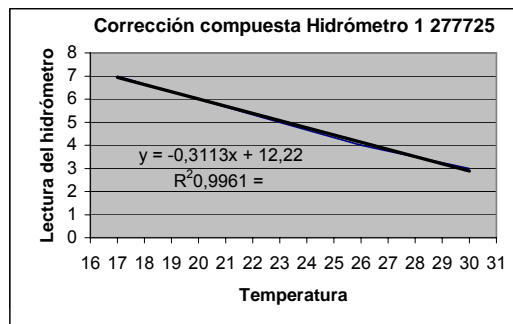
T ?	Corrección Compuesta
26	3,0904



**Hidrometro3: 277725**

T	Corrección Compuesta
17	7
23	5
26	4
28	3,5
30	3

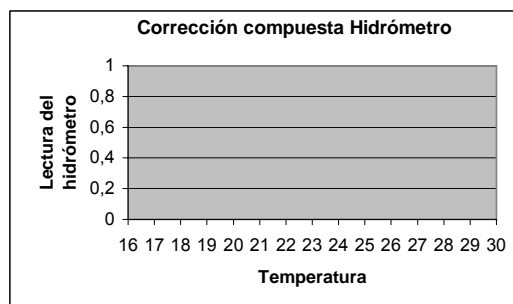
T ?	Corrección Compuesta
25	4,4375



**Hidrometro4: 95250**

T	Corrección Compuesta

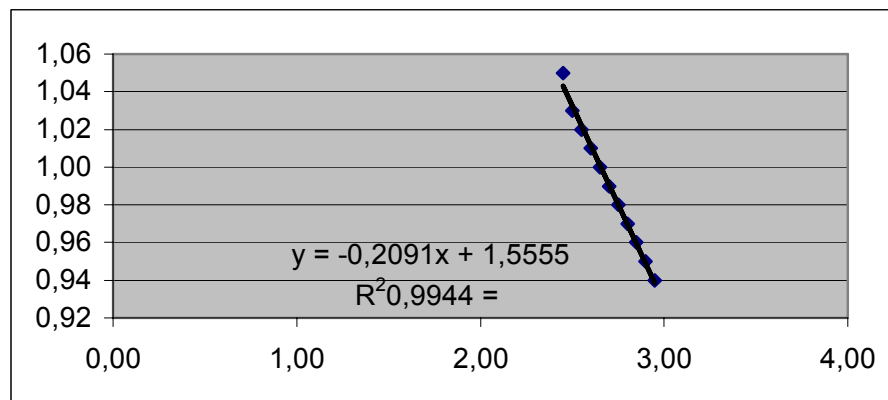
T ?	Corrección Compuesta
25	





**Cuadro 108: Factor de corrección****FACTOR DE CORRECCIÓN (a)**

Gravedad específica	Factor de corrección (a)
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05



### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la finalidad de realizar el análisis de la susceptibilidad, se tomaron y se vincularon todos los resultados de ensayos en laboratorio y la relación entre los factores condicionantes, además de acotar los procesos de remoción en masa y erosión hídrica.

Las unidades informales definidas permitieron identificar y cuantificar los grados de susceptibilidad y la relación entre cada factor, es por esta razón que el análisis se hizo por unidad.

*La unidad de depósitos coluviales (UQcol):* En la zona de estudio, la unidad se presentó muy heterogénea, pero todos los coluvios encontrados tienen parámetros en común. La granulometría es en promedio G=21.61%, S=58.65% y se encuentran sueltos y con contenido de humedad natural de 5 a 8%, la fracción de finos del cual están constituidos alcanza aproximadamente el 20%.(Ver cuadro 109).

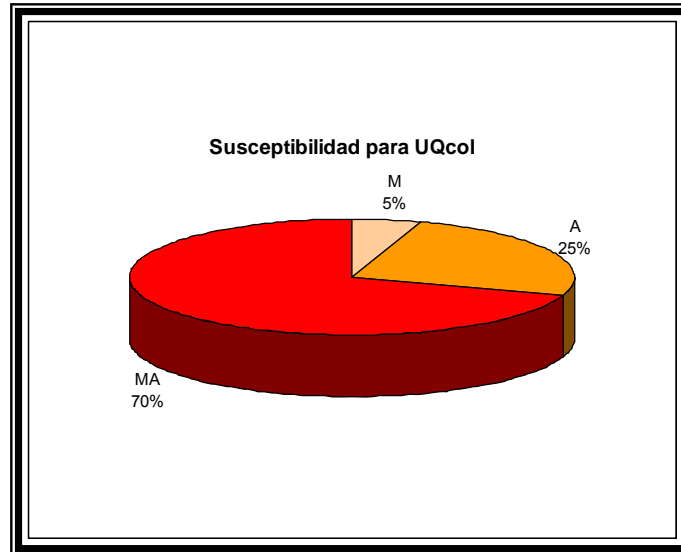
Muestra tomada	% G	%S	%F
MS-17(9)	16.39	57.88	25.73
MS-40(28)	16.67	59.97	23.36
MS-39(27)	25.95	64.72	9.32
MS-48(34)	27.44	52.03	20.53
PROMEDIO	21.61	58.65	20.53

*Cuadro 109: Granulometría promedio de UQcol*

Esta mezcla de materiales semiconsolidados aunado al contenido de arcillas, hacen de esta unidad muy susceptible a deslizamientos tanto translacionales como rotacionales; pues la baja consistencia del material pudiera permitir la infiltración del agua facilitando el cambio de estado de las arcillas, permitiendo que el material se comporte de manera plástica. Es por esto que, luego de haberse iniciado el movimiento, ya la fracción de gravas que pudiera existir no impedirá el flujo; pues los contactos intergranulares no son tan efectivos.

La escasa vegetación presente, impide la retención del material, además minimiza la protección contra la acción de las posibles lluvias y expone además el suelo al interperismo el cual acelera el proceso de separación de los granos.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de UQcol. Figura:61.



*Fig. 61: Susceptibilidad para UQcol*

*La unidad de depósitos aluviales (UQal):* En la zona de estudio, se presentó de forma estratiforme horizontal, es anisotrópica en su composición: G=11, 54%, S=44.31% y F=44.15%.

La permeabilidad que presenta es alta y el porcentaje de finos que contiene son limos de baja plasticidad.

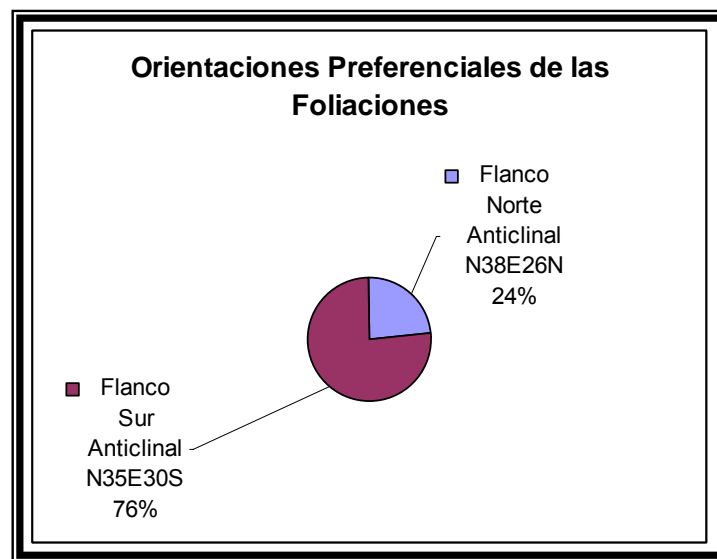
La pendiente en la que se encuentra esta unidad es muy suave por lo que la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa es baja. Sin embargo, en las cercanías inmediata del drenaje principal, en los flancos del valle, la pendiente es fuerte, como consecuencia de esto, está expuesta a fenómenos erosivos como surcos y acarcavamientos, y en algunos casos a caídas de detritos.

*La Unidad de Esquisto Cuarzo Moscovítico:* La unidad con mayor inestabilidad dentro de la zona de estudio, pues los procesos de remoción en masa están asociados con deslizamientos

traslacionales y rotacionales, flujo de suelos, flujo de detritos y flujo de rocas, mientras que la erosión hídrica se vincula a la erosión laminar, en surcos y en cárcavas.

Su inestabilidad está influenciada por la relación existente del factor litológico con los factores pendiente, vegetación y cinemática.

La litología presenta un buen desarrollo de la foliación cuya dirección promedio es N38E26N en el flanco norte del anticlinal y N35E30S en el flanco sur del anticlinal, vetas y lentes de cuarzo, de tamaño mediano a grande (cm) frecuentemente en lentes de 5 a 50 cm paralelos a la foliación, muy angulosos a subangulosos. (Ver figura.62). La foliación es rugosa, las diaclasas no se encuentran tan separadas (0.2 – 0.6)m con abertura de 0.1m a 1mm ligeramente rugosa y con bordes moderadamente meteorizados con las puntas descolorida y relleno blando en su mayoría. Es una roca de clase III a IV, es decir, roca media a mala de ángulo de fricción de 15° a 35° y una resistencia de 200-1000 k/cm<sup>2</sup>.



*Fig. 62: Porcentaje de orientaciones promedio de foliaciones en la UEQM*

La geología de la unidad muestra en esencia un comportamiento mecánico moderado. El buen desarrollo de la foliación y la rugosidad de la misma permite la trabazón entre la unidad, los granos angulosos sumado al peso específico de los esquistos (2.5-2.8 González de Vallejo 2004) generan resistencia al movimiento. Se comprobó que un mayor contenido en cuarzo de los esquistos genera más estabilidad al macizo.

La separación de las diaclasas limita el desprendimiento de los bloques en un tamaño moderado. Sin embargo una de las principales características de la unidad es el elevado grado de buzamiento de las diaclasas, que en muchos casos es vertical, esto hace más susceptible a los deslizamientos y fallamientos.

Las pendientes entre los 15°-70° exponen la litología a factores detonantes (pluviométricos), aumentando la humedad cuando está desprovista de vegetación. La estabilidad para estas pendientes es efectiva cuando la cobertura vegetal es densa (V5, V4 y V3).

Para V3, los relieves suelen ser cóncavos hacia arriba, mientras para V4 y V5 son cóncavos hacia abajo. De esta forma, la vegetación actúa como aislante en la reacción entre las arcillas y el contenido de agua. La presencia de humedad en este tipo de material es de suma importancia, por esta razón el factor pendiente y vegetación tienen gran influencia para la estabilidad.

La densidad de la cobertura vegetal V1 y V2, no ofrece protección al suelo con respecto al contenido de humedad.

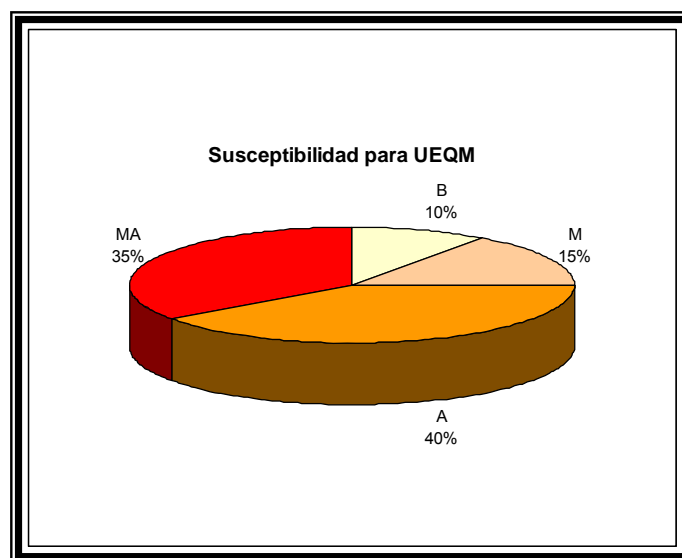
La granulometría es en promedio G=27.69%, S=44.18%. (Ver cuadro 110).

Muestra tomada	% G	%S	%F
MS-20(12)	54.92	26.76	18.32
MS-39(22)	25.95	64.72	9.32
MS-36(24)	1.63	35.03	63.33
MS-12(2)	28.26	50.22	21.53
PROMEDIO	27.69	44.18	28.12

*Cuadro 110: Valores de granulometría en estaciones de UEQM*

Los resultados de los ensayos de granulometría muestran que el suelo generado es gradado SW, arenoso con buen contenido en material fino.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de UEQM. Figura:63.



*Fig. 63: Susceptibilidad para UEQM*

*La Unidad de Esquisto Calcítico Cuarzo Muscovítico Grafítico (UECQMG):* Las rocas de esta unidad presentan un grado de meteorización moderado, con escasos espesores de suelos residuales. Presentan pequeñas vetas de calcita y grafito, son esquistos de granos medios a gruesos. Presentan foliaciones bien desarrolladas y diaclasas. Los taludes con esta litología se presentan con dos sistemas de discontinuidades, con superficies rugosas, aberturas de 1mm aproximadamente, rellenos blandos y bordes de ligeramente meteorizados a meteorizados.

La granulometría es en promedio G=13,14%, S=34,31%. (Ver cuadro 111).

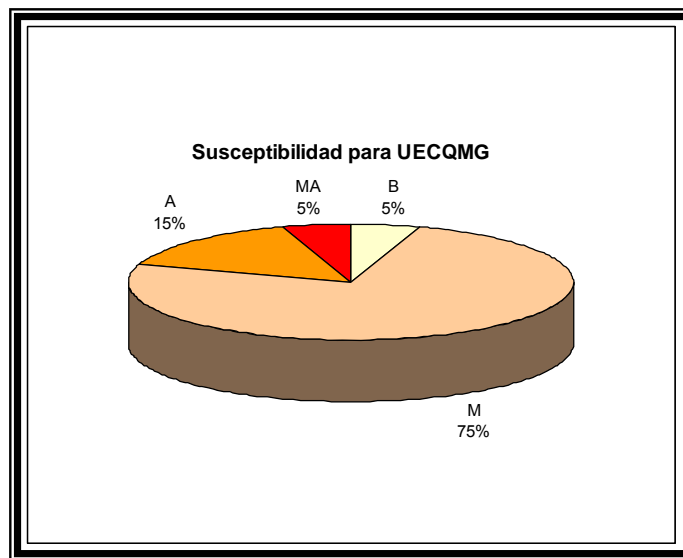
Muestra tomada	% G	%S	%F
MS-81(44)	27.89	37.09	35.02
MS-82(45)	11.54	44.31	44.15
MS-85(47)	0	21.53	78.47
PROMEDIO	13.14	34.31	52.55

*Cuadro 111: Promedio de granulometría en UECQMG*

La cinemática de la unidad favorece la estabilidad hacia los flancos nortes de la zona pues están en contrapuesta a las estructuras. Mientras que hacia los flancos sur, son desfavorables.

La vegetación V-1 ejerce un efecto negativo en la zona pues facilita el lavado de los materiales finos y la exposición a los factores detonantes.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de UECQMG. Figura:64.



*Fig. 64: Susceptibilidad para UECMQG*

*La Unidad de Anfibolita:* Es una unidad muy resistente, la expresión morfológica son fragmentos muy angulosos y masivos, es carente de foliación más presenta 3 sistemas de diaclasas muy separadas, con persistencia entre 1 a 3m, muy abiertas, lisas, con relleno blando o sin relleno y bordes ligeramente meteorizados.

La susceptibilidad a los movimientos en esta unidad está controlada por los parámetros Pendiente y cinemática.

La pendiente del terreno se encuentra entre los 18-45° lo que entra dentro del rango de estabilidad pues el ángulo de fricción interna es aproximadamente 40°, una pendiente cercana a los 20 ° expone a la unidad a los factores detonantes como la lluvia pudiendo generar lavado finos a través de las discontinuidades.

El perfil de meteorización que genera es bajo con una escasa vegetación lo que expone a esta unidad al interperismo, con fenómenos de erosión y meteorización. Es por ello que la susceptibilidad es media en su mayoría (60%) el resto es Alta (40%).

*La Unidad de Anfibolita Granatífera:* Es una unidad muy resistente, la expresión morfológica son fragmentos muy angulosos y masivos es carente de foliación más presenta 3 sistemas de diaclasas muy separadas, con persistencia entre 1 a 3m, muy abiertas, lisas, con relleno blando o sin relleno y bordes ligeramente meteorizados. Es una roca no foliada muy resistente a la compresión (R5 ISRM78), los sistemas de diaclasas que presentan son de buzamiento muy alto.

La susceptibilidad de la unidad está condicionada a los parámetros de la cinemática y la litología.

El espaciamiento de las diaclasas y la persistencia permiten el fracturamiento del macizo en grandes bloques. El alto buzamiento de la diaclasa ocasiona desprendimiento de dichos bloques por volcamiento. Por ello la susceptibilidad es moderada.

*La Unidad de Mármol:* La unidad de mármol presenta un macizo rocoso resistente de muy buena calidad geotécnica. En general el grado de meteorización es bajo o moderado. El macizo se encuentra ligeramente fracturado.

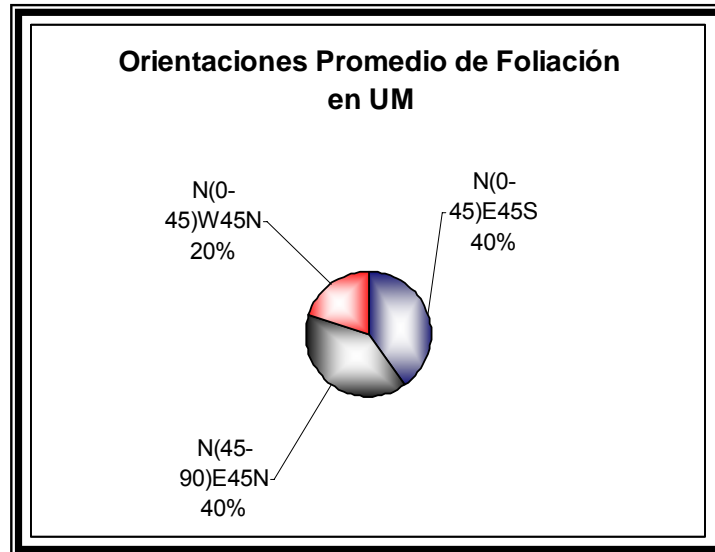
Su inestabilidad está influenciada por la relación existente del factor litológico con los factores pendiente, vegetación y cinemática.

La unidad completa que incluye al mármol con las intercalaciones de Esquistos Calcíticos presenta un comportamiento medio a la resistencia a la compresión, su ángulo de fricción interno varía entre 25 a 40°, y la dirección de la foliación de los esquistos es hacia el sur.( Ver figura.65). Esto limita la cinemática de la zona en favorable en las laderas que están en contracuesta y en desfavorable a las laderas que están en cuesta.

Los ensayos realizados a las muestras de suelo MS-58(40) y MS-94(48) indican un alto contenido de finos en el perfil de meteorización %F>50 con plasticidad baja. La humedad natural

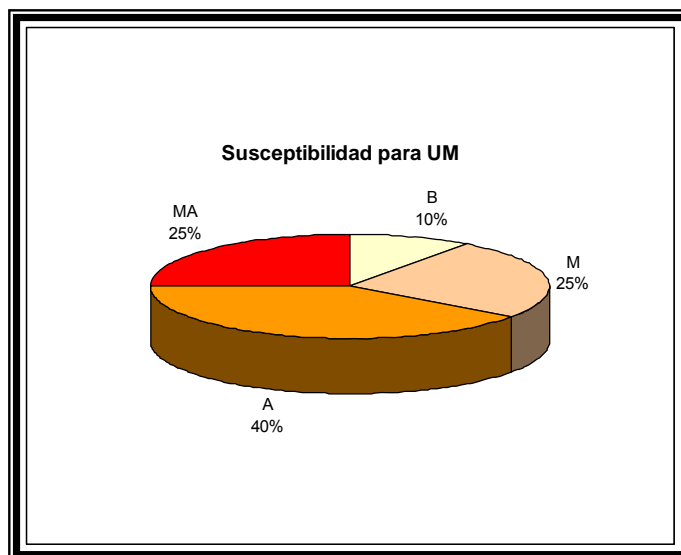


está en 8% que está muy alejado del límite líquido =  $Wl=33.39\%$  por lo que el suelo para la toma de muestra estaba en estado semisólido estable. La vegetación presente está entre modificada y moderada por lo que la protección del suelo es media.



*Fig. 65: Orientaciones promedio de foliación en UM*

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de UM.Figura.66.



*Fig. 66: Susceptibilidad para UM*

## **CONCLUSIONES**

Como conclusión, primeramente se pudo observar que la metodología se ajusta en buena medida con el estado de las unidades de trabajo, ya que por una parte se logran contrastar aquellas unidades más susceptibles a movimientos en masa con las que presentan mayor estabilidad; y por otra parte, porque estos resultados entran en correspondencia con la influencia de las variables escogidas en la metodología para cada una de las unidades estudiadas.

Se encontraron 2 unidades geomorfológicas en la zona, una de montañas de tope acolinado que abarca el 80% de la zona, que está siendo afectada por los procesos destructivos de remoción en masa, los cuales en conjunto con el clima tropical, y la vegetación le han dado el modelado actual.

La siguiente unidad de valle amplio, está siendo afectada por ambas categorías de procesos deformadores y creadores. Los procesos creadores se pueden inferir por su geometría plana y su contenido litológico, principalmente bloques de esquisto, mármol, arenas limosas, y arcillas. En contraste, los procesos destructivos se expresan mediante la erosión en surco y cárcavas en las orillas del valle.

Se pudo determinar que la Unidad de esquisto Cuarzo Moscovítico UEQM es la unidad en la que se localizan mayores variaciones en los estados de susceptibilidad. Esto obedece en parte a la calidad media de la roca que la condicionan al resto de las variables que influyen positiva o negativamente. De este modo, la unidad si presenta vegetación (V-1, V-2), pendiente moderada y cinemática desfavorable, su susceptibilidad es alta. Por el contrario si la roca es media-buena, con vegetación abundante (V-4 ó V-5), y cinemática favorable, la susceptibilidad es Baja.

Los movimientos en masa asociados a esta unidad de igual modo son variados, van desde inexistentes o pequeños flujos, a movimientos rotacionales, translacionales, reptos, caídas, grandes flujos, erosión laminar, erosión en surcos y acaravamientos.

Se observó que en la unidad de Mármol UM existen menos movimientos por unidad de área que la UEQM, por lo que se esperaría un estado de susceptibilidad menor. La roca igualmente es de calidad media, y el factor que más influyó fue la cinemática desfavorable.

Tanto para la Unidad de Anfibolita como para La Unidad de Anfibolita Granatífera debería esperarse un valor de susceptibilidad bajo pues son de litología competente. Sin embargo, la susceptibilidad es media debido al factor de la cinemática pues sus diaclasas tienen un buzamiento alto. No se extraña por qué en estos casos el mapa de inventario muestra caídas de bloques o caídas de rocas.

Para la Unidad de Esquistos Calcítico Moscovítico Cuarzo Grafitoso UECMQG , el comportamiento de la roca es geotécnicamente media y las variaciones en los grados de susceptibilidad son en respuesta a las variables de Vegetación, Cinemática, y Pendiente. Las zonas con susceptibilidad muy alta, corresponden a zonas con vegetación escasa, cinemática defavorable y pendiente moderada-alta. Las zonas con susceptibilidad alta corresponden a zonas con vegetación abundante, cinemática favorable-desfavorable y pendiente moderada y las zonas con susceptibilidad baja corresponden a vegetación abundante, cinemática favorable y pendiente baja.

Por último en la zona completa de estudio sólo se presentaron 4 estados de susceptibilidad: Muy Alta, Alta, Media y Baja, predominando el estado de susceptibilidad Media.

## **RECOMENDACIONES**

Los resultados obtenidos fueron estudiados en la zona con un nivel de detalle mayor. (1:5000) pero por disponibilidad de materiales (escasez de papel HP 42”) fueron mostrados a escala 1:10.000 por lo tanto exhortamos a la utilización de los resultados a la escala original 1:5000 mediante la adquisición del tipo de papel mencionado.

Para una mejor comprensión de los resultados en campo es preciso realizar los análisis geotécnicos en roca de: Compresión Simple y Corte Directo. Para los de suelo: Granulometría, Granulometría por lavado, Límites de consistencia en el caso de los finos, Consolidación – Expansión (con toma de muestra no perturbada), Peso específico y Peso Unitario.

Utilización en conjunto de los sistemas de clasificación geotécnicas para la minimización de errores, en la clasificación del macizo rocoso.

Se recomienda la utilización de los Sistemas de Información Geográficos para la elaboración de los mapas temáticos.

Realizar un seguimiento temporal de los factores condicionantes y todas aquellas y todas aquellas variables que influyan en las condiciones de estabilidad.

En caso de aplicar la metodología en otras regiones, será necesario el reajuste de todos los parámetros involucrados en esta metodología. Considerar el marco tectónico regional y datos pluviométricos a fin de crear un criterio real de las condiciones de estabilidad, así estos factores no se involucren dentro del criterio para realizar los mapas de susceptibilidad.

Se recomienda a los organismos competentes realizar un seguimiento a las zonas de Susceptibilidad Alta y Muy Alta, para tomar decisiones que puedan afectar el ordenamiento urbano.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Acosta, L (1997). *Estudio de la traza activa de la Falla de Tacagua-El Ávila para fines de microzonificación Sísmica del corredor estratégico Caracas-Litoral Norte - Central de Venezuela. Memorias del VIII congreso Geol...S.V.G.* tomo I 21-27.
- Aguilera, J (1981). *Venezuela y sus ambientes naturales. Coedición de la Facultad de Humanidades y Educación de la U.C.V. y el Colegio Universitario de Carúpano*, Caracas, Litetecnia, 122p.
- Audemard, M (1984). *Evaluación geológica de la Cuenca del Tuy para fines de investigaciones neotectónicas. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica.* 226p. Trabajo Especial de Grado. INEDITO.
- Ayala, C *et al.* (1991). *Manual de Ingeniería de Taludes.* Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid, 459 p.
- Aguerrevere, S y Zuloaga, G (1937). *Observaciones geológicas en la parte central de la cordillera de La Costa, Venezuela. Bol. Geol. y Min. Caracas* 1(2-4) : 3-22.
- Antoine, P (1992). *Les problèmes posés par l'instabilité des versants de grande ampleur - aspects géologiques*, Paris. *Bulletin de l'ra A.I.G.I.* (45): 9-24.
- Arreaza, C (1978). *Geología de la zona Carretera El Junquito - Río Mamo (D.F.). Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica.* 221p. Trabajo Especial de Grado. INEDITO.
- Berche, G (1984). Programme d'étude de la stabilité des talus par ruptures circulaires ou non - circulaires. *PETAL* (version 1984), Notice d'utilisation. Laboratoire Central de Ponts et Chaussées, Paris, 63 p.
- Borges, C (1976). *Estudio geotécnico de una zona ubicada en los alrededores del Hatillo*, Edo. Miranda. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado. INEDITO.
- Cabrera, M (1984). *Geología y geotecnia del área metropolitana de Caracas. Zona de Filas de Mariches*, Dtto. Sucre, Edo. Miranda. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 196 p. Trabajo Especial de Grado. INEDITO.
- Caicedo, G. y Medina D (2005). Caracterización geológica-geotécnica de una zona ubicada en el eje vial y local 1, entre Valera-Trujillo. Municipios Trujillo y Motatan, Estado Trujillo.
- Deere, D (1957). *Seepage and stability problems in deep cuts in residual soils*, Charlotte, North Caroline, *Pro A!!ler. RailwAY el1gr. Assoc.*, Vol. 58, : 738745.
- Dengo, G (1951). *Geología de la Región de Caracas.* Bol. Geol. 8. (1): 38-115.
- Derrau, M (1970). *Geomorfología.* Edil. Ariel, Barcelona, 442 p.
- De Santi, F. Durville, J. Pouget, P. Seve, O. Singer, A (1993). *Suivi instrumental rustique des*

- glissements de terrain dans les zones marginales de Caracas: Le cas de Nueva Tacagua, Paris Estudio Geológico Geotécnico de la Urbanización Nueva Tacagua. PANGEL (19):8-15.*
- Diaz, J (1994). *Distrito capital. Trabajo especial de Grado.* INEDITO
- Duncan, A. Johnson, S (1992). *Fault identification in complexly deformed schist terrains: examples from the U.S.A and Australia, Amsterdam. Tectonophysics, (216):291-308.*
- Fanti, O. Frontado, L. y Vecchio, A (1980). *Tectónica y Sismicidad del área de Caracas y sus alrededores. Caracas, U. C. V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado.* INEDITO.
- Franceschini, F (1984). *Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial Geología y geotecnia del área metropolitana de Caracas. Zona de Filas de Mariches, Dtto. Sucre, Edo. Miranda. Caracas, U.C.V. de Grado.* INEDITO.
- González, De J. Iturralde, De A, y Piccard, X (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas.* Ed. Foninves, Caracas, Tomo 1. 4071'.
- Iasiello, L (1991). *Geología y geotecnia preliminar de un área ubicada al norte de la ciudad de Los Teques, Estado Miranda. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 129 p. Trabajo Especial de Grado.* INEDITO.
- Ingeotec (1994). *Informe geotécnico N° 1. Terraza "O", bloques 23 y 24, sector Nueva Tacagua, Distrito Federal. Informe técnico. 9 p. más anexos.*
- Isted (1988). *Aménager les terrains en pente. Institut de Sciences et des Techniques de l' Equipement et de l' Environnement pour le Développement. Paris, 56 p.*
- LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES (1976). *Stabilité des talus. Vol 2. Déblais et remblais. Paris, LCPC, 196 p.*
- Leroueil S, y Venas, F (1981). *Pitfalls of Back-Analyses. Proc. Tenth International Conf. on S.M.F.E. Stockholm. Vol.1.: 185-190.*
- Little, A. L. (1969). *The engineering classification of residual tropical soils. Proc. Inter. Conf. Soil & Found. Engng. 7th Mexico, 1: 1-10.*
- Marcano, F (1974). *Observaciones preliminares de las características geotécnicas de la zona de las minas de Baruta, Cerro Verde (Edo. Miranda). U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 108 p. Trabajo Especial de Grado.* INEDITO.
- Marquez, O (1993). *Geología y geotecnia de una zona comprendida entre el km. 4 Y el km. 16 de la carretera panamericana, municipio Los Salias, Edo. Miranda. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 148 p. Trabajo Especial de Grado.* INEDITO.

- Marquez, O. y Singer, A (1977). *Zonificación preventiva de riesgos geológicos para el ordenamiento geotécnico del sector urbano colinas de Sta. Mónica Dto. Federal. Memorias V Congo Geol. Ven. Tomo IV.* p. 1749-1758.
- Mendez, M. *et al.* (1983). *Distribución anual de los deslizamientos de tierra en el área metropolitana de Caracas (1970/1981). Ensayo de correlación con las precipitaciones atmosféricas. XXXIII Convención anual de Asovac, Vol. 34, p.533.*
- Menendez, V (1966). *Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. Bol. Geol. 8 (15): ] 16 -139.*
- Montes, L, y Singer, A (1977). *Inventario y diagnóstico geotécnico aplicado a sectores urbanos. Memorias V Congo Geol. Ven. Tomo IV. : 1699-1708.*
- Navarro, E. Ostos, M y Yoris, F (1987). *Síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte Nortecentral de Venezuela durante el Jurásico Medio - Paleógeno. 1 eras. Jornadas de Investigación de Ingeniería. (U.C.V. Fac. Ing.) :Mem. : 71-75.*
- Ostos, M. Navarro, E. y Yoris, F (1987). *Revisión y redefinición de las Formaciones Las Brisas y Las Mercedes del Grupo Caracas. Sistema montañoso del Caribe. Definición de la Unidad Litodémica de Corrimiento La Costa. 1eras Jornadas de investigación de ingeniería. (U. C. V. Fac. de Ingeniería). Mem. : 7175.*
- Plaza, I (1974). *Observaciones preliminares de las características geotécnicas de la zona de El Cafetal Petare. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 125p. Trabajo Especial de Grado. INEDITO.*
- Ragan, D M.(1973). *Structural geology, and introduction to geometrical techniques (second edition): John Wiley & Sons, New York, 288 p.*
- Ramsay I, & Martín, I (1989). *The techniques of Modern Structural Geology. (Third printing).Vol 2. London. Academic Press. 700 p.*
- Salcedo, D (1978). *El uso de las proyecciones hemisféricas como técnica de predicción y análisis de problemas de estabilidad de taludes en macizos rocosos. Trabajo de ascenso a Profesor Agregado. Departamento de Geología, U.C.V. 78 p.*
- Sancio, T (1986). *Exploración de los resultados de diversos ensayos y del retrocálculo en la determinación de la resistencia al corte de la filita de Caracas. IX Seminario de Geotecnia" S.V.M.S.I.F. : 379-399.*
- Sancio, T (1981) *The use of back-calculations to obtain the shear and tensile strength of weathered rocks. Proc. Inl. Symp. 011 Weak Rock. A. A. Balkema, Rotterdam, : 647-652.*
- Seiders, V (1965). *Geología de Miranda Central, Venezuela. Bol. Geol.298-416. de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado. INEDITO*
- Sgambat, T (1976). *Estudio geotécnico de una zona ubicada en los alrededores del Hatillo, Edo. Miranda. Caracas. U. C. V. Facultad de*

Ingeniería, Escuela de Geología.

Singer, A (1977). *Tectónica Reciente, Morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de Caracas*. Memorias V. Congreso Geol. Ven. Tomo IV. P.1861-1902.

Smith, R (1952) . *Geología de la región de Los Teques - Cúa, Venezuela*. Bol. Geol. Caracas 2(6): 333-406

Sowers, G (1953). *Soil problems in the southern Piedmont region*. Proc. ASCE, Vol. 80, Separate 416, 18 pp.

Talukdar, S y Loureiro, D (1982). *Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la cordillera de la costa, Venezuela: Metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas*. GEOS 27, Caracas, : 15-76.

Truzman, P (1990). *Estudio de la meteorización de rocas metamórficas en las colinas del área metropolitana de Caracas*. U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 308p. Trabajo Especial de Grado. INEDITO.