

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO DE FUNDACIONES Y ESTABILIDAD DE TALUDES PARA UN URBANISMO UBICADO EN MONTERREY, BARUTA, EDO. MIRANDA”

TUTOR ACADÉMICO: Ing. Víctor León

Proyecto de Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
Optar al Título de Ingeniero Geólogo
Por las Bachilleres:
García B, Narvik Y. y
Ortuño A, Thaidenor Del C.

Caracas, 2013

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 11 de Junio de 2013

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el consejo de Escuela de Geología Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por las Bachilleres Narvik Yeskarina García Brito, y Thaidenor del Carmen Ortuño Achique, titulado:

“ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO DE FUNDACIONES Y ESTABILIDAD DE TALUDES PARA UN URBANISMO UBICADO EN MONTERREY, BARUTA, EDO. MIRANDA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios, conducente al título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por las autoras, lo declaran APROBADO.

Prof. Antonio Ughi
Jurado

Prof. Pietro Di Marco
Jurado

Prof. Víctor León Madrid
Prof. Guía

DEDICATORIA

A Dios....
A mis Padres....
A mi Hermana....

Narrvik Garcia

DEDICATORIA

A Dios, a mi abuelita Carmen, que a pesar de estar en el cielo siempre la tengo presente, a mis padres Zoraima e Humberto por su esfuerzo, dedicación y enseñanzas, a mis hermanitas Adriana y María, este triunfo es para ustedes, las adoro.

Ortuño Thaidenor

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme vida y salud, para culminar esta meta.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, “La casa que vence las sombras” que me permitió el desarrollo intelectual y personal.

A todo el personal de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica por su colaboración y ayuda prestada en todo momento.

A mis padres por darme la vida y amor, por orientarme y guiarme por el buen camino, por enseñarme el sacrificio y dar lo mejor de ellos para hacerme crecer como una persona correcta, por darme la oportunidad de crecer con buena educación y ser hoy en día la persona que soy.

A mi hermana por creer en mí en todo momento y estar a mi lado apoyándome.

A mi novio Deniter por ser mi apoyo incondicional y mi fuerza en todo momento, mil gracias por estar a mi lado y ser parte importante de mi vida.

A mi tutor, Víctor León Madrid, por haber sabido transmitirme su pasión hacia el estudio de la geología aplicada, por sus valiosas lecciones, por todo el apoyo brindado para que este trabajo saliera adelante, por siempre estar con su entera disposición a nuestro auxilio, mis más sinceros agradecimientos.

A mi querida amiga Yismari Chacón, por siempre demostrarme tu amistad, por estar a mi lado en los momentos más difíciles de la carrera dándome ánimos y apoyo.

A todos mis compañeros y amigos quienes estuvieron a mi lado a lo largo de la carrera, quienes me brindaron apoyo y disfrutamos de estar juntos en esas aulas, y en otros espacios (Lina, Reinaldo, Surimar, Gaby, Negrita, Thaide, Zuly, Johana, Rafael, Pototo, entre muchos otros...)

Le doy un agradecimiento especial a quienes en algún momento me dieron su apoyo en este proyecto.

Narvik García

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a mi Dios, que me dio la fortaleza para lograr esta meta.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, la casa que vence la sombras, por permitirme obtener una excelente formación, no sólo académica, también social y familiar que en conjunto, con sus diversidades y complejidades han hecho que me sienta orgullosa de pertenecer a ésta gran casa de estudios.

A Víctor León Madrid, profesor y gran amigo, quien ha contribuido con su dedicación, paciencia y enseñanza en la elaboración de este Trabajo Especial de Grado.

A mi madre hermosa Zoraima Achique, a quien le debo mi vida. Gracias por tu apoyo, motivación y confianza, eres la mejor madre, te amo.

A mi padre Humberto Ortuño, mis hermanitas lindas Adriana y María Ortuño, gracias por todo su cariño, fueron mi inspiración en mis momentos de debilidad.

A mi gran familia, en especial a mis tías Morella e Ignacia, mis tíos, quasi hermanos Yhan Carlos Y Adrián, mi prima preferida, quasi hermana Dinora, gracias por su confianza y por creer en mí.

A José Gregorio Peña, que ha estado conmigo en los buenos y malos momentos, ofreciéndome su apoyo incondicional y las mejores palabras de motivación para no rendirme ante la realización de esta meta.

A Luis Carlos Romero, por soportándome tanto, por esas miles de palabras de ánimo que siempre me ha brindado cuando lo he necesitado, gracias por tu apoyo, buenos deseos y buena vibra “Gatico”.

A mis compañeras de estudios y ahora casi todas ingenieras y amigas, Angélica Gudiño, Yusi Monterola, Zaditza Reyes, Lina Pantoja, Marlys Reveti, Yulisbet Minguelis, Narvik García, gracias por el cariño brindado durante todo este tiempo, por compartir todas las emociones de cuando pasábamos o nos quedaba una materia. Siempre las recordare.

A mis compañeros de trabajo, Arq. Elizabeth Blanco, Ing. Maybelle Granadino, Anibal Rivas, Naudy Rodríguez, por el apoyo brindado en lo que han podido en la realización de este proyecto, además de taparme las escapadas del trabajo para la culminación del mismo, mil gracias.

Al Ing. Deniter Díaz, compañero y fastidioso amigo, gracias por tu aporte en la realización de este proyecto.

Los sabios buscan la sabiduría; los necios piensan ya haberla encontrado.

Napoleón Bonaparte.

Ortuño Thaidenor

GARCIA B, NARVIK Y. Y ORTUÑO A, THAIDENOR DEL C.

“ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO DE FUNDACIONES Y ESTABILIDAD DE TALUDES PARA UN URBANISMO UBICADO EN MONTERREY, BARUTA, EDO. MIRANDA”

**Tutor académico: Víctor León Madrid
Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2013, 164p.**

Palabras claves: Geología – (Edo) Miranda, Geotecnia, Geofísica, Fundaciones, Taludes, Estabilidad de taludes.

RESUMEN

Este trabajo especial de grado consiste en un estudio geológico, geotécnico y geofísico con el fin de identificar las características del suelo y definir las bases necesarias para la construcción de un complejo habitacional, ubicado en el sector Monterrey del municipio Baruta, Estado Miranda. La parcela está delimitada por una poligonal definida de la siguiente forma: por el Norte el área comprendía las coordenadas N: 1.152.661,43 hasta la N: 1.152.909,61; por el Este el área comprendida desde E: 732.963,47 hasta la E: 732.702,64.

Para ello, se conjugó información bibliográfica, sísmica y fotogeológica, con jornadas de geología de superficie, ensayos geotécnicos, sondeos de refracción sísmica y petrografías. Toda la información se sintetizó en 4 mapas a escala 1:10.000 donde se exponen las unidades geomorfológicas y geológicas, las pendientes de la zona de estudio y la topografía del terreno. La geología local está conformada por suelos arcillo arenosos y arena limosa, subyacente se encuentran los esquistos cuarzo micáceo de la Fm Las Brisas (esquisto cuarzo - muscovítico) en dos estratos bien definidos: una fracción de Roca Muy meteorizada y la otra de Roca Meteorizada dura y fracturada.

Se identificaron con precisión tres estratos geosísmicos que corresponden a suelos sueltos cerca de la superficie, y suelos consolidados en la base de la secuencia sedimentaria. Asimismo se realizó un levantamiento geológico de los afloramientos de los taludes y se generaron recomendaciones para el tipo de fundaciones a colocar.

Se realizó mediante el programa Windows Project, un seguimiento y control del proyecto, además se realizó un seguimiento al control de calidad a los suelos utilizados para los rellenos.

ÍNDICE

RESUMEN	vi
CAPÍTULO I	1
I.1.-INTRODUCCIÓN	1
I.1.1.-Planteamiento del problema	2
I.1.2.- Objetivo general	2
I.1.3.- Objetivos específicos.....	3
I.1.4.-Justificación.....	4
I.1.5.- Ubicación de la zona de estudio.....	5
I.1.6.-Vías de acceso	7
I.1.7.-Alcance	7
I.1.8.- Metodología.....	7
I.1.9.- Normas aplicables:	12
I.1.10.- Antecedentes.....	13
CAPÍTULO II.....	17
II.1.- MARCO TEÓRICO	17
II.1.1.- Conceptos y herramientas geotécnicas para la identificación y clasificación de suelos y rocas	17
II.1.2.- Suelos	18
II.1.3.- Rocas.....	19
II.1.4.- Discontinuidades del macizo rocoso.....	19
II.1.5.- Exploración Geotécnica, Calicatas.....	23
II.1.6.- Exploración Geotécnica, Perforaciones, Ensayo SPT.....	24
II.1.7.-Exploracion Geofísica, Refracción sísmica somera.....	24
II.1.8.-Aplicaciones del método de prospección por refracción	25
II.1.9.-Alcances, limitaciones y utilidad del método de prospección por refracción. 26	
II.1.10.- Terminología comúnmente utilizada en clasificaciones geomecánicas en rocas	26
II.1.11.- Propiedades índices y ensayos geomecánicos para rocas y suelos	27
II.1.12.-Propiedades índices y ensayos geomecánicos para suelos:.....	28
II.1.13.- Clasificación de las rocas según su estado físico (“Clasificación de Flores Calcaño”).....	29

II.1.14.- Taludes	30
II.1.15.-Excavabilidad.....	36
II.1.16.- La Erosionabilidad	36
II.1.17.- Fundaciones.....	36
CAPITULO III	40
III.1.- GEOGRAFÍA FÍSICA	40
III.1.1.- Clima y vegetación	40
III.1.2.-Hidrografía.....	41
CAPITULO IV	42
IV.1.- TOPOGRAFÍA Y MOVIMIENTO DE TIERRAS	42
IV.1.1.- Generalidades	42
IV.1.2.- Descripción del terreno.....	43
IV.1.3.- Métodos taquimétricos	43
IV.1.4.- Equipo utilizado.....	43
IV.1.5.- Toma de datos.....	44
IV.1.6.- Cálculo poligonal.....	45
IV.1.7.- Formulas taquimétricas.....	47
IV.2.- Movimiento de tierra	47
CAPÍTULO V.....	52
V.1.- GEOLOGÍA REGIONAL	52
V.1.1.- Generalidades.....	52
V.1.2.- Litología.....	52
V.1.3.- Fotogeología y Geomorfología	54
CAPÍTULO VI.....	61
VI.1.- GEOLOGÍA LOCAL.....	61
VI.1.1.- Generalidades	61
VI.1.2.- Descripción general de los taludes	62
VI.1.3.- Descripción de las Perforaciones.....	64
VI.1.4.- Descripción Petrográfica	75
VI.1.5.-Excavabilidad y Erosionabilidad	80
VI.1.6.- Perfil de Meteorización	82
CAPÍTULO VII.....	84
VII.1.-SISMICIDAD	84

VII.1.1.- Generalidades	84
VII.1.2.- Zonas Sísmicas	84
VII.1.3.- Formas Espectrales Tipificadas de los Terrenos de Fundación	86
VII.1.4.- Selección de la forma espectral y del factor de corrección (ϕ)	86
VII.1.5.- Clasificación Según el Uso	87
VII.1.6.-Factor de importancia.....	87
VII.1.7.- Niveles de diseño	87
VII.1.8.- Niveles de diseño requeridos.....	88
CAPÍTULO VIII.....	89
VIII.1.- GEOFÍSICA	89
VIII.1.1.- Generalidades.....	89
VIII.1.2.- Método de refracción sísmica	89
VIII.1.3.-Prospección por refracción sísmica	90
VIII.1.4.- Fuente de generación de ondas	90
VIII.1.5.- Sensores de grabación.....	91
VIII.1.6.- Adquisición sísmica.....	91
VIII.1.8.- Procesamiento de datos sísmicos	94
VIII.1.9.- Modelos de capas.....	96
VIII.1.10.-Parámetros de adquisición de datos sísmicos	98
VIII.2.- Geotecnia vs Geofísica	99
CAPITULO IX	102
IX.1 ESTABILIDAD DE TALUDES	102
IX.1.1.- Generalidades	102
IX.1.2.- Geología de los taludes.....	102
IX.1.3.- Clinometría de la Parcela.....	103
IX.1.4.- Condición cinemática	104
IX.1.5.-Análisis de estabilidad de Taludes (DIP)	104
IX.1.6.- Análisis de estabilidad de Taludes (Slide).....	109
CAPITULO X.....	121
X.1.- FUNDACIONES	121
X.1.1.- Generalidades.....	121
X.1.2.- Comportamiento de los suelos	121
X.1.3.- Ensayos requeridos	121

X.1.4.- Parámetros de resistencia del material de fundación	123
X.1.5.- Propiedades Mecánicas del suelo.....	127
X.1.6.- Capacidad de carga del suelo de fundación	127
X.1.7.- Cálculo de la capacidad portante para zapatas y losa de fundación	129
X.1.8.- Asentamientos.....	131
CAPITULO XI.....	132
XI.1.- CONTROL DE CALIDAD.....	132
XI.1.1.- Generalidades	132
XI.1.2.- Ensayos y/o actividades para el control de calidad	132
XI.1.3.- Ensayo de compactación proctor.....	135
XI.1.4.- Control de calidad del material.....	135
CAPITULO XII.....	137
XII.1.- CONTROL DE PROYECTO	137
XII.1.1.- Generalidades.....	137
XII.1.2.- Gestión de proyectos	140
CAPITULO XIII.....	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
BIBLIOGRAFIA	145
ANEXOS	147

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1, Ubicación Monterrey, Municipio Baruta, Estado Miranda.	6
Figura N° 2, Monterrey, Municipio Baruta, Estado Miranda. Zona de estudio.	6
Figura N° 3, Vías de acceso a la zona de estudio Monterrey, Municipio	7
Figura N° 4, Esquema general del equipo de refracción sísmica. (Martín, 2008).....	16
Figura N° 5. Calicatas realizadas para descripción visual del terreno.....	23
Figura N° 6. Maquina de perforación, utilizada en el sitio estudiado, siendo trasladada a la siguiente perforación.	24
Figura N° 7. Sismógrafo ES2415F de EG&G.....	25
Figura N° 8. Fundamento de la prospección mediante sísmica de refracción.....	25
Figura N° 9. Martillo Schmidt.....	28

Figura N° 10. Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud	33
Figura N° 11. Tipos Climáticos de Venezuela.	41
Figura N° 12. Nivel en Trípode.....	44
Figura N° 13. Panorámica del movimiento de tierra y equipo utilizado	48
Figura N° 14. Excavadora Hidráulica.....	48
Figura N° 15- Excavadora Hidráulica	49
Figura N° 16. Cargadora de 3m ³	49
Figura N° 17. Cargador Shovell	50
Figura N° 18. Bulldozer XCMG	50
Figura N° 19. Vibrocompactadora XCMG.....	51
Figura N° 20. Compactadora XCMG, tipo Pata de cabra	51
Figura N° 21. Mapa geológico donde se muestra la litología a nivel regional.....	52
Figura N° 22. (a) Esquisto cuarzo micáceo y (b) esquisto cuarzo grafitoso, presentes en el área de estudio.....	53
Figura N° 23. Calizas del miembro Zenda	53
Figura N° 24. Fotografía donde se muestra redondez de las colinas, expresión geomorfológica de La Formación las Brisas	55
Figura N° 25. Mapa geológico donde se muestra la litología a nivel regional.....	57
Figura N° 26. Puntos del levantamiento geológico de campo, Afloramientos y Calicatas. 61	
Figura N° 27. Ubicación de las perforaciones en la zona de estudio	64
Figura N° 28. Núcleo extraído perforación P-01 profundidad de 0.55–2 m	65
Figura N° 29. Núcleo extraído perforación P-01 profundidad de 2.55–6 m	65
Figura N° 30. Núcleo extraído perforación P-02 profundidad de 0.55 – 3m	66
Figura N° 31. Núcleo extraído perforación P-02 profundidad de 3.55–9m	66
Figura N° 32. Núcleo extraído de la perforación P-03 profundidad 0.55-2 m.	66
Figura N° 33. Núcleo extraído de la perforación P-03 profundidad 2.55-12 m	67
Figura N° 34. Núcleo extraído de la perforación P-04 profundidad 0.55-3 m	67
Figura N° 35. Núcleo extraído de la perforación P-04 profundidad 3.55-12 m	68
Figura N° 36. Núcleo extraído de la perforación P-05 profundidad 0.55-3 m	68
Figura N° 37. Núcleo extraído de la perforación P-05 profundidad 3-12 m.	68

Figura N° 38. Núcleo extraído de la perforación P-06 profundidad 0.55-2 m	69
Figura N° 39. Núcleo extraído de la perforación P-06 profundidad 2.55-12 m	69
Figura N° 40. Núcleo extraído de la perforación P-07 profundidad 0.55-3m	70
Figura N° 41. Núcleo extraído de la perforación P-07 profundidad 3.55-14m	70
Figura N° 42. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 0.55-2m	71
Figura N° 43. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 3.55-10m	71
Figura N° 44. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 0.55-2 m	72
Figura N° 45. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 2.55-15m	72
Figura N° 46. Núcleo extraído de la perforación P-10 profundidad 0.55-2m	73
Figura N° 47. Núcleo extraído de la perforación P-10 profundidad 2-3 m	73
Figura N° 48. Núcleo extraído de la perforación P-11 profundidad 0.55-2m	74
Figura N° 49. Núcleo extraído de la perforación P-11 profundidad 2-5m	74
Figura N° 50. Petrografías VL – M1	76
Figura N° 51. Petrografías VL – M3	77
Figura N° 52. Petrografías VL – M4	78
Figura N° 53. Petrografías VL – M5	79
Figura N° 54. De izquierda a derecha equipo siendo utilizados para corte y carga	80
Figura N° 55. Erosión en taludes y vías excavadas en el rango de dos meses.	82
Figura N° 56. Perfil de meteorización típico de rocas metamórficas.	82
Figura N° 57. Perfil de meteorización típico del sitio estudiado.	83
Figura N° 58. Mapa de zonificación. Tomado de: COVENIN –1756-1-2001 edificaciones sismorresistentes.	85
Figura N° 59. Dromocrónicas de los sondeos realizados	90
Figura N° 60. Ubicación de los sondeos geofísicos	92
Figura N° 61. Sondeo sísmico SM-01. Parte superior de la colina	93
Figura N° 62. Sondeo sísmico SM-02. Perpendicular al anterior.	93
Figura N° 63. Sondeo sísmico SM-03. Ladera a cota inferior de los anteriores	93
Figura N° 64. Modelo de capas para el sondeo SM-01	96
Figura N° 65. Modelo de capas para el sondeo SM-02	96
Figura N° 66. Modelo de capas para el sondeo SM-03	97

Figura N° 67. Talud con frente de exposición sureste.....	102
Figura N° 68. Excavación a cielo abierto	102
Figura N° 69. Mapa de pendientes a nivel regional y local.....	103
Figura N° 70. Estereografía para el talud 1	104
Figura N° 71. Estereografía para el talud 2	105
Figura N° 72. Estereografía para el talud 3	105
Figura N° 73. Estereografía para el talud 4	106
Figura N° 74. Estereografía para el talud 5	106
Figura N° 75. Estereografía para el talud 6	107
Figura N° 76. Estereografía para el talud 7	107
Figura N° 77. Estereografía para el talud 8	108
Figura N° 78. Estereografía para el talud 9	108
Figura N° 79. Estereografía para el talud 10	109
Figura N° 80. Plano de ubicación de los perfiles estudiado	110
Figura N° 81. Material 1, ubicado entre 0 y -4m.....	111
Figura N° 82. Material 2, ubicado entre -4 y -6 m.....	111
Figura N° 83. Material 3 ubicado entre -6 y -15 m.....	111
Figura N° 84. Material 4, suelo empleado en el muro de Tierra Armada.	111
Figura N° 85. Perfil A sin muro de tierra armada.	112
Figura N° 86. Perfil A sin muro de tierra armada simulado.....	112
Figura N° 87. Perfil A con muro de tierra armada.	113
Figura N° 88. Perfil A con muro de tierra armada, simulado.....	113
Figura N° 89. Detalle talud 1	114
Figura N° 90. Detalle talud 2.....	114
Figura N° 91. Perfil B.....	115
Figura N° 92. Perfil B, simulado	115
Figura N° 93. Detalle talud 3.....	116
Figura N° 94. Detalle talud 4.....	116
Figura N° 95. Perfil C sin muro de tierra armada.....	117
Figura N° 96. Perfil C sin muro de tierra armada, simulado.	117

Figura N° 97. Perfil C con muro de tierra armada.	118
Figura N° 98. Perfil A con muro de tierra armada, simulado.....	118
Figura N° 99. Detalle talud 5.....	119
Figura N° 100. Detalle talud 6.....	119
Figura N° 101. Perfil D Talud 7	120
Figura N° 102. Perfil D Talud 7 Simulado.....	120
Figura N° 103. Grafico de humedades para cada muestra	122
Figura N° 104. Grafica de Distribución Granulométrica P1 a P4	124
Figura N° 105. Grafica de Distribución Granulométrica P5 a P8	125
Figura N° 106. Grafico de Distribución Granulométrica P9 a P11	125
Figura N° 107. Carta de Plasticidad	125
Figura N° 108. Grafica de Distribución Granulométrica en Porcentaje.....	126
Figura N° 109. Corte Directo	127
Figura N° 110. Estudio Geotécnico.....	133
Figura N° 111. Colocación del Material de Relleno / Topografía.....	133
Figura N° 112. Vibrocompactadora.....	134
Figura N° 113. Medidas con el Esclerómetro.....	134
Figura N° 114. Diagrama de flujo Campamento de Pioneros Monterrey	139
Figura N° 115. Esquema de gestión de proyectos	141
Figura N° 116. Organigrama de planificación según fase 1 para el proyecto urbanístico.	142

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación.	18
Tabla N° 2: Clasificación según índice de resistencia geológica, GSI.....	22
Tabla N° 3. Temperaturas y Precipitaciones	40
Tabla N° 4. Discontinuidades.....	59
Tabla N° 5. Descripción general de los taludes.....	63
Tabla N° 6 Coordenadas de las perforaciones.....	64

Tabla N° 7. Porcentaje de Minerales de VL – M1	75
Tabla N° 8. Porcentaje de Minerales de VL – M3	76
Tabla N° 9. Porcentaje de Minerales de VL – M4	78
Tabla N° 10. Porcentaje de Minerales de VL – M5	79
Tabla N° 11. Nivel del peligro Sísmico y valores de Coeficiente de	85
Tabla N° 12. Forma espectral y factor de corrección ϕ	86
Tabla N° 13. Forma espectral y factor de corrección en la zona de estudio	87
Tabla N° 14. Factor de importancia.....	87
Tabla N° 15. Nivel de diseño ND.....	88
Tabla N° 16. Coordenadas de sondeos geofísicos.....	93
Tabla N° 17. Parámetros de adquisición	98
Tabla N° 18. Correlación entre la velocidad de ondas de corte (vs) con la compacidad, la resistencia a la penetración en el ensayo SPT y la resistencia al corte no drenado de arcillas (tomado de la Norma COVENIN 1756-2001).	100
Tabla N° 19. Correlación entre la velocidad de onda compresional (vp).....	100
Tabla N° 20. Densidades y Módulos de Rigidez.....	101
Tabla N° 21. Módulos de Compresibilidad (K) y Young (E)	101
Tabla N° 22. Parámetros geotécnicos utilizados para el cálculo de estabilidad.....	110
Tabla N° 23. Humedades presentes en las muestras	122
Tabla N° 24. Perforaciones con resistencia a la penetración y profundidades.....	123
Tabla N° 25. Resumen granulométrico de las muestras de perforaciones P1 hasta la P11	124
Tabla N° 26. Ensayo de Densidad con Parafina.....	126
Tabla N° 27. Resumen de Corte Directo	127
Tabla N° 28. Capacidad portante para losa de fundación en el macizo de tierra armada ..	129
Tabla N° 29. Capacidad portante mínima para zapata de fundación.....	130
Tabla N° 30. Cálculo de asentamientos Losa. Schleicher (1926)	131

CAPÍTULO I

I.1.-INTRODUCCIÓN

Los estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos cada vez más, se hacen necesarios para el desarrollo del proyecto y construcción de las diferentes obras de ingeniería. Para ello contamos con los siguientes procedimientos:

- Reconocimiento de las diferentes geoformas que describen los procesos geodinámicos externos, que de alguna forma afectan la zona de estudio.
- Zonificación de la sismicidad regional y local.
- Establecimiento de la geología del área con énfasis en la identificación de la litología, la estructura, los procesos y efectos de la meteorización.
- La caracterización y determinación de propiedades físicas, químicas, naturaleza y comportamiento mecánico de los suelos, las rocas y de los macizos.

Toda esta información se constituye en la data básica para ejecutar las obras civiles, tales como:

- Evaluación de la factibilidad técnica de construcción de la obra.
- Determinación de los criterios
- Niveles de diseño de los diferentes tipos de obra.
- Diseño del basamento geotécnico de las especificaciones de construcción.

El trabajo de investigación, plantea realizar un estudio geológico, geotécnico y geofísico de fundaciones y estabilidad de taludes, de una zona ubicada en Monterrey, Municipio Baruta del Estado Miranda. Se realiza para fines del desarrollo de un complejo habitacional para la construcción de 155 viviendas, un centro comunal, un área social, una edificación escolar, un polideportivo y un centro comercial local.

Pioneros de Monterrey corresponde a una organización comunal con filosofía propia, donde un grupo de familias asentadas en viviendas informales a los márgenes de la quebrada

Ojo de Agua, Municipio Baruta, crearon un fondo comunitario para adquirir un terreno en el sector Monterrey, con la finalidad de construir viviendas formales, pero lamentablemente fueron estafados, perdiendo el total de los fondos reunidos. En consecuencia la comunidad solicitó apoyo del estado, para la recuperación del dinero estafado, logrando que el estado venezolano, adquiriera la parcela en cuestión y les financiara el desarrollo bajo la modalidad de autogestión. Así se constituyó una mesa técnica compuesta por un equipo de arquitectos e ingenieros de todas las áreas.

Se desarrollaron todos los proyectos de ingeniería con criterios de elevar su calidad de vida, y en la actualidad se está en el proceso de construcción.

Esta nueva realidad vino a aliviar los efectos originados por los eventos meteorológicos relativos a las crecidas de la quebrada, los deslizamientos de los taludes, derrumbe de viviendas y los problemas sociales típicos de una comunidad en un desarrollo habitacional informal.

I.1.1.-Planteamiento del problema

Para el proyecto del desarrollo habitacional, se requiere una ingeniería básica que incluye la Geología, la Geofísica y la Geotecnia. Esta data debe cubrir la información básica para el desarrollo del proyecto Pioneros de Monterrey, el cual consta de 155 viviendas, para 775 habitantes, con un promedio 5 personas/viviendas.

Todas las estructuras estarán implantadas sobre la modificación de las pendientes y una vialidad de dos trochas y estructuras hidráulicas longitudinales y transversales.

I.1.2.- Objetivo general

Realizar un estudio geológico geotécnico y geofísico de fundaciones y estabilidad de taludes para el urbanismo ubicado en Monterrey, Municipio Baruta, Edo. Miranda.

I.1.3.- Objetivos específicos

I.1.3.1.- Topografía:

- Evaluación y control del Levantamiento Topográfico de un área de 2.89 Has para la elaboración de los planos topográficos y replanteo del urbanismo.
- Elaborar plano topográfico regional en base a los planos de Cartografía Municipio Baruta: RR26, RR27, S26, S27, T26 y T27.

I.1.3.2.- Geología

- Realizar el levantamiento geológico de superficie, identificación y medición de los parámetros geológicos que definen la litología, estructura y la determinación de los parámetros geomecánicos para la total definición de la geología del sitio.
- Toma de muestras de los sitios más representativos y con condiciones de meteorización variable.
- Elaborar análisis petrográfico de las secciones finas de las muestras de campo.
- Realizar una evaluación de campo de geología regional, en las inmediaciones del área de trabajo, cubriendo un área de 10 Has en total. Se incluyeron en las 10 Has las 2,89 Has del desarrollo habitacional estudiado.
- Preparar el programa de exploración geotécnica en los sitios más adecuados para la ubicación de las perforaciones y calicatas.

I.1.3.3.- Geotecnia

- Describir visualmente todas las muestras provenientes de las perforaciones y calicatas, de acuerdo con la Norma ASTM D 2488-93.
- Determinar las características y las propiedades índice de los suelos residuales perforados en el área de estudio (granulometría, límites, humedad natural), de acuerdo a la Norma ASTM D 2487 – 00.
- Realizar ensayos para la determinación de las propiedades geomecánicas del material del subsuelo (rocas o suelos) del área de estudio: Compresión uniaxial, corte directo,

peso unitario, peso específico, Proctor y CBR, en roca: carga puntual, compresión simple, tracción indirecta o brasilero, ensayo de corte directo, absorción, densidad, compresión uniaxial, todos siguiendo la normativa ASTM.

- Calcular la estabilidad de los taludes con el apoyo de programas tales como:
 - ✓ Rock Lab para obtener las propiedades mecánicas del material
 - ✓ Dip para el manejo de la proyección estereográfica a los fines de obtener la estabilidad cinemática de los taludes,
 - ✓ Slice, para la estabilidad mecánica de taludes

I.1.3.4 Geofísica

- Realizar sondeos de refracción sísmica somera, para obtener las velocidades de onda sísmica V_p y V_s y con ellas calcular los espesores de capas, densidades y los módulos elásticos.

I.1.3.5 Control de calidad

- Desarrollar una campaña de muestreo para:
 - ✓ El control de compactación de los suelos utilizados para los rellenos
 - ✓ Resistencia a la compresión del concreto en las estructuras.
- Elaboración de informes de control de calidad.

I.1.3.6.-Control de proyectos

- Mediante la programación base realizada en Windows Project,
- Seguimiento y control semanal y mensual.

I.1.4.-Justificación

Cualquier obra construida, esta soportada por el suelo o roca de la corteza terrestre y el comportamiento de toda obra apoyada sobre el terreno, depende de:

- Caracterización y propiedades geomecánicas del subsuelo
- De los parámetros incorporados al diseño.

En ocasiones, algunos proyectos, incorporan data estimada o proveniente de tablas generales y no obtenidas de ensayos de campo o laboratorio. Esto genera patologías, que a su vez, incrementan el valor de los costos de construcción.

Para evitar esas patologías, se debe realizar un estudio geotécnico previo a la construcción de la obra, que garantice la información básica y veraz del sitio para ser utilizada en el proyecto. De esta forma se evitan interferencias en la ejecución de la obra que regularmente terminan en la prolongación de los tiempos de ejecución.

El presente trabajo nace de la necesidad de conocer el comportamiento geomecánico de las rocas y/o suelos del sitio, los niveles de riesgo geológico y en general la geotecnia del terreno de 2,89 Ha, ubicado en Monterrey, Municipio Baruta, para el desarrollo de un complejo habitacional para cubrir las necesidades de vivienda de la comunidad organizada del sector.

El urbanismo consta de:

- 155 viviendas distribuidas en 10 edificios de 16 apartamentos cada uno de 79 m².
- Centro Comunal
- Área Social
- Polideportivo.
- Edificación escolar.
- Centro comercial local.

I.1.5.- Ubicación de la zona de estudio

El desarrollo habitacional Pioneros de Monterrey, está ubicado en el sector Monterrey del municipio Baruta, Estado Miranda. Georeferenciado según el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur (SIRGAS), del cual forma parte la Red Geodésica Venezolana (REGVEN). La parcela está delimitada por una poligonal definida de la siguiente forma: por el Norte el área comprendía las coordenadas N:1.152.661,43 hasta la N:1.152.909,61; por el Este el área comprendida desde E:732.963,47 hasta la E:732.702,64. Ver figura N°1.

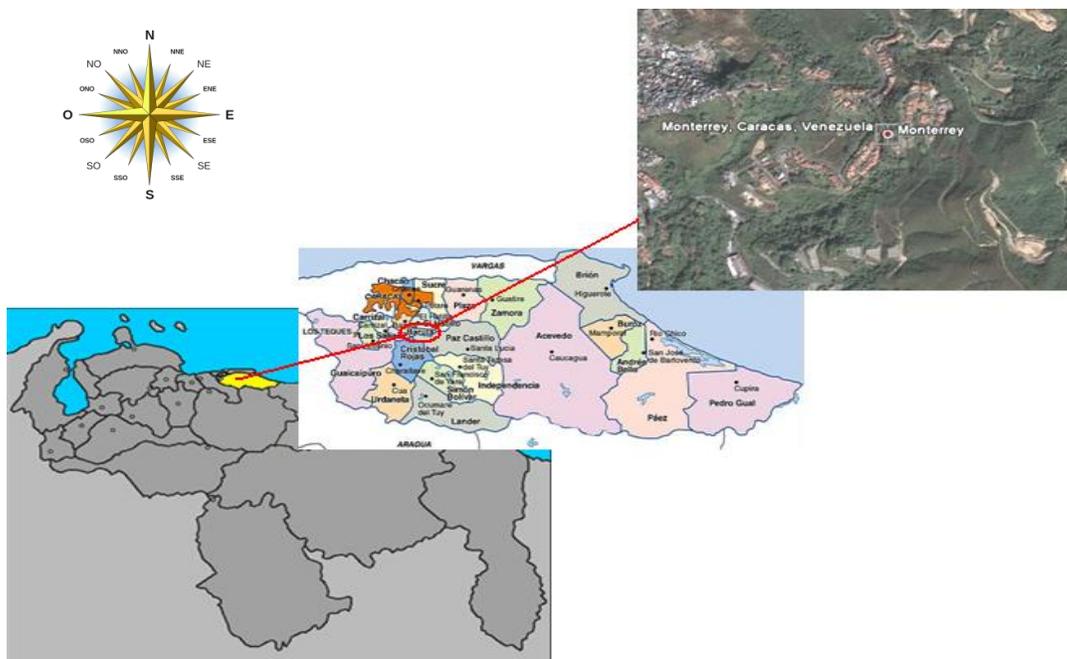


Figura N° 1, Ubicación Monterrey, Municipio Baruta, Estado Miranda.
www.a-venezuela.com/.../estados/miranda.html, Zona de estudio.
 Fuente: google earth.

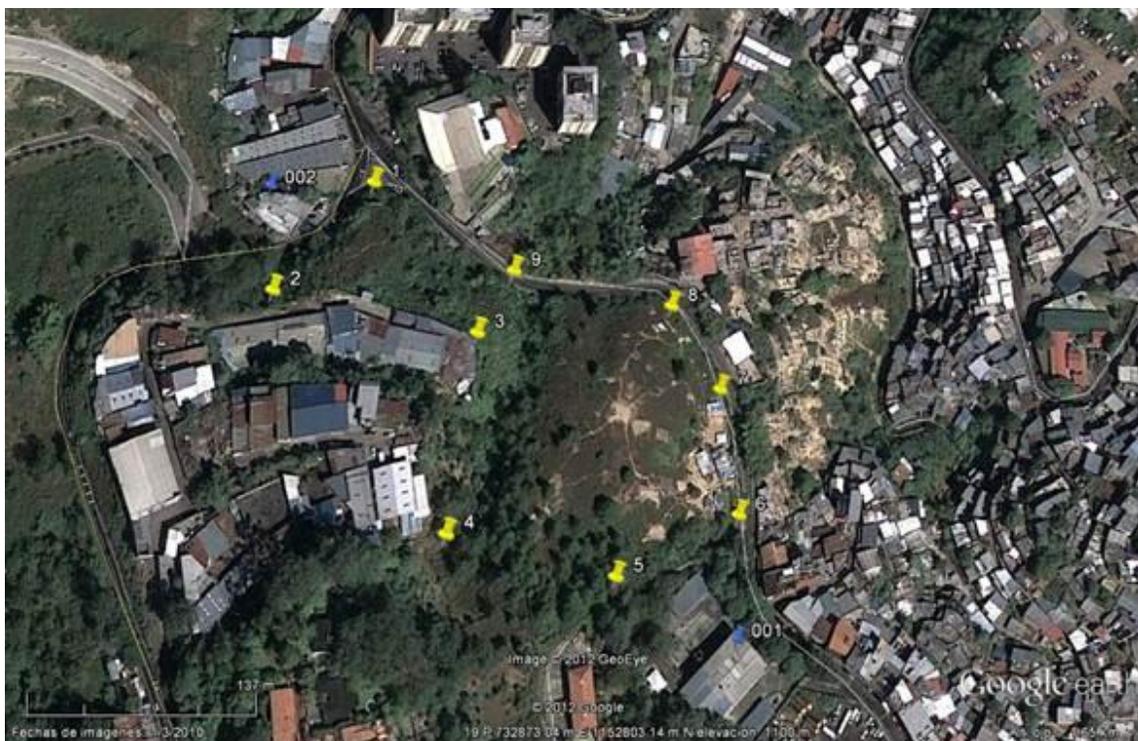


Figura N° 2, Monterrey, Municipio Baruta, Estado Miranda. Zona de estudio.
 Fuente: Google earth.

I.1.6.-Vías de acceso

Para acceder hacia el sector Monterrey, existen diferentes opciones (figura 3), siendo las más comunes las siguientes:

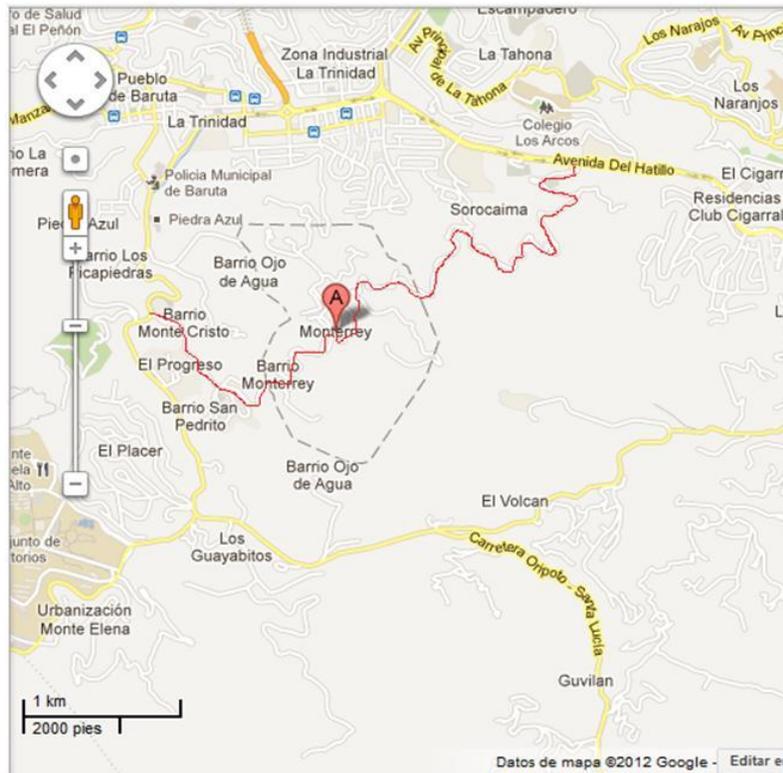


Figura N° 3, Vías de acceso a la zona de estudio Monterrey, Municipio Baruta, Estado Miranda. Tomado y Modificado de www.googlemaps.com

I.1.7.-Alcance

El alcance de este trabajo de grado incluye la adquisición de la data de campo geológica, geofísica y geotécnica, su análisis como información básica para el proyecto estructural de las fundaciones, estructuras de contención y vialidad de un urbanismo ubicado en Monterrey, Municipio Baruta del Estado Miranda.

También se incluye en el proyecto la elaboración de los planos geológicos de planta y secciones, en base a la topografía original y modificada.

I.1.8.- Metodología

La metodología que se llevo a cabo para dar respuesta a los objetivos específicos planteados fueron los siguientes:

I.1.8.1.- Etapa compilatoria

En esta primera etapa se realizó la búsqueda y recopilación del material bibliográfico disponible, el cual permitió caracterizar el área de estudio desde el punto de vista geológico, geotécnico y geofísico en base a la información previa del área de estudio o bien, de zonas circundantes a la misma. En esta, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Recopilación de trabajos previos e informes de la localidad del trabajo (Monterrey, Municipio Baruta, Edo. Miranda).
- b) Recopilación de bibliografía relacionada con la geología regional del área de estudio.
- c) Recopilación de información geológica ya existente del área de estudio:
 - Mapas topográficos, mapas geológicos a escala 1:5000 y 1:25000.
- d) Fotointerpretación de la zona de estudio, con miras a cartografiar las unidades litológicas presentes y observar la presencia de procesos de geodinámica externa a través de la interpretación de fotografías aéreas:
 - Misión 0304190, fotografías 2558, 2559, del año 1994, a escala 1:5000
 - Misión 0304193, fotografías 174, 175, del año 2002,

Con la data obtenida se definieron los diferentes parámetros geológicos que permitieron plantear la estrategia de campo y reconocer, interpretar e identificar los diferentes rasgos geológicos de la zona.

I.1.8.2.- Etapa de campo.

Esta etapa, representa los diferentes tópicos que se definieron de la siguiente forma:

- **Geología de Superficie:**

En campo, se realizó un reconocimiento de las diferentes litologías y sus características estructurales.

Se realizó una geomorfología mediante el análisis fotogeológico de las pares estereográficas la cual se represento en el plano geomorfológico anexo ubicaron en el plano las observaciones geomorfológicas y ubicación topográficas de los afloramientos y estructuras geológicas. Se tomaron muestras representativas de la litología descrita, para la realización de secciones finas y evaluación petrográfica. Ver Anexo 1 Planillas de campo.

Mediante la inspección directa en campo y el análisis visual de cada afloramiento se obtuvieron:

- Los diferentes linotipos que afloran en el área de estudio.
- Las características del suelo y de la roca,
- Se identificaron, la mineralogía macroscópica, la textura color fresco y de meteorización.
- Se determino la compacidad y consistencia
- Se identificaron y midieron las discontinuidades de las rocas
- Se midieron las pendientes de las formas topográficas

Con estos datos se estableció:

- La Geología del sitio a urbanizar
- La consistencia, el estado físico y la estructura de la roca
- Se correlaciono la estructura de la roca con la topografía para evaluar el control estructural
- Se estimo cualitativamente la resistencia de la roca.

Toda la información tomada en campo fue cartografiada, analizada y como producto se presentan los planos y consideraciones geológicas geotécnicas.

- **Geología del Subsuelo:**

Se utilizo como herramienta geotécnica las perforaciones a máquina por el método de percusión y lavado, las cuales constituyen el medio más eficaz para investigar las características del subsuelo y obtener las muestras del material para su evaluación. Se realizaron 11 perforaciones exploratorias, con el ensayo estándar de penetración según la norma *ASTM D 1586*.

Las perforaciones se hicieron a profundidades variables entre los 5 a 15 m con toma de muestras a cada metro perforado y se distribuyeron a lo largo de las terrazas donde irán ubicados los edificios.

Dentro de esta fase, se obtuvieron muestras del subsuelo con las cuales se definieron las principales características geológicas y geotécnicas de cada muestra:

- ✓ Litología, tipo de suelo o roca.
- ✓ Perfil de meteorización.
- ✓ Estructura de la roca.

Luego de hacer la clasificación visual de las muestras obtenidas de las perforaciones se seleccionaron las más representativas para ser ensayadas en el laboratorio de mecánica de suelos para evaluar su comportamiento geomecánico.

- **Muestreo:**

Tal como se indicó en la primera y segunda fase de esta etapa de campo, a través de la exploración de superficie y de sondeos geotécnicos obtuvimos muestras de los diferentes estratos, los cuales fueron descritos a través de los parámetros definidos anteriormente e identificados de la siguiente forma:

- ✓ Perforaciones: Localidad – nombre de la perforación (P-xxx) – número de muestra extraída (M-X).
- ✓ Afloramientos: Localidad – número de afloramiento (Afl-XX) – número de muestra extraída (M-X).

Para la distribución de las perforaciones, se procedió a ubicarlas a lo largo de las 11 terrazas donde van ubicados los edificios para el urbanismo.

Para la obtención de muestras en la exploración de geología de superficie se tomaron en consideración los afloramientos de mayor interés geológico y que estuvieran distribuidos a lo largo de la zona en cuestión.

- **Geofísica de campo:**

Como complemento al estudio del subsuelo, se requirió la realización de tres sondeos geofísicos de refracción sísmica somera, en donde se determinaron las propiedades físico-mecánicas del subsuelo. Los sondeos se ubicaron en el sentido longitudinal y transversal a la zona a urbanizar y en la pendiente del macizo. Los dos primeros para obtener información del centro del macizo y el tercero para obtener la variación de velocidades de V_p y V_s en la zona con mayor meteorización.

- **Equipos y materiales utilizados**

Para realizar este trabajo es indispensable utilizar los siguientes implementos además del equipo personal:

- ✓ Piqueta, Bolsas clip y Sacos para la toma de muestras
- ✓ Solución de ácido clorhídrico (HCL) al 10%.
- ✓ Libreta de campo, Lápices y marcadores.
- ✓ Brújula, Cinta métrica, Lupas con aumento 10x y 15x.
- ✓ Sismógrafo, Geófonos de 14 Hz, Mandarria de 12 kg, Cable para geófonos
- ✓ Laptop, Cámara fotográfica, Equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

I.1.8.3.- Ensayos de laboratorio

Con el fin de determinar la caracterización y los parámetros de resistencia de los materiales del subsuelo se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos y en el de Mecánica de rocas:

A los suelos:

- **Caracterización**

- ✓ Granulometría, Límites de consistencia, Humedad, Peso específico.

- **Propiedades geomecánicas**

- ✓ Peso Unitario, Compresión sin confinar y Ensayo Corte directo

- **A las rocas:**

- ✓ El estudio petrográfico, para conocer su mineralogía.

I.1.8.4.- Etapa de oficina

Consiste en la organización y procesamiento de los datos obtenidos, y en la evaluación de los parámetros geológicos y geomecánicos del área de estudio como son: litología, principales discontinuidades, ubicación de las perforaciones, clasificación geomecánica de cada afloramiento, tipos de soporte y métodos de excavación, con el fin de cumplir con los

objetivos propuestos y de esta manera obtener los resultados para poder llegar a las conclusiones esperadas y hacer recomendaciones pertinentes del estudio geológico-geotécnico y geofísico, tal y como se describe a continuación:

- **Procesamiento de datos**

Culminada la etapa de campo y de laboratorio, se procedió a procesar los datos obtenidos, mediante la elaboración de mapas, gráficas de discontinuidades y planillas de perforación que contengan toda la información de los núcleos recuperados.

- **Elaboración de planillas de perforación**

Por medio de los datos derivados de las perforaciones ejecutadas en el área de interés, se procedió a plasmar los resultados de las perforaciones: Descripción visual y los resultados de los ensayos de laboratorio.

- **Elaboración de mapa geológico**

Mediante la información obtenida en campo, y la recopilada con anterioridad, interpretando y sintetizando dicha información y utilizando el programa Auto CAD 2010 se procedió a elaborar el mapa geológico-geotécnico de la zona estudiada.

- **Gráficas de discontinuidades y caracterización del macizo rocoso**

Se utilizaron los programas Dip para las proyecciones estereográficas y determinar la estabilidad cinemática de taludes, Slice para la estabilidad mecánica y rock lab para las propiedades mecánicas del material.

- **Análisis de los resultados**

Se procedió a la interpretación de los resultados obtenidos de las etapas anteriormente descritas para poder elaborar las conclusiones y hacer las recomendaciones pertinentes.

I.1.9.- Normas aplicables:

Las siguientes Normas y Referencias forman parte integral de las Bases y Criterios de Diseño y serán usadas en los Capítulos que corresponda, entendiéndose que se hace referencia a la última versión editada.

Covenin

- COVENIN 1756:1-2001 Edificaciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos.
- COVENIN 1756:1-2001 Edificaciones Sismorresistentes. Parte 2: Comentarios.

Normas Internacionales

American Society for Testing and Materials (ASTM)

- ASTM D-1587 Método Estándar para muestreo de suelos con tubos de paredes delgadas.
- ASTM D 2488-93 Examen Visual de las Muestras
- ASTM D-2261-71 Contenido de humedad en los suelos.
- ASTM D-2487 Método de clasificación de suelos para fines de Ingeniería.
- ASTM D-422 Método de análisis del tamaño de las partículas del suelo.
- ASTM D-424 Método de ensayo para límites plásticos e índice de plasticidad en los suelos.
- ASTM D-653 Definición de términos y símbolos relativos a la mecánica de rocas y suelos.
- Normas ASTM para la ejecución de las perforaciones, ensayos de campo y ensayos de Laboratorio.

I.1.10.- Antecedentes

I.1.10.1.- Geología y Geotecnia

- MARCANO, F. (1974), estudió el Esquistos de Las Brisas basándose en las características micro petrográficas, físicas y mecánicas, con el fin de conocer, las características composicionales y texturales de acuerdo con el grado de meteorización, relacionándolo con las propiedades físicas y mecánicas del material litológico.
- BORGES, C. (1972), Realizó un estudio geotécnico de algunas rocas de la formación "Las Brisas" en el sector de la Guairita, Estado Miranda.
- ZAMBRANO, C. (2007), Realizó un estudio, donde establece la caracterización litológica de un sector en la zona del Hatillo, ubicada en el Estado Miranda, al

sureste de Caracas, para definir la intensidad del proceso de meteorización que las han afectado y caracterizar dicho perfil desde el punto de vista geotécnico.

- NAVARRETE, O. ARAQUE, M. (2010), Realizó una caracterización y análisis del perfil de meteorización, en las facies de los Esquistos de La Formación Las Brisas, incluyendo los coluviones asociados a éstos, en el sector comprendido entre las urbanizaciones El Placer, Piedra Azul y Sector La Limonera, Municipio Baruta, Estado Miranda.
- CARVALLO, X. (2000), realizó una caracterización del perfil de meteorización, en algunas rocas de la Formación Las Mercedes, grupo Caracas; definiendo las características litológicas de las capas aflorantes, así como el suelo residual, coluvión, capa vegetal, particularmente en términos de espesor, granulometría, textura color y estructura; este perfil fue comparado con los perfiles típicos de meteorización propuesto por Deere y Patton (1971).
- TOVAR, M. (2005), realizó un estudio geológico-geotécnico, basado en la caracterización de suelos residuales, en las zonas de influencia del área metropolitana de Caracas, para esto se describieron y caracterizaron geológicamente, los suelos residuales naturales e imperturbados del perfil de meteorización de las rocas correspondientes a los esquistos de la Brisas y de Las Mercedes, para así determinar su comportamiento geotécnico.
- DOMÍNGUEZ, N. (2005), realizó una caracterización geotécnica de las masas rocosas ígneo - metamórficas, que conforman los taludes a lo largo de la autopista Valencia – Puerto Cabello, con la finalidad de calcular los parámetros geomecánicos de la roca intacta y de la masa rocosa; para luego aplicar los métodos racionales pertinentes, para analizar la estabilidad de taludes, y de esta manera cuantificar el nivel de riesgo geotécnico que esos taludes presentan.
- ZAMORA, J. (2007), realizó un estudio geomorfológico, para así estimar el riesgo natural asociado a movimientos de remoción de masa, tras el análisis e interrelación de las variables físicas, que consideró necesarias para obtener el grado relativo de estabilidad de los terrenos, que existen en el Distrito Metropolitano de Caracas.

- ZAMBRANO, C. (2007), realizó una caracterización geotécnica en una zona de El Hatillo, al sureste de Caracas, con el fin de elaborar perfiles, en los cuales se exprese el grado de meteorización presente en las rocas. Con dichos perfiles, se logró conocer la disposición de las capas que los conforman, y establecer las condiciones de erosionabilidad y estabilidad de los taludes. De igual forma logró formular ciertas recomendaciones para la preservación de los taludes.

I.1.10.2.- Geofísicos

- MEZA, J (2010), realizó un estudio del subsuelo en las ciudades de Maracay, Estado Aragua y Valencia, Estado Carabobo, utilizando el método de sísmica de refracción somera, con el fin de aportar información para determinar el riesgo sísmico en la región.
- MARTÍN, J. (2008), explica que en los métodos sísmicos se mide el tiempo de propagación de ondas elásticas, transcurrido entre el sitio donde se generan las ondas sísmicas y las llegadas de estas a diferentes puntos de observación. En la sísmica de refracción los parámetros de adquisición de los datos deben ser seleccionados de acuerdo a la profundidad del objetivo.

Las ondas sísmicas se generan a través de golpes en el suelo con un martillo, con un camión vibrador o mediante explosiones; estas incluyen tanto ondas sísmicas internas, Primarias y Secundarias, como ondas superficiales, Love y Rayleigh. Estas ondas se propagan en el interior de la tierra hasta alcanzar puntos donde existen cambios en las propiedades elásticas de los medios estas fronteras son llamadas interfaces.

Para recabar información de interés a través de sísmica de refracción, en sondeos de poca profundidad y con fines geotécnicos para determinar la profundidad de la roca dura, el grado de meteorización y competencia de la roca dura, así como también para obtener la velocidad a lo largo de la superficie refractora que resulta de la interface entre dos medios con distintas propiedades físicas.

Según Martín (2008), los componentes del equipo de medición de refracción sísmica se pueden agrupar de la siguiente manera.

- Fuente de generación de ondas sísmicas.
- Detectores de los movimientos del terreno.
- Sistema de adquisición y almacenamiento.



Figura N° 4, Esquema general del equipo de refracción sísmica. (Martín, 2008).

- GONZÁLEZ, J. (2006), realizó la evaluación de la eficacia de la sísmica somera, apoyada en la geología y la geoestadística, para la realización de estudios de licuación de suelos en la isla de barrera de la laguna de Unare, Estado Anzoátegui.
- CAVADA, J. (2000), sostiene que la mayor aplicación del método es explorar el subsuelo con fines geotécnicos o mineros a profundidades entre 0 y 100 m. Es efectivo para delimitar la interface entre medios elásticos con un fuerte contraste de velocidad (mayor que 2:1), tal como el que existe entre el basamento de roca inalterada y el material de recubrimiento constituido por aluvión o por roca meteorizada. No suele ser de utilidad para delimitar estratos sedimentarios entre sí

CAPÍTULO II

II.1.- MARCO TEÓRICO

II.1.1.- Conceptos y herramientas geotécnicas para la identificación y clasificación de suelos y rocas

- **Matriz rocosa**

Según González (2002), es el material que conforma la roca sin la presencia de discontinuidades, y cuyo comportamiento heterogéneo y anisotrópico se encuentra directamente ligado a su fábrica, textura y estructura cristalina. Mecánicamente es caracterizada por su peso específico y resistencia a la compresión simple.

- **Propiedades físicas de la matriz rocosa:**

Existe una serie de parámetros que se emplean para la identificación y descripción cuantitativa de las propiedades básicas y el comportamiento mecánico de las rocas, tales como:

- ✓ **La composición mineralógica y la fábrica** determinan el comportamiento mecánico de la matriz rocosa.
- ✓ El **estudio petrográfico** permite interpretar las propiedades físicas de la roca, en función de sus componentes y características petrográficas (Poros y fisuras, uniones intergranulares, minerales, composición química, etc.).
- ✓ **La porosidad** es la relación entre el volumen ocupado por los espacios vacíos o poros en la roca y el volumen total (Partículas sólidas más los espacios vacíos).
- ✓ **El peso específico** o peso unitario de la roca depende de sus componentes, y se define como el peso por unidad de volumen. Sus unidades son las de fuerza (Kilopondio, Newton, Tonelada-Fuerza, etc.) por volumen.
- ✓ **La permeabilidad** es la capacidad de transmitir agua de una roca. La mayoría de las rocas presentan permeabilidad baja a muy baja, la filtración y el flujo del agua, a través de la matriz rocosa, se produce a favor de poros y fisuras.
- ✓ **La durabilidad** es la resistencia que la roca presenta ante los procesos de alteración y desintegración, propiedad que también se alude como alterabilidad, definida como la tendencia a la rotura de los componentes o de las estructuras de la roca.

- ✓ **La resistencia o compresión simple** es el máximo esfuerzo que soporta la roca sometida a compresión uniaxial, determinada sobre una probeta cilíndrica sin confinar en el laboratorio, y viene dada por:

$$\sigma_c = F_c / A = \text{fuerza compresiva aplicada} / \text{Área de aplicación}$$

- ✓ **La resistencia a la tracción** es el máximo esfuerzo que soporta el material ante la rotura por tracción. Se obtiene aplicando las fuerzas traccionales o distensivas a una probeta cilíndrica de roca en el laboratorio.

$$\sigma_t = F_t / A = \text{fuerza de tracción aplicada} / \text{Área -sección de la probeta}$$

- ✓ **La velocidad de propagación de las ondas elásticas**, al atravesar la roca depende de la densidad y de las propiedades elásticas del material, y su medida aporta información sobre algunas características como la porosidad. (Modificado de Vallejo, 2002).

Tabla N° 1. Propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación. (Modificado de Vallejo, 2002).

Propiedades de la matriz rocosa y métodos para su determinación		
	Propiedades	Métodos de determinación
Propiedades de identificación y clasificación	Composición mineralógica. Fábrica y textura. Tamaño de grano y color.	Descripción visual. Microscopía óptica y electrónica. Difracción de rayos X.
	Porosidad	Técnicas de laboratorio
	Peso específico	
	Contenido de humedad	
	Permeabilidad (coeficiente de permeabilidad)	Ensayo de permeabilidad
	Durabilidad	Ensayo de alterabilidad
Alterabilidad (índice de alterabilidad)		
Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión simple	Ensayo de compresión uniaxial. Ensayo de carga puntual. Martillo Schmidt
	Resistencia a tracción	Ensayo de tracción directa. Ensayo de tracción indirecta.
	Velocidad de ondas sísmicas	Medida de velocidad de ondas elásticas en laboratorio
	Resistencia y deformabilidad (módulos de deformación elástica)	Ensayo de compresión triaxial y uniaxial. Ensayo de velocidad sísmica.

II.1.2.- Suelos

Se originan por los procesos de alteración y disgregación de las rocas (Sedimentarias, ígneas y metamórficas), que dan lugar a procesos geológicos externos y fenómenos climáticos. (Modificado de Vallejo, 2002).

- **Suelos Coluviales**

Son materiales transportados por gravedad cuyo origen es geológico estructural, en zonas de climas templados por la acción del hielo-deshielo. El proceso coluvial se origina por la alteración in situ de las rocas, principalmente, por el agua, posteriormente la masa saturada es transportada por efectos gravitatorios, en procesos como derrubios de ladera o depósitos de solifluxión.

Los procesos Coluviales se generan de masas inestables, su composición depende de la composición mineralógica de la roca in situ, su caracterización granulométrica es bien gradada debido a la presencia de fragmentos angulares plurimétricos o pluricentimétricos, envueltos en una matriz limo arcillosa, dándole a la masa una característica, bien diagnóstica en función de su variedad granulométrica y la angularidad de los granos. Su espesor es muy variable desde decenas de metros cúbicos de masa deslizada, hasta miles de metros cúbicos.

Desde el punto de vista geotécnico los coluviones tienen una gran importancia por su estado de masas inestables, la resistencia del conjunto es baja, sobretodo en la zona de contacto con sustrato rocoso, que en periodos de lluvia se infiltra el agua y causan el desarrollo altas presiones intersticiales. (Modificado de Vallejo, 2002).

- **Suelos residuales**

Son el producto de la meteorización de la roca (principalmente química) y permanecen en su lugar de origen. El sustrato rocoso es la roca madre de un suelo residual, hay un cambio suave entre el suelo residual y el sustrato. El espesor es raramente superior de 10m. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.3.- Rocas

Las rocas tratadas en esta tesis son metamórficas cuya característica más resaltante es el desarrollo de su foliación y su abundante expresión de discontinuidades mecánicas.

II.1.4.- Discontinuidades del macizo rocoso

El término discontinuidad mecánica, se refiere a los planos que separan en bloques la matriz rocosa a lo largo del macizo y comprometen su estabilidad cinemática. Su comportamiento mecánico queda caracterizado por su resistencia al corte. (Modificado de González 2002).

II.1.4.1- Diaclasa

Salcedo (1983), asume la definición de la ISRM del año 1981 que la define como “un quiebre o fractura de origen geológico en la continuidad de una roca, a lo largo de la cual no ha habido desplazamiento visible”, sin embargo se explica que es admisible un desplazamiento en sentido perpendicular al plano de discontinuidad. Para efectos de clasificación geomecánica, simplemente se mide este desplazamiento.

Un grupo de diaclasas paralelas se denomina “sets” o “familia de diaclasas”; varias familias de diaclasas al interceptarse forman un “sistema de diaclasas”.

II.1.4.2.- Foliación o Planos de Foliación

Son superficies homogéneamente distribuidas, características de las rocas metamórficas esta estructura planar se origina por la disposición axial a los esfuerzos aplicados de los minerales planares de la roca.

II.1.4.3.- Fallas

Desde la perspectiva geotécnica de macizos rocosos, una falla se refiere a una fractura o zona de fractura, “idealizada” a un plano, a lo largo del cual ha habido un desplazamiento relativo de un lado respecto al otro. Su importancia desde el punto de vista de la estabilidad de taludes en macizos rocosos radica en que, las fallas se constituyen en discontinuidades adicionales que presentan menor resistencia al corte que la roca intacta, lo que indica que a lo largo de ella puede haber rotura por corte. (Modificado de Salcedo, 1983).

Debe aclararse sin embargo, que el término falla es muy utilizado en ingeniería, y se refiere en términos generales a cambios sustanciales en las propiedades mecánicas del material, que lo vuelve incapaz de desempeñar sus funciones. Por ello en el presente trabajo, se utilizará el término indistintamente en otros materiales como suelos y estructuras.

II.1.4.4.- Grieta

Término utilizado para referirse a una fractura pequeña y con desplazamiento mínimo. (Modificado de Salcedo, 1983).

II.1.4.5.- Fisura

Salcedo (1983), define las fisuras como: “pequeñas grietas planares, que originan respuestas no lineales en el proceso de carga-deformación a bajos niveles de esfuerzos; asimismo, disminuyen la resistencia a la tracción, siendo responsables de la variabilidad y dispersión en resultados de ensayos.

II.1.4.6.- Foliación o esquistosidad

Se desarrollan como producto del metamorfismo de rocas preexistentes. Se constituyen en superficies penetrativas, que se desarrollan por alineaciones de familias minerales, en dirección perpendicular al esfuerzo máximo y se constituyen a la vez en alineaciones planares. (Modificado Salcedo, 1986).

El término esquistosidad es comúnmente usado en rocas con tamaño de grano apreciable, que desarrollan planos más gruesos, mientras que el término foliación se utiliza para granos más finos, que desarrollan planos más delgados. Sin embargo, ambos son términos relativos y varían según el autor. (Modificado Salcedo, 1986).

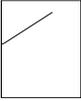
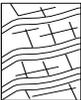
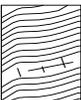
II.1.4.7.- Clasificación de Hoek (GSI – Geological Strength Index)

Partiendo de la litología, estructura y condiciones de las discontinuidades, se establece el índice GSI. Según este índice, la fuerza de un macizo, depende de las propiedades de los bloques de roca intacta y también sobre la capacidad de ellas de resistirse al deslizamiento y rotación entre sí. Esta resistencia es controlada por la geométrica de los bloques de roca intacta, así como por las condiciones de las discontinuidades. El GSI, proporciona un valor que, combinado con las propiedades de la roca intacta, puede utilizarse para estimar la reducción de fuerzas resistentes, ante diferentes condiciones geológicas. Se conoce que; $GSI = RMR - 5$. (Modificado de Hoek, 2006).

En 1999, Truzman realiza un ajuste de la clasificación original, aplicada a los macizos rocosos metamórficos de la Cordillera de la Costa venezolana (Tabla N° 3). El GSI es una clasificación que no depende de los factores: orientación, humedad, pretensión. El valor del GSI permite cuantificar las características geomecánicas de los macizos rocosos, y tomando en cuenta este número junto con los resultados de laboratorio de resistencia y

deformabilidad, se realiza un estimado de los valores representativos del macizo, tales como: cohesión, ángulo de fricción interna, resistencia a la compresión uniaxial y el módulo de deformación longitudinal. (Modificado de Truzman, 1999).

Tabla N° 2: Clasificación según índice de resistencia geológica, GSI.
Tomado de Truzman, 1999.

INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA LAS ROCAS METAMÓRFICAS DE LA CORDILERA DE LA COSTA DE VENEZUELA A partir de la descripción de la estructura y las condiciones de la superficie de la masa rocosa, seleccionar el intervalo apropiado de esta gráfica. Estimar el valor promedio del GSI de dicho intervalo. No intentar ser tan preciso. Escoger un rango de GSI de 36 a 42 es más aceptable que fijar un GSI=38. También es importante reconocer que el criterio de hoek-brown deberá ser aplicado solamente en macizos rocosos donde el tamaño de los 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 estará controlada por la estructura y el criterio de hoek-brown no deberá ser utilizado.		BRECHADA/CIZALLADA				
ESTRUCTURA		MUY BUENA Rugosa, superficies cerradas sin meteorización	BUENA Rugosa, ligeramente meteorizada, abertura < 1mm, rellenos duros	MEDIA Plana, moderadamente meteorizada, abertura 1 - 5 mm, rellenos duros y blandos	MALA Espejos de falla, superficies muy meteorizadas con abertura > 5 mm, predominan los rellenos blandos	MUY MALA Espejos de falla, superficies muy meteorizadas y abiertas con rellenos blandos
		DISMINUCION EN CALIDAD DE SUPERFICIE →				
	INTACTA O MASIVA: macizo rocoso con pocas discontinuidades, carentes de planos de foliación. Ej. Cuarzitas, anfíbolitas o mármoles	90		N/A	N/A	N/A
	POCO FOLIADA: macizo rocoso parcialmente fracturado con hasta tres sistemas de discontinuidades. Puede contener intercalaciones delgadas de rocas foliadas. Ej. Cuarzita fracturada intercalada ocasionalmente con esquistos y/o filitas	80	70			
	MODERADAMENTE FOLIADA: macizo rocoso fracturado constituido por intercalaciones de rocas foliadas y no foliadas en proporciones semejantes. Ej. Intercalaciones de esquistos y/o filitas con mármoles fracturados en proporción similar		60			
	FOLIADA: macizo rocoso plegado y/o fallado, muy fracturado, donde predominan las rocas foliadas, con ocasionales intercalaciones de rocas no foliadas. Ej. Esquistos y/o filitas muy fracturadas intercaladas ocasionalmente con mármoles lenticulares		50	40		
	MUY FOLIADA: macizo rocoso plegado, altamente fracturado, constituido únicamente por rocas muy foliadas. Ej. Esquistos y/o filitas muy fracturadas sin la presencia de mármoles, gneises o cuarzitas			30		
	BRECHADA/CIZALLADA: macizo rocoso muy plegado, alterado tectónicamente, con aspecto brechoide. Ej. Brecha de falla o zona influenciada por fallas cercanas				20	
		N/A	N/A			10
						5

II.1.5.- Exploración Geotécnica, Calicatas

De acuerdo a la Sociedad Venezolana de Geotecnia las calicatas, son excavaciones de 2 x 2 x 1.05 m. realizadas por medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno, toma de muestras y la realización de ensayos hasta la profundidad excavada. Tienen la ventaja de que permiten acceder directamente al terreno pudiéndose observar las variaciones litológicas, estructuras, discontinuidades y cualquier otra característica del sitio. Es común la toma de monolitos o muestras imperturbadas de gran tamaño para la realización de ensayos y análisis de laboratorio.

Las calicatas son uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno y dado su bajo costo y rapidez de realización, constituyen un elemento habitual en cualquier investigación in situ. Sin embargo cuenta con las siguientes limitaciones:

- La profundidad no suele exceder los 2m por razones estrictamente de Seguridad Industrial.
- La presencia de agua limita su profundización por debajo del nivel del agua.
- Su ejecución implica el cumplimiento de las normas de seguridad, frente a derrumbes de las paredes, así como cerciorarse de la presencia de instalaciones, conducciones, cables etc. (Modificado de Vallejo, 2002).



Figura N° 5. Calicatas realizadas para descripción visual del terreno

II.1.6.- Exploración Geotécnica, Perforaciones, Ensayo SPT

El ensayo SPT, Standard Penetration Test o ensayo de penetración estándar, permite obtener el valor N_{spt} o valor de resistencia a la penetración, este valor puede ser correlacionado con parámetros geotécnicos tales como: la densidad relativa, ángulo de fricción interna, carga admisible, y los asentamientos en los suelos.

El ensayo consiste en la introducción en la perforación de un saca muestras normalizado (Cuchara partida) unido al tren de tuberías de perforación y en forma continua o a cada metro, se penetra el suelo a percusión, mediante el golpeo con un martillo de 144 libras de masa, en caída libre desde una altura de 76 cm, hasta penetrar 30cm del suelo. El número de golpes se contabiliza en tres tramos de 15 cm de avance cada uno tomándose como valor absoluto la suma de los dos últimos tramos. El valor obtenido N_{spt} , corresponde al número de golpes, necesario para penetrar 30 cm y su unidad de medida es de golpes/pie. (Modificado de Vallejo, 2002).



Figura N° 6. Maquina de perforación, utilizada en el sitio estudiado, siendo trasladada a la siguiente perforación.

II.1.7.-Exploracion Geofísica, Refracción sísmica somera

Consiste en la realización de perfiles longitudinales instrumentados con sensores (Geófonos), espaciados entre sí una distancia conocida y generalmente regular. La energía que genera el disparo habitualmente mediante golpeo con un martillo de 8 kg, llega a los sensores provocando una perturbación que se registra en un sismógrafo. La longitud de los perfiles suele situarse habitualmente entre 25 y 100 m, con separación entre geófonos que no suele exceder los 5 m. Los puntos de golpeo son mínimo tres en cada perfil, situados al

inicio, mitad y final de cada perfil. Si los perfiles exceden longitudes de 60 m, el número de puntos de golpeo es habitualmente 5.

La medida de los tiempos de llegada de las ondas elásticas a los geófonos proporciona el valor de la velocidad de propagación y espesor de los materiales atravesados. Se mide el tiempo transcurrido entre el momento del disparo y la llegada de la primera perturbación a cada geófono. las primeras en llegar son las ondas directas; sin embargo, a partir de un punto, (Distancia crítica) llegan primero las ondas refractadas, es decir, las que circulan por los niveles inferiores del subsuelo. (Modificado de Vallejo, 2002).



Figura N° 7. Sismógrafo ES2415F de EG&G.

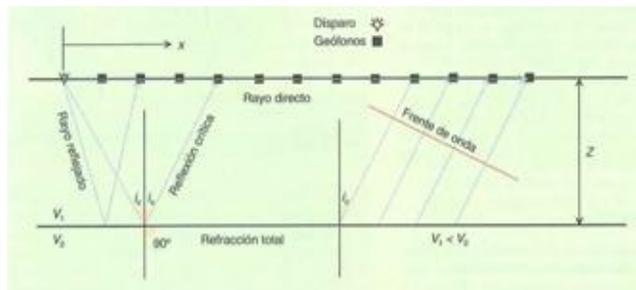


Figura N° 8. Fundamento de la prospección mediante sísmica de refracción.

II.1.8.-Aplicaciones del método de prospección por refracción

El método proporciona información de los espesores y velocidades de onda de los estratos del subsuelo. Esto puede resultar de utilidad principalmente en geología aplicada a obras civiles (Geotecnia) tales como en la construcción de edificios, puentes, represas, carreteras, taludes en los que interesa la profundidad de la roca inalterada, el grado de meteorización del recubrimiento, localizar materiales de construcción y grado de fractura o de facilidad de fractura de la roca y evaluar el riesgo sísmico. En minería para calcular volúmenes de material explotable y en Hidrogeología para ayudar a determinar la continuidad y extensión de acuíferos. En general, el método se aplica para:

- Obtener perfiles del espesor de sedimentos hasta el basamento en una cuenca sedimentaria.
- Localizar fallas, paleocauces, zonas de fracturas en el basamento rocoso somero.
- Obtener un perfil de espesores y velocidades hasta la roca fresca, diferenciando suelo, roca meteorizada, roca poco meteorizada y roca inalterada.

- Calcular volumen de material explotable principalmente en minas de arena, caliza, oro de aluvión, ocre, caolín.
- Determinar la continuidad de estratos acuíferos.
- Calcular los tiempos de tránsito de las ondas a través de las capas de baja velocidad cercanas a la superficie, para corrección estática de campo en prospección por reflexión.

II.1.9.- Alcances, limitaciones y utilidad del método de prospección por refracción.

Según Sarria, (1996), en función de la aplicación del método para el estudio de suelos aplicados a la ingeniería de obras, se establecen los siguientes alcances y limitaciones:

- **Alcances**

- ✓ Detecta variaciones tanto en profundidad como en la horizontal de la velocidad de las ondas P y S.
- ✓ Permite la detección de la profundidad del basamento y su relieve, dependiendo de variables como longitud del tendido, energía de la fuente sísmica y velocidad del suelo.

- **Limitaciones**

- ✓ Sólo funciona cuando la velocidad de propagación de las ondas aumenta con la profundidad. En el caso de suelos con capas intermedias de menor velocidad el método arrojaría resultados erróneos.
- ✓ Para el caso de aplicaciones urbanas de la ingeniería civil, el método de refracción sísmica está limitado por la disponibilidad de zonas descubiertas con suficiente extensión. La longitud del tendido en superficie está directamente relacionada con el alcance de la exploración en profundidad.

- **Utilidad**

También es muy útil para detección de fallas geológicas. En el caso de contextos urbanos la refracción resulta útil para la determinación de espesores sedimentarios y el perfil de velocidades de onda P y S; y para la extrapolación lateral de perforaciones puntuales de suelos.

II.1.10.- Terminología comúnmente utilizada en clasificaciones geomecánicas en rocas

- Orientación de las discontinuidades:

La disposición espacial de las discontinuidades para fines de ingeniería, se reduce a la orientación de los planos “ideales” que mejor la representen. Queda definida por su dirección de las rectas horizontales del plano, medidas respecto al norte en sentido horario, y por buzamiento que es el ángulo que forma la recta de máxima pendiente de dicho plano con un plano horizontal. En campo dicha medición se realiza mediante el uso de la brújula con clinómetro. (Modificado Salcedo, 1986).

II.1.11.- Propiedades índices y ensayos geomecánicos para rocas y suelos

II.1.11.1.-Ensayo de resistencia al corte

Este ensayo consiste en medir la resistencia al corte de un plano de discontinuidad in situ. Se realiza en muestras tomadas en galerías o en superficies

II.1.11.2.-Ensayo uniaxial o de compresión simple

Permite determinar en laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca, o suelo también es llamada resistencia a compresión simple por medio de este ensayo se puede calcular las constantes elásticas: el módulo de Young y módulo de Poisson. Es por tanto, un ensayo para la clasificación de la roca o suelo por su resistencia y para la determinación de su deformabilidad.

Este ensayo se realiza sobre un cilindro de roca o suelo, al que se aplica gradualmente fuerza axial hasta que se produce su rotura, la variable de control es la fuerza, cuya magnitud y velocidad de aplicación puede ser controlada. Las deformaciones axiales que se van produciendo en la probeta se miden mediante comparadores o bandas extensométricas. Durante el ensayo se van registrando las curvas esfuerzo – deformación axial de la probeta, así como sus deformaciones radiales o transversales. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.11.3.-Esclerometro o martillo de Schmidt

Este ensayo permite estimar de forma aproximada la resistencia a la compresión simple mediante una sencilla correlación, siendo aplicable fundamentalmente a matriz rocosa, pero también a discontinuidades. Su uso es muy extenso dada su facilidad y rapidez de utilización.

El esclerómetro consiste en un dispositivo de geometría cilíndrica que dispone de un pistón en su interior y de una punta retráctil, la cual, al ser presionada contra la roca hace que el pistón se dispare. Para la realización del ensayo de campo se realizan los siguientes pasos:

- Limpiar la zona a ensayar, que debe estar libre de fisuras o grietas.
- Eliminar la patina de rocas meteorizada.
- Se coloca el martillo sobre la superficie a ensayar, presionando hasta que rebota el pistón, el aparato debe colocarse perpendicular al plano de ensayo. (Modificado de Vallejo, 2002).

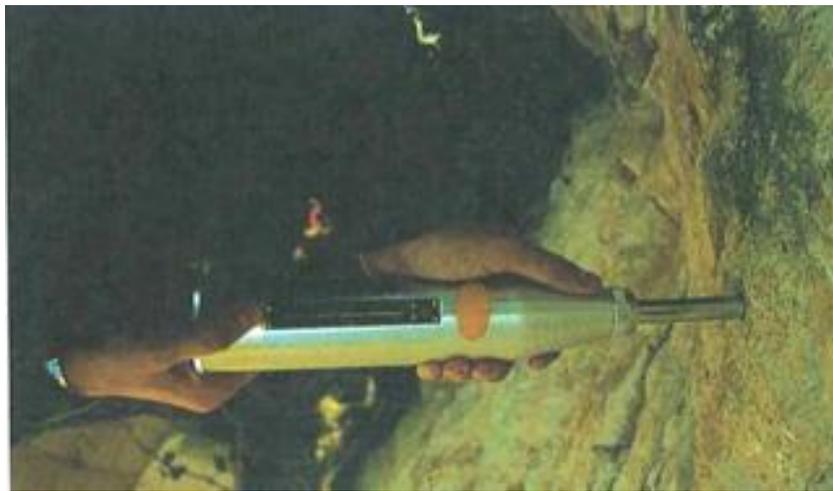


Figura N° 9. Martillo Schmidt

II.1.12.-Propiedades índices y ensayos geomecánicos para suelos:

II.1.12.1.-Ensayo CBR

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) se utiliza para evaluar la capacidad portante de suelos en terraplenes, y capas de base o sub base en firmes. El ensayo consiste en compactar las muestras en moldes normalizados, sumergir en agua las probetas y realizar un punzonamiento sobre la muestra con un pistón normalizado. Los resultados se representan en curvas de densidad seca- índice CBR. Este índice indica el porcentaje de presión ejercida por el pistón sobre el suelo para una penetración determinada con relación a la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra tipo. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.12.2.-Humedad (W)

Es la relación entre el peso del agua que contiene la muestra y el peso de sus sólidos, a determinar por secado en estufa. Suele variar entre 5 y 8 % en suelos granulares (arenas y gravas) y entre 60 y 70 % en suelos arcillosos, aunque en algunos suelos orgánicos y de marisma alcanza valores de 300 - 400 %. (Tomado de Vallejo, 2002).

El contenido de humedad suele expresarse en porcentaje:

$$W_w = (W_h + t) - (W_s + t) = W_h - W_s$$

$$\text{y } W_s = (W_s + t) - t$$

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

II.1.13.- Clasificación de las rocas según su estado físico (“Clasificación de Flores Calcaño”)

Desarrollada por el geólogo Carlos Flores de Calcaño, en el trabajo titulado “Representaciones gráficas de los términos geotécnicos más usuales”. Establece una sencilla nomenclatura que define el estado de la roca en base a tres parámetros, a saber; meteorización, dureza y grado de fracturamiento.

La meteorización se establece con letras mayúsculas, mientras que dureza y fracturamiento en minúsculas. Siempre la nomenclatura comienza con la “R” de roca. La letra “m” delante de alguna de las siglas implica que se añade el calificativo “muy”.

En base al grado de meteorización la roca puede ser:

- Fresca (RF)
- Meteorizada (RM) o muy meteorizada (RmM)
- Descompuesta (RD) o muy descompuesta (RmD)

En base a la dureza la roca puede ser:

- Dura (d) o muy dura (md)
- Blanda (b) o muy blanda (mb)

En base al grado de fracturamiento la roca puede ser:

- Sana (s)
- Fracturada (f) o muy fracturada (mf)

Así una RmMbmfbf, viene a expresar una roca muy meteorizada, blanda y muy fracturada, De Santis (2009), explica que desde el punto de vista práctico, las clasificaciones de rocas según

su estado físico, se realizan en base a ensayos de resistencia a la compresión de muestras tomadas en campo, y a nivel regional se debe contar con la interpretación fotogeológica de las formas fisiográficas del relieve, que en muchos casos son indicativas de la dureza de las rocas.

II.1.14.- Taludes

II.1.14.1.-Movimientos de laderas

Estos se pueden definir como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones. Dicho movimiento, por su gran extensión y frecuencia, constituye un riesgo geológico muy importante, que afecta a edificaciones, vías de comunicación, cauces y embalses, entre otros.

Los movimientos de laderas engloban diferentes tipos de procesos, como los deslizamientos, desprendimientos, flujos y coladas de barro o derrubios, avalanchas rocosas entre otros. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.14.2.-Deslizamientos

Son movimientos de masas de suelos o rocas que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suele ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta millones de metros cúbicos). (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.14.3.-Flujos

Son movimientos de masa de suelos (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o *debrisflow*) o bloques rocoso (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta con un fluido, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de roturas definidas. Principalmente, afectan a suelos arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados estos movimientos poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.14.4.-Desprendimientos

Son caídas libres muy rápidas de bloques o masa rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, entre otros). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpada, en acantilados y en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. Los factores que los provocan son la erosión y pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.14.5.-Avalancha rocosa

Estos procesos, considerados como desprendimientos o movimientos complejos en algunas clasificaciones son muy rápidos, con caída de masa de rocas o derrubios que se desprenden de laderas escarpadas. Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamiento o desprendimientos de gran magnitud que, por lo elevado de la pendiente y la falta de cohesión de los materiales, descienden a gran velocidad laderas abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100 Km/hora, incluso si las masa están completamente secas, por la disminución de la fricción a que da lugar la presencia de aire entre los materiales y fragmentos rocosos. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.14.6.-Análisis de estabilidad

Una vez conocido los datos geológicos, hidrogeológicos y geométricos, tanto de la masa deslizada como de la ladera, y las propiedades geomecánicas de los materiales, pueden establecerse los modelos geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos para llevar a cabo los análisis de la estabilidad y del comportamiento de la ladera. (Modificado de Vallejo, 2002).

La determinación cuantitativa de la estabilidad, en términos determinísticos (mediante el cálculo del coeficiente de seguridad o mediante el cálculo de la relaciones tenso-deformacionales y de los desplazamientos admisibles) o probabilistas, es un requisito fundamental en los proyectos de ingeniería que precisan actuaciones sobre laderas con inestabilidades. (Modificado de Vallejo, 2002).

Los análisis posteriores mediante los métodos de equilibrio límite proporcionan:

- El coeficiente de seguridad de la ladera, a partir del conocimiento de la superficie de rotura y de las propiedades de los materiales.
- Los parámetros resistentes, cohesión y ángulos de fricción, del plano de rotura, utilizado en el modelo la superficie de deslizamiento y el valor del factor de seguridad (para análisis en situaciones inestables o cercanas al equilibrio se toma $FS= 1,00$), lo que permite comparar los resultados con los datos obtenidos de laboratorio, y realizar análisis paramétricos o de sensibilidad para obtener los valores de los parámetros resistentes más representativos.

Las modelizaciones mediante métodos tensión – deformación permiten:

- Determinar las pautas y el modelo de comportamiento tenso –deformacional de toda la ladera, a partir de las propiedades de los materiales, y su comparación con el comportamiento real observado.
- Determinar los parámetros resistentes y deformacionales de los materiales de la ladera, reproduciendo los rasgos y el comportamiento observado en campo, y la comparación de estos parámetros con los obtenidos en laboratorio. (Modificado de Vallejo, 2002).

Los métodos de estabilidad de taludes más empleados son los de equilibrio límite, que analizan el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consisten en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una, determinada superficie de rotura. Estos métodos se basan en tres criterios principales. El primero, es la selección de una superficie teórica de rotura en el talud; el segundo, es el criterio de rotura de Mohr-Coulomb; y por último, la definición de Factor de Seguridad.

Los problemas de estabilidad son estáticamente indeterminados, y para su resolución, es preciso considerar una serie de hipótesis de partida diferentes según los métodos, de igual forma se asumen tres condiciones. Como primera condición, la superficie de rotura debe ser postulada con una geometría tal que permita que ocurra el deslizamiento, una superficie “posible” cinemáticamente hablando. Por otra parte, la distribución de fuerzas actuando en la superficie de rotura podrá ser calculada empleando datos conocidos, por ejemplo, los determinados de los ensayos como peso específico, piezometría, etc. Por último, la resistencia se moviliza simultáneamente a lo largo de todo el plano de rotura.

Según tales condiciones, es permitido establecer las ecuaciones de equilibrio entre fuerzas que inducen el deslizamiento (actuales) y las fuerzas resistentes. Los análisis proporcionan el valor del factor de seguridad del talud para la superficie en análisis, bajo equilibrio estricto o equilibrio límite de las fuerzas que actúan. Este factor se expresa de la siguiente forma:

$$F = \frac{\text{Fuerzas Resistentes}}{\text{Fuerzas Actuantes}}$$

O expresado en términos de esfuerzos,

$$F = \frac{\text{Esfuerzos tangenciales resistentes}}{\text{Esfuerzos tangenciales deslizantes o actuantes}}$$

Después de evaluar el factor de seguridad de la superficie supuesta, es necesario analizar otras superficies de rotura, hasta encontrar la condición con el menor factor, reconocida como superficie potencial de rotura del talud, este factor se toma como el factor de seguridad de todo el talud.

Las fuerzas que actúan sobre un plano de rotura o deslizamiento potencial, suponiendo que no existen fuerzas externas sobre el talud, son las debidas al peso del material, W , a la cohesión, c , y a la fricción, ϕ del plano, como se muestra en la Figura N° 10.

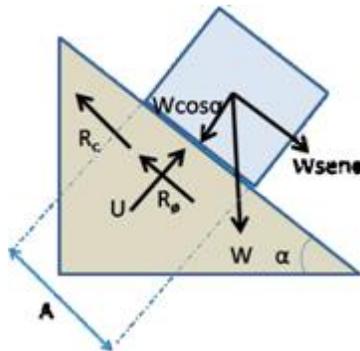


Figura N° 10. Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud

En este caso, el factor de seguridad viene dado por la siguiente ecuación;

$$F = \frac{R_c + R_\phi}{S}$$

Siendo,

- R_c : las fuerzas cohesivas = cA ;
- R_ϕ : fuerzas friccionantes = $W \cos \alpha \tan \phi$
- S : las fuerzas que tienden al deslizamiento = $W \sin \alpha$
- A : área del plano de rotura.

Si existe U, es decir, las fuerzas totales debido a una presión de agua sobre la superficie A; la ecuación se traduce a:

$$R_{\phi} = (W \times \cos \alpha - U) \times \tan \phi$$

Existen distintos métodos para el cálculo del factor de seguridad por equilibrio límite, que varían en complejidad, fundamentados en la aplicación para análisis de suelos. Estos métodos proporcionan un factor de seguridad a partir de la solución inmediata de ecuaciones con alta simplicidad, mientras que hay otros métodos numéricos que requieren de sistemas de ecuaciones y procesos de cálculo iterativo.

Los métodos de equilibrio límite pueden considerar el análisis del bloque o masa total, o la masa dividida en franjas o rebanadas. Los primeros son válidos para materiales homogéneos, y realizan una comparación de fuerzas en un único punto de la superficie de rotura, los segundos pueden considerar materiales no homogéneos, y conllevan a una hipótesis propias sobre la localización, posición y distribución de las fuerzas que actúan sobre las rebanadas; el cálculo de las fuerzas actuantes se hace para cada una de las rebanadas en que se ha dividido el talud, integrándose finalmente los resultados obtenidos. Los métodos de rebanadas más comunes son el de Bishop modificado y el de Jambu, válidos para el análisis de roturas curvas el primero y de roturas curvas, planas y poligonales el segundo.

Para suelos heterogéneos, y taludes irregulares, se emplea el método de rebanadas o fajas. Se elige un círculo tentativo y la masa deslizante se subdivide en un número de fajas verticales. Cada faja considerada como un sólido rígido, deberá satisfacer las condiciones de equilibrio. Para ello se considera que cada faja está solicitada por un conjunto de fuerzas, peso (W), Fuerza de corte, en caras laterales (T), fuerza normal en las caras laterales (E), Fuerza tangencial (S), fuerza normal en la base (U) y resultante de la presión de poros (U).

II.1.14.7.-Taludes en suelos

Como métodos clásicos para análisis de estabilidad en suelos se puede considerar:

- El análisis de roturas planas en taludes “infinitos”.
- Los análisis de varios bloques de terreno que interaccionan entre sí, aplicables a superficies de rotura del tipo poligonal (método de las cuñas).
- Los métodos que analizan el equilibrio total de una masa deslizante, de desarrollo circular o logarítmico, para análisis de roturas curvas.
- Los métodos de rebanadas.

II.1.14.8.- Método de Rebanadas. Método de Bishop.

La hipótesis de Taylor, asume que los esfuerzos normales en la superficie de rotura, están concentradas en un único punto, lo que supone un cierto error, aunque, en general, queda del lado de la seguridad. Además, el ábaco de Taylor solo permite introducir la presencia de agua en el caso de suelo y nivel freático horizontales. Para evitar estos inconvenientes, Bishop desarrolló en 1955 un método con las siguientes hipótesis:

- Se supone una superficie de rotura circular.
- La masa deslizante se divide en n rebanadas o fajas verticales.
- Se establece el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto al centro de círculo.

De la condición de equilibrio de fuerzas verticales en cada rebanada se obtienen las fuerzas, (normales a la superficie de rotura) y se sustituyen en la ecuación resultante de equilibrio de momentos. El método de Bishop simplificado supone, además, que las fuerzas de contacto entre cada dos rebanadas no influyen por estar equilibradas. Se obtiene, así la expresión del factor de seguridad de la superficie considerada.

Dado que no aparece en la expresión de forma explícita, es necesario realizar varias iteraciones para obtener su valor, aunque la convergencia suele ser muy rápida. Una vez obtenido el factor de seguridad de la superficie considerada, se supone una nueva superficie circular y se determina el nuevo valor de, y así sucesivamente hasta obtener el mínimo.

II.1.15.-Excavabilidad

Como primer paso en la construcción de cimentaciones, se encuentra la excavación del suelo o roca que yace bajo la superficie y por encima del nivel de dicha cimentación. Por lo tanto las excavaciones tienen como función preparar el terreno para la futura construcción del sistema de cimentación propuesto. Los correspondientes al equipo de carga, por orden de preferencia, son: Producción requerida, zona de trabajo o carga (amplitud y condicionantes), características del material a cargar (en banco, ripado, volado), disponibilidad requerida, equipo de transporte a utilizar.

II.1.16.- La Erosionabilidad

Es una medida de la susceptibilidad al arranque y transporte por los agentes de la erosión. La erosionabilidad del suelo es un efecto integrado de los procesos que regulan la absorción de la lluvia y la resistencia de las partículas del suelo al arranque y posterior transporte. Estos procesos están influidos por las propiedades del suelo tales como tamaño de partículas, estabilidad de agregados, materia orgánica, y por el tipo de arcillas o por características edáficas que afectan la estructura del suelo, la dispersión y la transmisión de agua (LAL, 1994).

Un suelo que mantiene una buena agregación hace difícil el proceso de erosión porque las partículas se mantienen unidas y porque permite el flujo de agua en su interior. En cambio, cuando los agregados se dispersan, las partículas son fácilmente erosionables, se tapan los poros y el agua en lugar de infiltrarse fluye en superficie (Cerdà. 2001).

II.1.17.- Fundaciones

Toda estructura debe estar apoyada necesariamente en el terreno, que puede considerarse un material más de las que la conforman. Sin embargo, en comparación con el resto de los materiales estructurales, el suelo es menos resistente y más deformable. Por consiguiente no puede resistir las mismas tensiones y resulta preciso dotar a la estructura de apoyos o cimientos para mantener su estabilidad, repartiendo y transmitiendo al terreno unas presiones que sean compatibles con su resistencia y con su deformabilidad. (Modificado de Vallejo, 2002).

II.1.17.1.- Tipos de fundaciones

Las distintas o diferentes tipos de fundaciones se clasifican desde el punto de vista constructivo en dos tipos:

Fundaciones Superficiales o directas:

- Zapatas aisladas.
- Zapatas atirantadas.
- Zapatas y vigas de fundación.
- Zapatas corridas.
- Losas de espesor constante.
- Losas nervadas.
- Losas flotantes.

Zapatas

Las zapatas “cimentaciones en zonas aisladas de la estructura” son los tipos más utilizados y se utilizan cuando el terreno tiene en su superficie una resistencia media o alta con respecto a las cargas de la estructura.

Es homogénea como para ser afectadas por asentamientos diferenciales entre las distintas partes.

Zapatas aisladas

Son de carácter puntual, se usan para soportar columnas individuales en una edificación y generalmente están constituidas por dados de hormigón de planta cuadrada aunque ocasionalmente pueden hacerse rectangulares o circulares. Las fundaciones de zapata en general constituyen los tipos más usados tanto por su economía como por su sencillez de construcción.

Zapatas y vigas de fundación

La viga de fundación es un elemento estructural que permite tomar las cargas de muro y transmitir las a zapatas aisladas.

Zapatas corridas

Cuando se trate de pilares alineados muy próximos a muros, o de equilibrar cargas excéntricas sobre las zapatas contiguas, se considera directamente el empleo de una zapata continua o zapata corrida.

Losas

Las losas “cimentación sobre toda la superficie de la estructura” se emplean en terrenos menos resistentes o menos homogéneos o bajo estructuras menos resistentes. Con ellas se aumenta la superficie de contacto y se reducen los asentamientos diferenciales. Puede decirse de forma aproximadamente que la losa es más económica que las zapatas si la superficie total de estas es superior a la mitad de la superficie cubierta por el edificio, debido al menor espesor de hormigón y cuantía de armaduras, a una excavación más sencilla y un ahorro de encofrados.

Losas de espesor constante

Tiene la ventaja de su gran sencillez de ejecución. Si las cargas y las luces no son importantes el ahorro de encofrados puede compensar el mayor volumen de hormigón necesario.

Losas Nervadas

Están conformadas por n nervios principales bajos las columnas y otros secundarios; los nervios pueden ser superiores o inferiores, en el caso de nervios superiores el encofrado es más complicado, y suele ser necesario el empleo de un relleno de aglomerado ligero y un solado independiente para dejar plana la superficie superior. Los nervios inferiores pueden hacerse sobre la excavación.

Losas Flotantes

Cuando es necesario construir estructuras muy sensibles a asentamientos en terrenos pobres puede recurrirse a fundaciones de losa flotante. La fundación debe hacerse de dimensiones tales que el peso del volumen de tierra removida sea similar a la carga producto del peso de la estructura. En esta forma las condiciones de carga en la superficie del terreno de fundación no han sido teóricamente modificadas por la construcción, de modo que será razonable suponer que los asentamientos serán bajos o nulos.

Fundaciones Profundas:

- Pilotes prefabricados.
- Pilotes vaciados in situ.

Pilotes

Pieza larga a modo de estaca, de madera, hierro y hormigón armado, que se hinca en el terreno, bien para soportar una carga, transmitiéndola a capas inferiores más resistentes, bien para comprimir y aumentar la compacidad de las capas de tierra subyacentes.

Pilotajes

Un pilotaje es una cimentación constituida por una zapata o encepado que se apoya sobre un grupo de pilote o columnas que se introducen profundamente en el terreno para transmitir su carga al mismo.

Los pilotajes se emplean cuando el terreno resistente está a profundidades de los 5 o 6 m; cuando el terreno es poco consistente hasta una gran profundidad; cuando existe gran cantidad de agua en el mismo; y cuando hay que resistir acciones horizontales de cierta importancia.

Pilotes Prefabricados

Estos se hincan en el terreno mediante maquinas del tipo martillo. Son relativamente caros ya que deben ir fuertemente armados y resistir los esfuerzos que se producen en su transporte, izado e hinca. Pueden originar perturbaciones en el terreno y en estructuras próximas durante su hinca, tienen la ventaja de que la hinca constituye una buena prueba de carga.

CAPITULO III

III.1.- GEOGRAFÍA FÍSICA

III.1.1.- Clima y vegetación

El clima característico de la zona es tropical, la temperatura varía según la altitud. La temperatura media anual es 24°C, con un máximo de 30°C durante los meses de julio y agosto y un mínimo de 20°C durante los meses de diciembre y de enero. Según la clasificación de Koeppen, el tipo de clima es la sabana (AW). La velocidad básica del viento calculado para toda el área es de 78 kilómetros por hora. La precipitación anual varía entre 264 mm y 1.223 mm, siendo mayor en el mes de julio, con un período de lluvia que comienza en el mes de mayo y culmina en el mes de octubre, y lo que representa una media anual de 700 mm. El promedio del índice de humedad es de 80%.

Tabla N° 3. Temperaturas y Precipitaciones

TEMPERATURA AMBIENTE (°C) (Data INAMEH)		PRECIPITACIÓN (mm)	
MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA:
30	14	1223	264

La vegetación predominante corresponde a un bosque seco y húmedo. Una cierta especie de árboles puede alcanzar hasta 20 metros de alto.

Es importante destacar que éste clima es el principal agente de meteorización y erosión de la roca, el cual es generador de los perfiles de meteorización y/o suelos presentes.

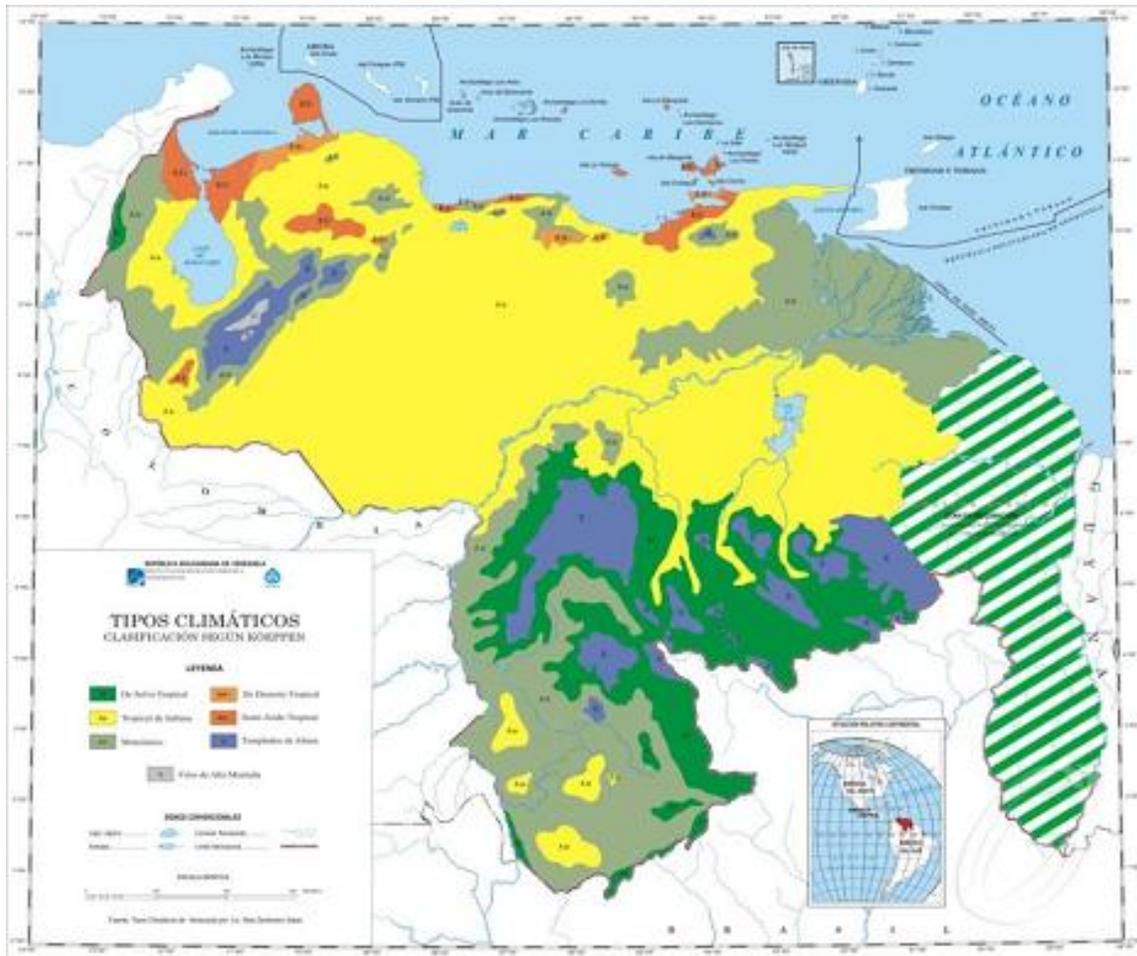


Figura N° 11. Tipos Climáticos de Venezuela.
Tomado de www.a-venezuela.com

III.1.2.-Hidrografía

Mediante la observación y estudio de los mapas de la zona se pudo establecer las características del drenaje original de la zona de estudio.

El cauce del drenaje principal ha sido severamente alterado por el desarrollo urbano, debido a lo cual se aprecian tramos rectilíneos alternado con tramos entallados en la topografía natural, y recibiendo una red de tributarios, igualmente alterada por el urbanismo pero en el cual se identifica un patrón dendrítico.

CAPITULO IV

IV.1.- TOPOGRAFÍA Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

IV.1.1.- Generalidades

Para llevar a cabo un proyecto de construcción civil es necesario conocer las formas topográficas y los diferentes niveles

Para ello es necesario realizar mediciones planialtimétricas que permitan la distribución de suficiente data para ser mapeadas y servirán de base para la data de obra civil generada por el proyectista de la obra.

Estas mediciones, deben regirse por la resolución del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (N° 10, del 22 de enero de 1.999), publicada el 03 de marzo de 1.999 en la Gaceta Oficial N° 36.653, el datum oficial para Venezuela es el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur (SIRGAS), del cual forma parte la Red Geodésica Venezolana (REGVEN). Este datum se denomina SIRGAS – REGVEN. El datum anterior para Venezuela fue La Canoa – Hayford (PSAD-56; Provisional South American 1956). Se encuentran en coordenadas REGVEN. Para la realización de las mediciones con la mayor precisión posible se hace necesaria la implantación de al menos dos puntos geodésicos de primer orden, para obtener el menor error de distancia horizontal y cota que permitan ser base de las futuras mediciones topográficas de la malla de puntos de topografía del área.

El levantamiento topográfico, se realizó en un terreno de 2,89 Has, con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, y con ello planificar correctamente la construcción del Urbanismo Pioneros de Monterrey.

En el levantamiento topográfico se tomaron los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio (Ver anexo 1 y tal)

IV.1.2.- Descripción del terreno.

El terreno donde se realizó el estudio se encuentra limitado por lo siguiente:

- Al norte con la Urbanización la Trinidad,
- Al sur con el Barrio Ojo de Agua,
- Al este con la Boyera,
- Al oeste con el Barrio Monte Cristo.

IV.1.3.- Métodos taquimétricos

Por definición la taquimetría, es el procedimiento topográfico que determina en forma simultánea las coordenadas Norte, Este y Cota de puntos sobre la superficie del terreno.

Este procedimiento se utiliza para el levantamiento de detalles y puntos de relleno en donde no se requiere de grandes precisiones.

IV.1.4.- Equipo utilizado

Para el estudio se utilizaron cuatro instrumentos, éstos son el taquímetro o teodolito, el nivel, la mira y la huincha, de los cuales se hace referencia a continuación.

El taquímetro es un instrumento topográfico que sirve tanto para medir distancias, como ángulos horizontales y verticales con gran precisión.

El nivel, a su vez, es un instrumento que sirve para medir diferencias de altura entre dos puntos, para determinar estas diferencias, este instrumento se basa en la determinación de planos horizontales a través de una burbuja que sirve para fijar correctamente este plano y un anteojo que tiene la función de incrementar la visual del observador. Además de esto, el nivel topográfico sirve para medir distancias horizontales, basándose en el mismo principio del taquímetro.

La mira se puede describir como una regla de cuatro metros de largo, graduada en centímetros y que se pliega en la mitad para mayor comodidad en el transporte. Además de esto, la mira consta de una burbuja que se usa para asegurar la verticalidad de ésta en los puntos del terreno donde se desea efectuar mediciones, lo que es trascendental para la exactitud en las medidas. También consta de dos manillas, generalmente metálicas, que son de gran utilidad para sostenerla.

El trípode es un instrumento que tiene la particularidad de soportar un equipo de medición como un taquímetro o nivel, su manejo es sencillo, pues consta de tres patas que pueden ser de madera o de aluminio, las que son regulables para así poder tener un mejor manejo para subir o bajar las patas que se encuentran fijas en el terreno.

El tipo de trípode que se utilizó en esta ocasión tiene las siguientes características:

- Patas de madera que incluye cinta para llevarlo en el hombro.
- Diámetro de la cabeza: 158 mm.
- Altura de 1,05 m. extensible a 1,7 m. Peso: 6,5Kg.

La huincha que se utilizará será de fibra, de cincuenta metros de largo y graduada en milímetros.

IV.1.5.- Toma de datos

Se estaciona el aparato en un punto de coordenadas conocidas, y se orienta con respecto a otro también conocido. El prisma o reflector se colocan en el punto que queremos determinar. A continuación se hace puntería sobre el prisma, enfocando según la distancia, y se pulsa la tecla correspondiente para iniciar la medición.

La estación lanzará una señal que será reflejada por el prisma y devuelta a la fuente emisora, registrándose el tiempo transcurrido, a partir del cual se determinará la distancia. El software incorporado en la estación se ocupa de realizar los cálculos presentando en la pantalla los datos que se necesiten. Los resultados obtenidos no será necesario que los incorporemos a una libreta de campo con su correspondiente estadillo, pues el instrumento posee una libreta electrónica o colector de datos que va almacenándolos para la posterior descarga a un ordenador y la realización de los trabajos de gabinete (compensación de errores, dibujo del mapa, etc.). La secuencia de toma de datos sería:



Figura N° 12. Nivel en Trípode

- **Estacionar el aparato**
 - ✓ Definir el plano horizontal utilizando los niveles del instrumento
 - ✓ El eje vertical debe pasar por el punto del terreno sobre el que se quiere estacionar, utilizando la plomada láser
 - ✓ Introducir las coordenadas del punto de estación.

- **Orientar el instrumento**
 - ✓ Visar a un punto de coordenadas conocidas (no es necesario que sea accesible)
 - ✓ Introducir las coordenadas del punto observado
 - ✓ Orientar mediante la función correspondiente.

- **Cálculo de coordenadas del itinerario o radiación**
 - ✓ Colocar el reflector en el punto del cual queremos calcular sus coordenadas
 - ✓ Hacer puntería con el anteojo sobre el reflector
 - ✓ Realizar la medición (medición de distancias y ángulos)

Para cambiar de estación, situaremos el aparato donde estaba el reflector (que ya son coordenadas conocidas) y para enlazar se coloca el reflector en la estación anterior (coordenadas conocidas) y se repite el proceso de los puntos 1,2 y 3.

IV.1.6.- Cálculo poligonal.

Para obtener los datos en terreno, se utilizarán cuatro instrumentos: un taquímetro, una mira de 4 m graduada en cm, una huincha y clavos. Los clavos serán utilizados para fijar las estaciones; el taquímetro para realizar las lecturas de hilos sobre la mira y para las lecturas de ángulos; la huincha servirá para medir la altura instrumental.

- En primer lugar se fijarán 9 estaciones, éstas serán los puntos del terreno donde se situará el instrumento. Estas estaciones tienen que cumplir con la condición principal de ser visibles entre ellas. Las estaciones deben ser situadas en zonas que sean accesibles y presenten buenas condiciones para situar el instrumento. A las estaciones se les asignará el nombre de estación 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc. siguiendo el contorno de un polígono cerrado.

- Se situará el instrumento sobre la primera estación (E1), es importante que al situar el taquímetro, éste quede bien nivelado y que la estación coincida con la plomada óptica, para de ésta forma asegurarse de que el eje óptico se encuentre precisamente sobre la estación y no sobre un punto cercano a ella, lo que acarrearía un error considerable en todas las medidas posteriormente realizadas desde dicha estación. Situado el instrumento, se medirá la altura instrumental, esta medida se efectuará con huincha y se hará desde el eje óptico hasta la estación; ya que la huincha no se puede situar exactamente sobre el eje óptico, ya que éste se encuentra en el interior del instrumento, se situará en un punto, marcado sobre el instrumento, que se encuentra a la misma cota del eje pero desplazado un poco horizontalmente; a la medida se le restará un cm antes de llevarla a la tabla de datos para compensar este error.
- Se calará el instrumento al Norte supuesto (calar significa fijar la lectura del ángulo acimutal en 0 radianes), es importante que el Norte quede determinado por la línea que une la primera estación con algún hito que sea suficientemente lejano, inamovible, y que sea de lo suficientemente angosto para no perder precisión en la medida de ángulos horizontales. Se medirán los azimuts de las líneas que unen a la estación 1 (E1) con las estaciones 2, 3, 4, etc. Ahora, ubicando la mira sobre E2, según corresponda, se harán las lecturas de hilos superior, medio e inferior y la lectura de ángulo vertical para cada estación. Estos datos, ángulos e hilos, se llevarán a la tabla, junto con la altura instrumental y serán suficientes para posteriormente calcular la posición relativa de cada estación.
- Ya se estará en condiciones de hacer el primer cambio de estación. Se llevará el taquímetro a la E2 y se situará el instrumento sobre dicha estación de la misma forma que se hizo en E1, y sin olvidar medir la altura instrumental. Se medirá el ángulo interior que conforman las líneas E2-E1 y E2-E3, de la misma manera que se hizo para medir el azimut E1-E2, pero con la única diferencia que ahora se calará el cero en la estación uno. Se harán las medidas de ángulo vertical e hilos sobre E1 y E3. Siguiendo el mismo procedimiento, se hará los cambios de estación a E3, tomando todas las medidas ya mencionadas y así sucesivamente con las demás estaciones.

- Con los datos obtenidos, se estará en condiciones de calcular los azimuts y cotas de las estaciones y las distancias horizontales, para de esta forma calcular las coordenadas de cada estación. A la estación uno se le asignarán coordenadas de 1000 m en X (o Este) y 950 m en Y (o Norte). Como para cada dos estaciones se tendrán dos distancias horizontales (una de ida y otra de vuelta), se considerará el promedio de las dos. Se confeccionará una tabla para la poligonal, donde se calcularán generadores, distancias horizontales, desniveles, azimuts, cotas y cotas corregidas; Para la corrección de la poligonal, se confeccionará otra tabla, donde se calcularán desplazamientos en X y en Y, correcciones en ambas componentes, desplazamientos corregidos y las coordenadas de cada estación.

IV.1.7.- Formulas taquimétricas

Son las fórmulas necesarias para determinar en algunos casos el desnivel o una diferencia de altura entre el calaje y la horizontal; distancias horizontal e inclinada, con las cuales es posible obtener las coordenadas de todos puntos del levantamiento. Además, a partir de la obtención de la diferencia de altura entre el calaje y la horizontal calcular la cota de los puntos de relleno.

- Finalmente, con los datos de las coordenadas de cada punto, se confecciono un plano topográfico del sector Pioneros de Monterrey (Ver plano topográfico anexo).

IV.2.- Movimiento de tierra

Posteriormente a la implantación del par de puntos geodésicos de primer orden realización de las mediciones topográficas y el replanteo del urbanismo, se dio inicio al movimiento de tierra.

Primero se removió la capa vegetal o materia orgánica, luego la construcción de las diversas terrazas y del circuito de vialidad para el acceso a cada una de estas terrazas.

En este movimiento, fue removido un aproximado de 45.000 m³ de tierra, dispuestos en los rellenos y el sobrante en dos sitios de bote cercanos y autorizados por el MPPPA, el proyecto contemplo la compensación de masas, de corte y relleno, con un excedente de corte en el orden del 10% del corte



Figura N° 13. Panorámica del movimiento de tierra y equipo utilizado

Durante la realización de este movimiento de tierra fue utilizada la siguiente maquinaria:

- Excavadora Hidráulica de pala frontal XCMG, Modelo XE230:

Capacidad máxima del cucharón 1.0 m^3

Potencia neta: 153 hp

Rendimiento demostrado en Obra: $300 \text{ m}^3/\text{día}$



Figura N° 14. Excavadora Hidráulica

- Excavadora Hidráulica CATERPILLAR Modelo CAT 322BL:

Capacidad máxima del cucharón 0,74 m³

Potencia neta: 86 hp

Rendimiento demostrado en Obra: 150m³/día



Figura N° 15- Excavadora Hidráulica

- Cargadora XCMG:

Capacidad máxima del cucharón 3 m³

Potencia neta: 180 hp

Rendimiento demostrado en Obra: 175 m³/día



Figura N° 16. Cargadora de 3m³

- Cargador de Oruga Pala Frontal (Shovell) CATERPILLAR Modelo 955L:
Capacidad máxima del cucharón 2.55 m³
Potencia neta: 129 hp
Rendimiento demostrado en Obra: 150m³/día



Figura N° 17. Cargador Shovell

- Bulldozer XCMG- XS202:
Rendimiento demostrado en Obra: 7hr/día, 300m³/día
Potencia neta: 150 hp



Figura N° 18. Bulldozer XCMG

- Vibrocompactadora XCMG:
Rendimiento demostrado en Obra: 7hr/día,
Potencia neta: 90 hp



Figura N° 19. Vibrocompactadora XCMG

- Compactadora tipo pata de cabra XCMG
Rendimiento demostrado en Obra: 7hr/día,
Potencia neta: 9



Figura N° 20. Compactadora XCMG, tipo Pata de cabra

En el sitio de estudio, se encuentran rocas muy meteorizadas, con buena foliación y grano de fino a medio, de color característico gris pardusco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con mica muscovita (35%) en bandas lepidoblásticas, grafito (15%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro y epidoto. Se observa una sección de filitas grafitosas, metamorfizadas, de grano muy fino, sin fósiles en ellos.

Característico de la formación, es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rosada a rojo ladrillo a la roca. La coloración rosada proviene de la meteorización de la sericita.



Figura N° 22. (a) Esquisto cuarzo micáceo y (b) esquisto cuarzo grafitoso, presentes en el área de estudio.

En la exploración de geología regional, en la zona denominada Ojo de Agua pudo reconocerse un afloramiento del Miembro Zenda de la Fm Las Brisas (Ver Figura N°23). Estas calizas fueron explotadas como piedra para canteras, quedando los característicos taludes cuasi verticales de caliza.



Figura N° 23. Calizas del miembro Zenda

V.1.3.- Fotogeología y Geomorfología

A partir de las fotografías aéreas pertenecientes a la misión 0304190 del año 1994, fotografías 2558 y 2559 a escala 1:5000 y la misión 0304193 del año 2002, fotografías 174 y 175 a escala 1:25000 así como en las cartas topográficas perteneciente al Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB) a escala 1:5000 y los planos de Cartografía Municipio Baruta: RR26, RR27, S26, S27, T26 y T27 respectivamente, se muestran las características geomorfológicas interpretadas, en donde se exponen los rasgos geológicos más relevantes de la zona de estudio, tales como Unidad geomorfológica y Geología estructural que a continuación se describen:

V.1.3.1.-Unidad Geomorfológica

Según la Geología de Superficie, las Fotografías Aéreas, el Google Earth, el mapa topográfico 1:5000, el mapa Geológico 1:25000 y 1:5000, se identificaron 3 unidades geomorfológicas, según sus características actuales, destacando que las fotos aéreas sirvieron para poder realizar una fotointerpretación de la zona de estudio en periodos anteriores a su modificación con finalidades urbanísticas.

La zona en estudio está ubicada dentro de la Cordillera de La Costa, desde un punto de vista regional, estando conformada por una topografía que va de moderada a abrupta, con pendientes por lo general superiores al 40%, aunque en los fondos de valle de los cursos de agua de cierta importancia se presentan terrenos planos con pendientes cercanas al 5%. Específicamente, el área de estudio está ubicado al sur del valle de Caracas.

Se observa una topografía abrupta fuertemente modificada a través del tiempo por la acción antrópica, las cuales fueron ejecutadas para generar terrazas con el fin de poder construir los urbanismos ya existentes, respondiendo a las necesidades de expansión de la ciudad.

Cabe destacar que la mayoría de los drenajes van en dirección norte - sur, controlados por la pendiente del terreno, debido a lo abrupto de la zona el drenaje presenta patrones dendríticos.

Se observan drenajes encajados adaptados a la topografía, el drenaje principal lo conforma la cuenca alta de la quebrada La Guairita, la cual va en sentido de sur a norte, dicho drenaje, hacia el acceso a La Limonera, fue embaulado y relleno (relleno sobre canalización), por donde fluye de forma natural.

En función de todo esto, se pueden definir tres aéreas de acuerdo a su hipsometría y caracteres topográficos como sigue:

- **U1 : Colinas**

Se identificó esta unidad, que está compuesta por colinas redondeadas en forma compactas pertenecientes al esquistos Las Brisas. Las alturas promedio sobre el nivel del mar son de 1100 metros de elevación. Ocupa un 70% de la zona. Estas colinas, se presentan con topos redondeados con filas alargadas, crestas con una orientación E-W. Se exhiben redondeadas y anchas, con laderas simétricas de pendientes suaves, se aprecian una red de quebradas tributarias, con un patrón de drenaje dendrítico, estos se encuentran adaptados a estas topo formas.



Figura N° 24. Fotografía donde se muestra redondez de las colinas, expresión geomorfológica de La Formación las Brisas

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

- **U2: Valle Intramontano**

Por su parte, pero en menor proporción superficial, se encuentran dentro del área de estudio la unidad correspondiente a valles, abarcando la parte sur y sureste de la zona de estudio, ocupando un área de aproximadamente 10%, donde las características fundamentales son las relativas bajas pendientes y la predominancia de procesos de acumulación sedimentaria, que se encuentra restringida a posiciones intramontanas de poca amplitud, circundadas por laderas montañosas de alta inclinación.

- **U3: Vega Aluvial**

Se encuentra ubicada en la parte norte de la zona de estudio, en ella se describe la presencia de gran cantidad de urbanismos. Desde el punto de vista morfodinámico, tanto las unidades de piedemonte como de valle, a pesar de que no están expuestas a intensos flujos de erosión concentrada y laminar o a movimientos en masa de gran magnitud, se encuentran sometidas a frecuentes procesos de inundaciones, caracterizados por flujos torrenciales, que eventualmente han afectado y pueden afectar la estabilidad de las estructuras antrópicas ubicadas al margen de los cursos fluviales.

V.1.3.2.- Procesos Geodinámicos

Los procesos geodinámicos internos y externos ocurridos en el área, son los que modelaron la topografía y dieron origen a las geoformas mencionadas anteriormente. De acuerdo a incidencias de índole tectónico se puede inferir el comportamiento de esta actividad en el relieve, ya que el mismo se presenta de forma abrupta y con altas pendientes, por lo que los esfuerzos generados a través del tectonismo sobre estas aéreas poseen mayor incidencia en la franja este, ya que en la misma se observan rasgos estructurales bastante pronunciados.

Por su parte, la geodinámica externa ha jugado un papel fundamental ya que ha modelado la topografía observada a través de procesos de meteorización y erosión. En el área se describen paleo deslizamientos productos de estos procesos aunado con el litotipo predominante en la región quien por estar caracterizado por esquisto cuarzo muscovítico grafitoso o suelos con presencia de agua y baja fricción, facilitan el deslizamiento, movimientos de laderas y flujos. La intervención antrópica para la construcción de edificaciones en el área también ha contribuido con los procesos de geodinámica externa para la incidencia de estos movimientos en masa producidos en el área.

V.1.3.3.- Geología estructural

A través de la interpretación de los mapas geológicos estructurales y lo observado en las hojas N° 6747-II-SE y 6847-III-SO del Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa, elaborado bajo la coordinación del profesor Franco Urbani y el Ingeniero José Antonio Rodríguez .

La zona estudiada se localiza dentro del macizo de la cordillera de la costa, presentando fuerte plegamiento, como respuesta a los patrones regionales de esfuerzo, los cuales originaron plegamiento con dirección aproximada este oeste.

Según URBANI Y RODRÍGUEZ (2004), la cartografía de esta serranía queda subdividida en tres napas: Costera, Ávila y Caracas, desde Cabo Codera al este hasta el estado Yaracuy y tres napas de la serranía del interior, separadas por la falla de la victoria, en la (figura 25) se muestra la distribución de las napas y falla.

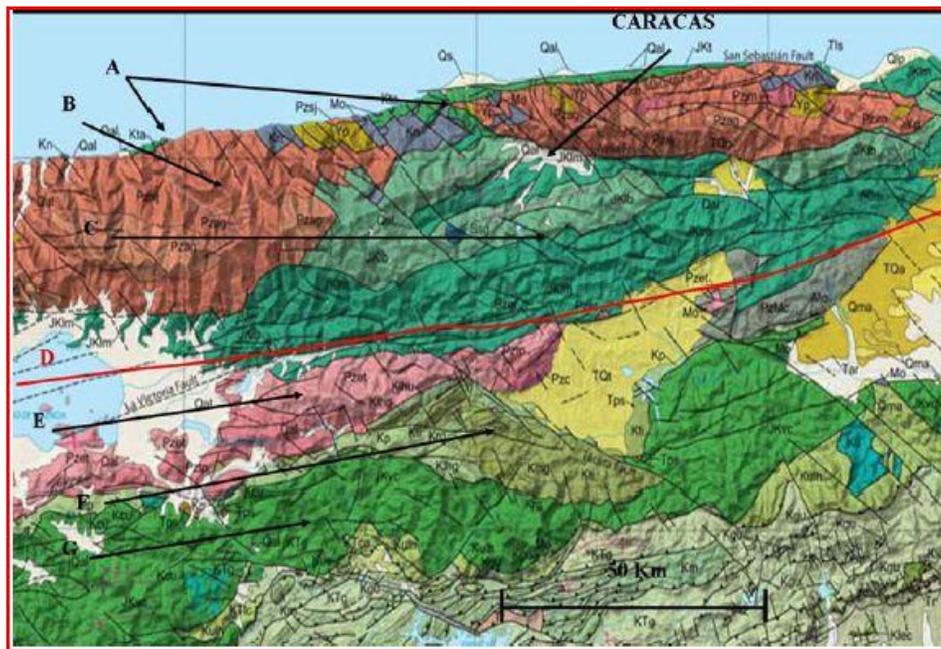


Figura N° 25. Mapa geológico donde se muestra la litología a nivel regional. Tomado de HACKLEY et al (2005) modificado de URBANI Y RODRIGUEZ (2004). Distribución de las napas en la parte central de la cordillera de la costa. Napas de la serranía del litoral: (A) Napa costera, (B) Napa Ávila, (C) Napa caracas, (D) Falla de La Victoria, Napas de la serranía del interior: € Napa de Caucagua – EL Tinaco, (F) Napa de Loma de Hierro,(G) Napa de Villa de Cura.

Dentro de este marco tectónico, la zona de Monterrey donde se realizó el urbanismo se ubica en un área donde predominan estructuras geológicas importantes al norte la Napa de Caracas y al sur la falla de la victoria

De acuerdo a la exploración del subsuelo, podemos definir la geología estructural local enmarcada dentro de una actividad tectónica importante, exponiendo fuertes y abundantes plegamientos.

Otra estructura geológica de importancia perteneciente a la zona de estudio es el Anticlinal de Baruta, cartografiado originalmente por DENGÓ (1951) y luego por URBANI Y RODRÍGUEZ (2004), el cual se encuentra distorsionado por la zona de contacto entre la Formación las Mercedes y la brisa, por una falla de corrimiento transversal que lo desplaza al norte, originando un movimiento horizontal y vertical en la falla, permitiendo el contacto entre las formaciones, esta falla es la responsable de los grandes esfuerzos que provocan el fracturamiento y la gran cantidad de diaclasas.

Las diaclasas se presentan generalmente con frecuencia típica de 2:1 a 6:1 y aberturas entre 2,5 mm a 10 mm, con relleno variable de óxido de hierro, cuarzo y material limo arcilloso, posiblemente de la lixiviación de suelo residual. Ocasionalmente algunas están abiertas y sin relleno, con manchas de oxidación sin presencia de agua libre, las caras internas suelen ser medianamente rugosas a rugosas, con predominio de la primera. El espaciamiento es de cerrado a moderado, entre 60 mm a 250 mm. La persistencia es media entre 3 m a 10 m.

Tabla N° 4. Discontinuidades

Punto de observación	Dirección de Discontinuidad					Tipo de Discontinuidad	Frecuencia	Rugosidad	Abertura	Relleno	Persistencia
AFL-P-001	N	75	W	30	S	Foliación	-	-	-	-	-
	N	12	W	71	N	Diaclasa	4:1	Media	4cm	óxido de hierro	15 cm
	N	45	W	75	N	Diaclasa	3:1	-	cerrada	-	1,2 m
	N	10	W	60	S	Diaclasa	2:1	Media	cerrada	óxido de hierro	10 m
AFL-P-005	N	20	W	49	S	Foliación	-	-	-	-	-
	N	10	W	60	N	Diaclasa	4:1	Media	2cm	óxido de hierro	10 cm
	N	70	W	66	N	Diaclasa	4:1	Media	cerrada	óxido de hierro	20 cm
	N	45	W	82	S	Diaclasa	2:1	Baja	-	-	5 m
	N	15	E	79	S	Diaclasa	3:1	Media	-	-	10 m
AFL-P-011 A	N	80	W	38	S	Foliación	-	-	-	-	-
	N			S	V	Diaclasa	4:1	Media	3 cm	-	20 m
	N	15	E	79	S	Diaclasa	3:1	Media	cerrada	-	10 m
	N	70	W	66	N	Diaclasa	3:1	Media	2cm	óxido de hierro	5 m
AFL-P-011B	N	75	E	38	N	Foliación	-	-	-	-	-
	N	40	E	55	N	Foliación	-	-	-	-	-
	N	10	E	70	N	Foliación	-	-	-	-	-
	N	18	E	70	N	Diaclasa	5:1	Baja	5cm	-	20 m
	N	10	E	75	N	Diaclasa	7:1	Baja	cerrada	-	25 m
	N	55	E		V	Diaclasa	3:1	Media	5cm	-	20 cm
	N	64	W	86	S	Diaclasa	4:1	Media	5 cm	óxido de hierro	10 m

AFL-07	N	30	E	40	S	Foliación	-	-	-	-	-
	N	25	W	86	S	Diaclasa	2:1	Media	-	-	8 m
	N	58	W	36	S	Diaclasa	4:1	Media	1 cm	óxido de hierro	8 m
	N	2	E	7	S	Diaclasa	4:1	Media	2cm	-	6 m
AFL-08	N	30	E	40	S	Foliación	-	-	-	-	-
	N	21	W	30	S	Diaclasa	3:1	Media	5cm	-	3 m
	N	5	W	59	N	Diaclasa	2:1	Media	5cm	óxido de hierro	10 m
	N	30	E	80	S	Diaclasa	3:1	Media	2cm	óxido de hierro	5 m
	N	8	E	82	S	Diaclasa	5:1	Media	3 cm	-	5 m

CAPÍTULO VI

VI.1.- GEOLOGÍA LOCAL

VI.1.1.- Generalidades

La geológica local de la zona se basó en la data de campo de observaciones directas en los afloramientos, calicatas, perforaciones y el levantamiento geológico de los taludes de la zona donde se realizara el urbanismo, realizando una descripción detallada de estos, cuya finalidad fue constatar las características litológicas y estructurales de los taludes y afloramientos de la zona, incluyendo el estado físico predominante, para establecer sus bondades y limitaciones y así poder hacer el diseño adecuado para el uso que se le dará. Así también se tomaron 5 muestras de roca para estudios petrográficos y se realizaron 11 perforaciones con un total de 113 muestras de suelos a las cuales se le efectuaron los ensayos correspondientes.



Figura N° 26. Puntos del levantamiento geológico de campo, Afloramientos y Calicatas.

Estas rocas suelen presentarse sumamente plegadas, muy foliadas y con abundantes diaclasas. Variando su estado físico en tres tipos característicos; siendo estos identificados desde el estrato más superficial, compuesto por suelos residuales del tipo arcillo arenosos y arena limosa, humedad media y plasticidad baja, subyacente se encuentran los esquistos cuarzo micáceos grafitosos de la FM Las Brisas (esquisto cuarzo - muscovítico) en tres estratos bien definidos:

- El primer estrato de suelo residual
- El segundo estrato rocoso corresponden a la fracción de Roca Muy meteorizada
- El segundo estrato Roca Meteorizada dura y fracturada.

En aquellos casos donde la roca presenta mayor dureza y no ha sido expuesta a dichos procesos, se observan gran cantidad de plegamientos y fracturas producto de los esfuerzos compresivos y metamorfismo asociado en el área de estudio.

El perfil de meteorización está afectado por la acción imperante del clima sobre el tipo litológico, el cual es muy característico de la región (clima tropical), esto ha traído como consecuencia el desarrollo de perfiles de considerables espesores, los cuales son producto de la infiltración de agua en el sustrato, la cual es ayudada por la tupida vegetación existente, la litología del terreno y características estructurales de la zona.

VI.1.2.- Descripción general de los taludes

Los taludes se localizan en un sector aflorante de la Formación Las Brisas y litológicamente se caracteriza por la presencia de esquisto cuarzo - muscovítico - grafitoso con numerosas vetas de cuarzo y algunas capas menores sin grafito. Se encuentran constituidos mayoritariamente por corte en roca meteorizada a descompuesta, presentando poca estabilidad, por lo cual se hará una descripción detallada de cada uno de ellos, mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla N° 5. Descripción general de los taludes

TALUD N°	COORDENADAS		TALUD		LONGITUD (m)	ALTURA (m)	FOLIACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL TALUD
	ESTE	NORTE	RUMBO	INCLINACIÓN			RUMBO	BUZAMIENTO	
1	732928	1152824	N60E	60N	40	5,5	N50E	4S	El talud está muy meteorizado, con características de suelo residual, vetas de cuarzo y grafito, gran cantidad de micas.
2	732924	1152825	N40E	70N	12	3	N25E	3N	Talud meteorizado, con características de suelo residual, gran cantidad de micas, vetas de grafito, baja resistencia a la presión dúctil
3	732925	1152843	N15E	85N	23,5	3,2	N30E	5N	
4	732936	1152762	N25W	83N	20	3,2	N25W	40N	El talud está muy meteorizado, foliación reliquia, la roca presenta características de suelo residual.
5	732934	1152760	N20W	60N	20	3,5	N45W	20S	El talud está muy meteorizado, con características de suelo residual. Vetas de cuarzo y grafito, gran cantidad de micas. La foliación cambia en varios sentidos aproximadamente a cada 2 a 3 m .
							N10E	56S	
							N50E	45S	
							N15E	65S	
6	732927	1152742	N40W	88S	4,5	1,6			Talud muy meteorizado, suelo residual, se observan raíces y material vegetal, no se encontraron planos de foliación.
7	732915	115 2735	N70W	70S	7,2	1,6			
8	732920	1152720	N20E	51N	5,4	2,5			
9	732922	1152718	N20W	43S	40	5,6	N15E	47S	Talud afectado por la meteorización, con características de suelo residual, gran cantidad de micas, se desmorona al tacto.
10	732841	1152716	N30E	70N	4,5	2,5			Talud en muy mal estado, suelo residual, no se encontraron planos de foliación, gran cantidad de micas.
11	732844	1152700	N75E	76N	8	2,4	E-W	5N	Talud muy meteorizado, con características de suelo residual, gran cantidad de micas, se desmorona al tacto.
12	732840	1152689	N40E	80N	28	4	N15W	18N	

VI.1.3.- Descripción de las Perforaciones

Se realizaron 11 perforaciones a percusión de diámetro BX, con el ensayo estándar de penetración SPT y toma de muestras, a cada metro de perforación. La profundidad máxima de perforaciones fue de 15 metros, para un total de 113 metros. La distribución de las perforaciones, se hizo en forma conveniente, a fin de obtener la máxima información posible.

Tabla N° 6 Coordenadas de las perforaciones

PERFORACION	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
P1	732.874	1.152.690
P2	732.869	1.152.718
P3	732.876	1.152.747
P4	732.838	1.152.771
P5	732.843	1.152.731
P6	732.860	1.152.753
P7	732.872	1.152.776
P8	732.882	1.152.791
P9	732.898	1.152.794
P10	732.911	1.152.781
P11	732.908	1.152.737

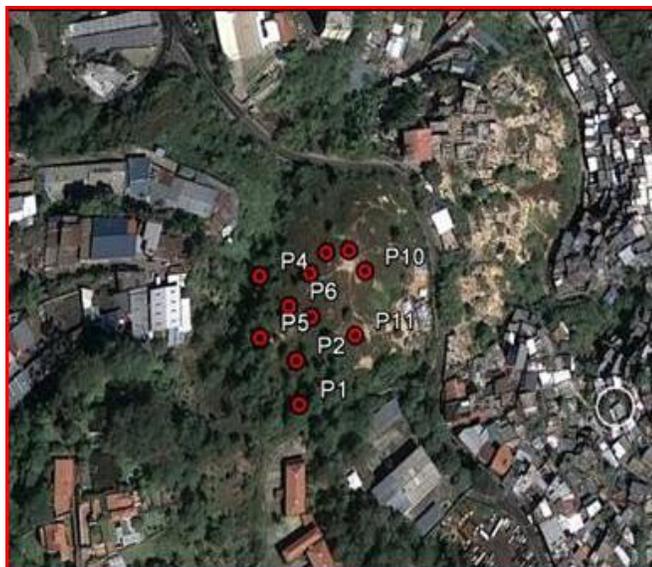


Figura N° 27. Ubicación de las perforaciones en la zona de estudio

• Perforación P-01

Basándonos en las clasificaciones visuales y sobre los registros de la resistencia a la penetración normal, en general el perfil litológico del subsuelo descrito a través de la perforación P-01, está caracterizado por suelos Arcillo-arenosos, hasta aproximadamente 6 m de profundidad, estos suelos descansan sobre estratos rocosos correspondientes a esquistos grafitosos micáceos-cuarzosos.

Desde la superficie y hasta 2 m de profundidad se observa un estrato correspondiente a arcillas arenosas, el cual presenta baja plasticidad, de color marrón, humedad, consistencia y resistencia a la presión dúctil baja, subyacente a este estrato y hasta 6 m de profundidad se describe una secuencia de esquistos grafitosos micáceos – cuarzosos meteorizados, blandos, altamente oxidado, con presencia de vetas de cuarzo, el cual presenta color gris oscuro con

vetas blancas. Esta roca posee buena foliación de tipo abierta y cerrada, sub-horizontal, ondulada y plana, con textura lisa a rugosa. Y de acuerdo al ensayo de SPT una resistencia a la penetración de $32 < N_{spt} < 80$ golpes/pie.



Figura N° 28. Núcleo extraído perforación P-01 profundidad de 0.55–2 m



Figura N° 29. Núcleo extraído perforación P-01 profundidad de 2.55–6 m

- **Perforación 02**

Sobre la base de las clasificaciones visuales y los registros de la resistencia a la penetración normal, el perfil litológico del subsuelo se describe a través de esta perforación por suelos arena arcillosa y arcilla arenosa de color marrón, hasta 3 m de profundidad. Estos suelos presentan restos de materia orgánica y baja resistencia a la presión dúctil; los cuales son producto de la meteorización in situ de la roca preexistente. Infrayacente a éste estrato y hasta 9 m de profundidad se observa una secuencia de esquistos grafitoso micáceo – cuarzoso descompuesto blando (RDb). Poseen comportamiento geomecánico de suelo arena arcillosa, el mismo presenta fragmentos de roca dura con manchas de oxidación y cuarzo tamaño grava. Este material presenta coloración marrón y gris con tonalidades blancas y naranjas. Presenta una resistencia a la penetración normal según el ensayo SPT de 28 a 80 golpes/pie.

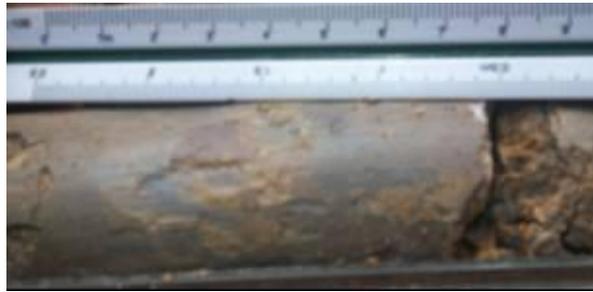


Figura N° 30. Núcleo extraído perforación P-02 profundidad de 0.55 – 3m



Figura N° 31. Núcleo extraído perforación P-02 profundidad de 3.55–9m

- **Perforación P-03**

El perfil litológico del subsuelo, representado a través de la perforación P-03, es descrito en función de las clasificaciones visuales y parámetros de resistencia según el ensayo de SPT; caracterizándose así por la presencia de suelos arcillo arenosos hasta 2 metros de profundidad, de color marrón oscuro, los cuales presentan baja resistencia a la presión dúctil, y se encuentran sobre estratos de esquistos cuarzo – micáceos – grafitosos descompuesto, blando (RDb) hasta aproximadamente 12 m de profundidad.

Se observan fragmentos de roca dura con abundantes manchas de oxidación producto de la meteorización a la cual el mismo es sometido; dicha roca presenta coloración marrón grisáceo con tonalidades rojas, naranjas y vetas blancas debido a que presentan un contenido de cuarzo.



Figura N° 32. Núcleo extraído de la perforación P-03 profundidad 0.55-2 m.



Figura N° 33. Núcleo extraído de la perforación P-03 profundidad 2.55-12 m

- **Perforación P-04**

Ésta perforación, describe un perfil litológico del subsuelo caracterizado por suelos arcillo arenosos hasta 3 m de profundidad, en su parte más externa tienen presencia de materia orgánica, los cuales presentan coloración marrón claro con tonalidades rojas y baja resistencia a la presión dúctil. Subyacente a esto descansan estratos rocosos identificados como esquistos grafitosos cuarzo – micáceos descompuesto, blando (RDb), con comportamiento geomecánico de arcilla arenosa; a lo largo de la misma, se observan fragmentos de cuarzo y roca dura de color gris y marrón con tonalidades rojas y vetas blancas hasta los 12 m de perforación. . Esta roca presenta foliación de tipo abierta y cerrada, sub-horizontal, ondulada y plana con textura de lisa a rugosa

Estos materiales fueron recuperados a través de procesos de percusión con $9 < N_{spt} < 80$ golpes/pie, lo que indica densidades relativas de muy suelta a muy densa a lo largo de toda la secuencia y a medida que aumenta en profundidad, lo que permite establecer ángulos de fricción variables de acuerdo a la compactación que estas presentes aumentando a medida que se avanza en profundidad.



Figura N° 34. Núcleo extraído de la perforación P-04 profundidad 0.55-3 m



Figura N° 35. Núcleo extraído de la perforación P-04 profundidad 3.55-12 m

- **Perforación P-05**

A través de la perforación P-05 describimos el perfil del subsuelo en general, representado por suelos arenos arcillosos y arenos limosos de color marrón, de, en estos estratos se observa en la sección más externa materia orgánica y manchas de óxido hasta aproximadamente 2m de profundidad. Este suelo residual, es producto de la meteorización in situ de la roca pre-existente. Subyacente a esto reposan estratos de esquisto cuarzo – micáceo – grafitoso, descompuesto, duro (RDd) con comportamiento geomecánico de arena limosa, el cual presenta coloración marrón oscuro y fragmentos de cuarzo hasta 12m respectivamente.

El tipo de foliación observada es abierta y cerrada, sub-horizontal, ondulada y plana, con textura lisa a rugosa.



Figura N° 36. Núcleo extraído de la perforación P-05 profundidad 0.55-3 m, nótese la calcita en los espacios interfoliados



Figura N° 37. Núcleo extraído de la perforación P-05 profundidad 3-12 m. Presencia de calcita

- **Perforación P-06**

Sobre la base de las clasificaciones visuales, los registros de la resistencia a la penetración normal, en general el perfil litológico del subsuelo descrito a través de la perforación P-06, está caracterizado por suelos arcillo arenosos y arena limosos hasta 2 m de profundidad, los cuales descansan sobre estratos rocosos correspondientes a esquistos grafitosos cuarzo – micáceos hasta los 12 m de profundidad. Los dos primeros estratos, identificado como suelo arcillo limoso, poseen color marrón con variaciones de amarillo y naranja, dicho material presenta restos de materia orgánica, baja resistencia a la presión dúctil. Infrayacente a estos estratos, hasta los 12 m de profundidad, encontramos un esquisto grafitoso cuarzo – micáceo, descompuesto, blando (RDb) con comportamiento geomecánico de arcilla limosa y es de color gris claro y vetas blancas correspondientes a la presencia de cuarzo. El mismo fue recuperado por procesos de percusión con $35 < N_{spt} < 80$ golpes/pie. Se observa buena foliación de tipo abierta y cerrada, sub-horizontal, ondulada y plana, con textura de lisa a rugosa.



Figura N° 38. Núcleo extraído de la perforación P-06 profundidad 0.55-2 m



Figura N° 39. Núcleo extraído de la perforación P-06 profundidad 2.55-12 m

- **Perforación P -07**

En general el perfil litológico del subsuelo representado a través de la perforación 07, se caracteriza por suelos arcillo arenosos de hasta 3 m de profundidad, los cuales descansan sobre estratos rocosos correspondientes a esquistos grafitosos cuarzo – micáceos, hasta 14 m de profundidad.

Desde la superficie y hasta los primeros 3 m de este sondeo se encuentra un material descrito como arcillo arenoso, y presenta coloración marrón. Este suelo residual es de color marrón con tonalidades rojizas producto de la oxidación del mismo a lo largo de la secuencia. Este material presenta baja resistencia a la presión dúctil. Estos materiales según el ensayo SPT presenta una resistencia a la penetración de 19 a 34 golpes/pie. Subyacente a este estrato, y hasta los 14 m de profundidad, encontramos un esquistos grafitoso cuarzo – micáceo, descompuesto, blando (RDb) con comportamiento geomecánico de arena arcillosa de color gris claro y vetas blancas correspondientes a la presencia de cuarzo y calcita en el mismo. Fue recuperado por procesos de percusión con $37 < N_{spt} < 80$ golpes/pie. Se observa buena foliación de tipo abierta y cerrada, sub-horizontal, ondulada y plana, con textura de lisa a rugosa.



Figura N° 40. Núcleo extraído de la perforación P-07 profundidad 0.55-3m



Figura N° 41. Núcleo extraído de la perforación P-07 profundidad 3.55-14m

- **Perforación P- 08**

Sobre la base de las clasificaciones visuales, los registros de la resistencia a la penetración normal, y los ensayos de laboratorio en general el perfil litológico del subsuelo descrito a través de la perforación P-08, está caracterizado por suelos areno arcilloso, hasta 2 m de profundidad los cuales descansan sobre estratos rocosos correspondientes a esquistos grafitosos cuarzo – micáceos.

Desde la superficie y hasta los 2 m de espesor se observa una secuencia arcillo arenoso a lo largo de todo el estrato, estos suelos presentan color marrón con tonalidades de negro y naranja debido al contenido de materia orgánica y las manchas de oxidación presentes en el material. Estos suelos presentan de baja a moderada resistencia a la presión dúctil y según el ensayo de SPT una resistencia a la penetración de $11 < N_{spt} < 20$ golpes/pie. Infrayacente a este estrato y hasta 10 m de profundidad, se describe este material como esquisto grafitoso cuarzo – micáceo descompuesto, blando (RDb), altamente oxidado y con presencia de sericita. El mismo presenta comportamiento geomecánico de arena fina limosa. Se observan vetas de cuarzo y fragmentos tamaño grava. Este material describe coloración grisácea con tonalidades de marrón y tiene una resistencia a la penetración normal de 80 golpes/pie. Esta roca posee buena foliación de tipo abierta y cerrada, sub-horizontal, ondulada y plana, con textura lisa a rugosa.



Figura N° 42. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 0.55-2m



Figura N° 43. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 3.55-10m

- **Perforación P- 09**

Sobre la base de las clasificaciones visuales, los registros de la resistencia a la penetración normal, y los ensayos de laboratorio, en general el perfil litológico del subsuelo descrito a través de la perforación P-09, está caracterizado por suelos arcillo arenosos, hasta 2 m de profundidad, los cuales descansan sobre estratos rocosos correspondientes a esquistos grafitosos cuarzo – micáceos, en donde, a medida que avanzan en profundidad varían según su grado de meteorización hasta 15 m de profundidad.

En los 2 primeros m de espesor se observa un suelo arcillo arenoso, estos suelos presentan color marrón con tonalidades de negro y naranja debido al contenido de materia orgánica y las manchas de oxidación presentes en el material. Presentan baja resistencia a la presión dúctil. Según el ensayo de SPT presentan una resistencia a la penetración de $10 < N_{spt} < 35$ golpes/pie. Subyacente a este estrato y hasta 15 m de profundidad, se describe este material como esquisto grafitoso cuarzo – micáceo descompuesto, blando (RDb), altamente oxidado y con presencia de sericita. El mismo presenta comportamiento geomecánico de arena fina limosa. Se observan vetas de cuarzo y fragmentos tamaño grava. Este material describe coloración grisácea con tonalidades de marrón y tiene una resistencia a la penetración normal de $56 < N_{spt} < 80$ golpes/pie.



Figura N° 44. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 0.55-2 m



Figura N° 45. Núcleo extraído de la perforación P-08 profundidad 2.55-15m

- **Perforación P-10**

Sobre la base de las clasificaciones visuales, los registros de la resistencia a la penetración normal, y los ensayos de laboratorio, en general el perfil litológico del subsuelo descrito a través de la perforación P-10, está caracterizado los dos primeros metros por esquistos grafitosos cuarzo – micáceos descompuesto, blando (RDb), altamente oxidado. Según el ensayo de SPT presentan una resistencia a la penetración de $38 < N_{spt} < 79$ golpes/pie. Subyacente presenta un suelo areno arcilloso de 1 m de profundidad. Este suelo presenta color marrón con tonalidades de negro y naranja debido al contenido de materia orgánica y las manchas de oxidación presentes en el material. Presentan baja resistencia a la presión dúctil. Según el ensayo de SPT presentan una resistencia a la penetración de 8 golpes/pie. Seguidamente se describe otro material esquivo grafitoso cuarzo – micáceo descompuesto, blando (RDb), altamente oxidado y con presencia de sericita. El mismo presenta comportamiento geomecánico de arena fina limosa. Se observan vetas de cuarzo y fragmentos tamaño grava. Este material describe coloración grisácea con tonalidades de marrón y tiene una resistencia a la penetración normal de 80 golpes/pie.



Figura N° 46. Núcleo extraído de la perforación P-10 profundidad 0.55-2m



Figura N° 47. Núcleo extraído de la perforación P-10 profundidad 2-3 m

- **Perforación P-11**

Sobre la base de las clasificaciones visuales, los registros de la resistencia a la penetración normal, y los ensayos de laboratorio, en general el perfil litológico del subsuelo descrito a través de la perforación P-11, está caracterizado los dos primeros metros por esquistos grafitosos cuarzo – micáceos descompuesto, blando (RDb), altamente oxidado. Según el ensayo de SPT presentan una resistencia a la penetración de $36 < N_{spt} < 40$ golpes/pie. Subyacente presenta un suelo areno arcilloso de 1 m de profundidad. Este suelo presenta color marrón con tonalidades de negro y naranja debido al contenido de materia orgánica y las manchas de oxidación presentes en el material. Presentan baja resistencia a la presión dúctil. Según el ensayo de SPT presentan una resistencia a la penetración de 27 golpes/pie. Seguidamente se describen dos materiales esquistos grafitosos cuarzo – micáceos descompuestos, blandos (RDb), altamente oxidados y con presencia de sericita. El mismo presenta comportamiento geomecánico de arena arcillosa. Este material describe coloración grisácea con tonalidades de marrón y tiene una resistencia a la penetración normal de 80 golpes/pie.



Figura N° 48. Núcleo extraído de la perforación P-11 profundidad 0.55-2m



Figura N° 49. Núcleo extraído de la perforación P-11 profundidad 2-5m

VI.1.4.- Descripción Petrográfica

- Muestra VL – M1

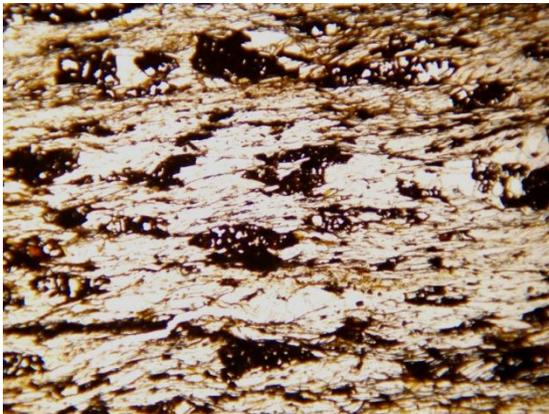
Tabla N° 7. Porcentaje de Minerales de VL – M1

MINERALOGÍA	%
CUARZO	40
MUSCOVITA	35
GRAFITO	14
LIMONITA	5
PIRITA	1
CLORITA	5

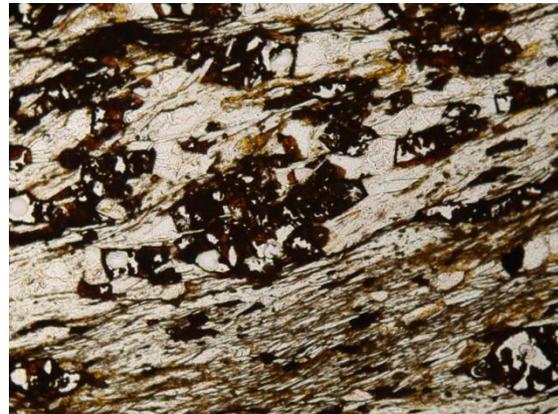
Roca Fresca, Dura y fracturada (RFdf) de color marrón claro.

La muestra presenta cristales de cuarzo como mineral mayoritario, se observan cristales de este mineral dispuestos paralelamente al grafito y muscovita, presente en la sección, se observan cristales en forma de cubos muy limonitizados, presenta óxido alrededor de los granos de la mica clorita.

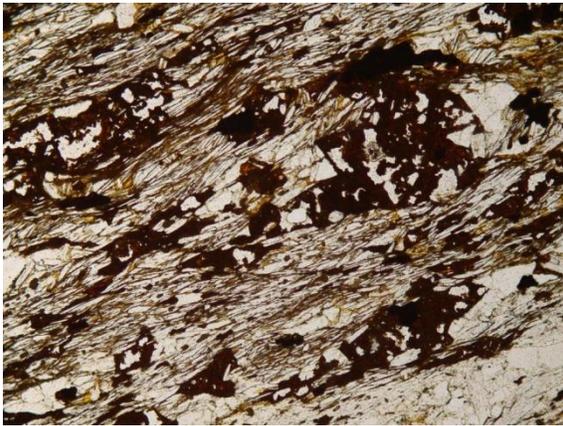
El bandeamiento de la roca es bastante incipiente, evidenciado por los cristales de clorita de la misma, Debido a lo anteriormente señalado el arreglo paralelo de los minerales presente en la sección indica la textura foliada presente en las rocas metamórficas específicamente los esquistos por lo cual podemos definir como litotipo, un **Esquisto Cuarzo Micáceo Grafitoso**.



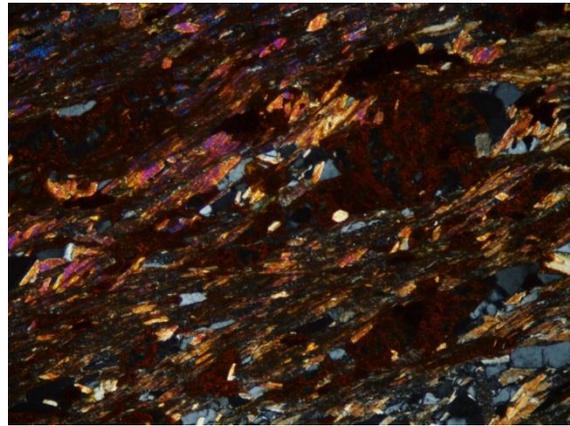
(a) Panorámica SN 4X



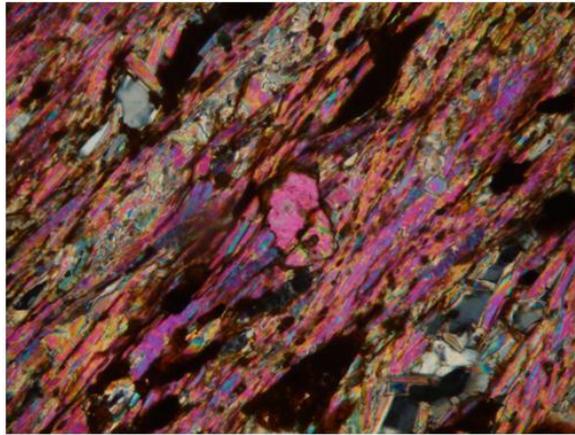
(b) Cristales micas SN 10X



(c) 10 X



(d) NX 10X



(e) Detalle de epidoto. NX 20X

Figura N° 50. Petrografías VL – M1

• **Muestra VL – M3**

Tabla N° 8. Porcentaje de Minerales de VL – M3

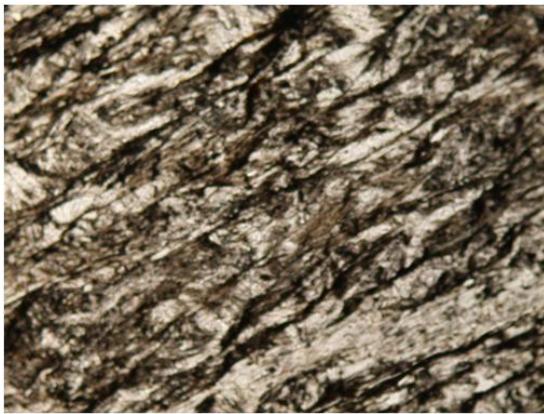
MINERALOGÍA	%
MUSCOVITA	35
SERICITA	20
GRAFITO	33
CUARZO	10
ALBITA	2

Roca Fresca, Dura y fracturada (RFdf) de color Gris claro

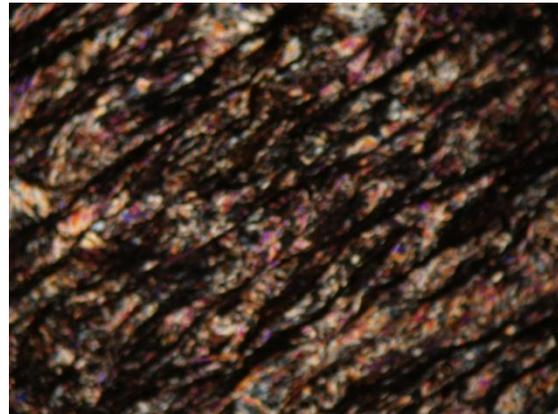
La muestra presenta cristales de muscovita como mineral mayoritario, se observan cristales de este mineral dispuestos paralelamente al grafito y cuarzo presentes en la sección, Se observa veta de cuarzo que atraviesa la muestra de roca, por lo general son indicativos de diaclasas.

Presenta oxido de hierro, los cristales de sericita crecen en forma radial, no en el sentido de la foliación.

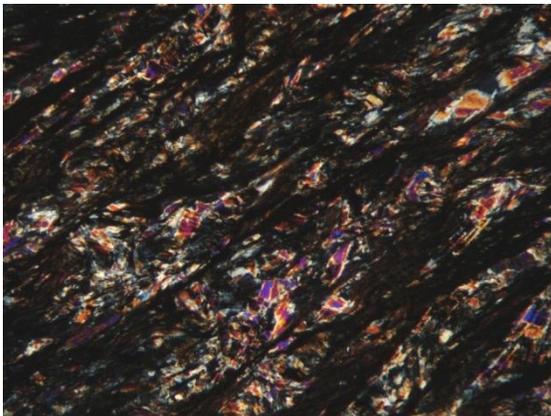
Debido a lo anteriormente señalado el arreglo paralelo de los minerales presente en la sección indica la textura foliada presente en las rocas metamórficas específicamente las filitas por lo cual podemos definir como litotipo, una **Filita Micáceo Grafítica**.



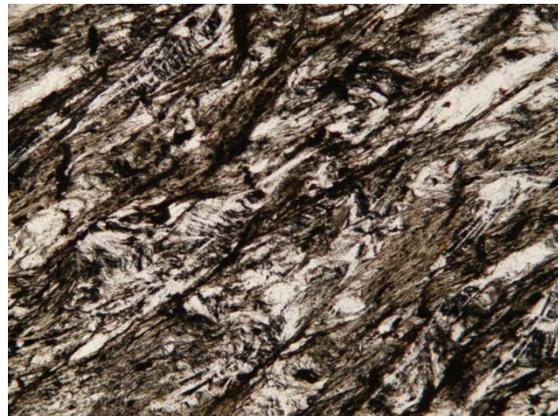
(a) Panorámica SN 10X



(b) Panorámica NX 20X



(c) Detalle micas NX 20 X



(d) Detalle foliación SN 20X

Figura N° 51. Petrografías VL – M3

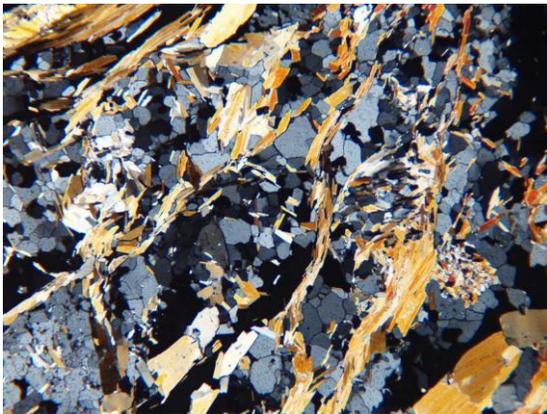
- **Muestra VL – M4**

Tabla N° 9. Porcentaje de Minerales de VL – M4

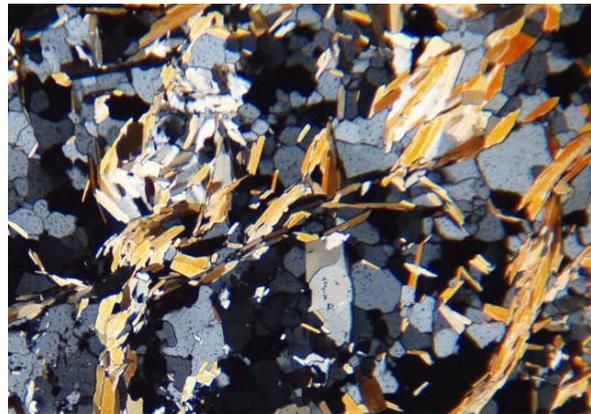
MINERALOGÍA	%
CUARZO	52
MOSCOVITA	35
BIOTITA	10
PIRITA	3

Roca Fresca, Dura y fracturada (RFdf) de color marrón claro.

La muestra analizada presenta cristales de cuarzo como mineral mayoritario, anhedrales y de variada proporción, se observa veta de este mineral y cristales de cuarzo dispuestos de manera subparalela a las micas presentes en la sección, Debido a lo anteriormente señalado el arreglo subparalelo de los minerales presente en la sección indica la textura foliada presente en las rocas metamórficas específicamente los esquistos, por lo cual podemos definir como litotipo, un **Esquisto Cuarzo Muscovítico**.



(a) Panorámica NX 4X se observa la foliación



(b) Detalle micas y cuarzo NX 10 X

Figura N° 52. Petrografías VL – M4

- **Muestra VL – M5**

Tabla N° 10. Porcentaje de Minerales de VL – M5

MINERALOGÍA	%
CUARZO	45
GRAFITO	40
PIRITA	10

Roca Fresca, Dura y fracturada (RFdf) de color Gris.

La muestra presenta cristales de cuarzo y grafito como minerales mayoritarios, dispuestos paralelamente.

Se observa la presencia de clivaje de crenulación y el desarrollo de una foliación tipo S.

Debido a lo anteriormente señalado el arreglo paralelo de los minerales presente en la sección indica la textura foliada presente en las rocas metamórficas específicamente las filitas por lo cual podemos definir como litotipo, una **Filita Cuarzo Grafítica**.



(a) Panorámica SX 10 X



(b) NX 10 X

Figura N° 53. Petrografías VL – M5

VI.1.5.-Excavabilidad y Erosionabilidad

VI.1.5.1.-Excavabilidad

Bajo el término de excavabilidad nos referimos a un criterio cualitativo que mide la aptitud de un macizo rocoso para ser quebrantado por medio de una excavación, arrastrado por un bull-dozer. Lógicamente, su eficacia dependerá de la naturaleza de la roca sana y de la distribución de sus discontinuidades.

Como primer paso en la construcción de cimentaciones, se encuentra la excavación del suelo o roca que yace bajo la superficie y por encima del nivel de dicha cimentación. Por lo tanto las excavaciones tienen como función preparar el terreno para la futura construcción del sistema de cimentación propuesto. Los correspondientes al equipo de carga, por orden de preferencia, son: Producción requerida, zona de trabajo o carga (amplitud y condicionantes), características del material a cargar (en banco, ripado, volado), disponibilidad requerida, equipo de transporte a utilizar.

Todo el material perforado a percusión puede ser excavable según el siguiente esquema:

$0 < N_{spt} \text{ (golpes pie)} < 70$ o $V_p < 1500 \text{ m/seg}$, puede ser excavado con equipo convencional de hasta 300hp de potencia tipo Shovells, D7 Caterpillar y excavadora de pala frontal.



Figura N° 54. De izquierda a derecha equipo siendo utilizados para corte y carga

Todo material con $N_{spt} > 70$ (golpes pie) con V_p entre 1.500 – 2.000 Ripiado fácil, excavación de estratos, algo difícil para excavadoras o tractores con potencia menor a los 600 Hp de potencia, requiere de equipo tipo D8 Caterpillar, para lograr un rendimiento aceptable.

VI.1.5.2.-Tipos de excavaciones

Los tipos de excavación, se pueden dividir en tres grupos: a cielo abierto, subterráneo. Dependiendo de la constitución del terreno y del material excavado, se tendrán que utilizar unos u otros medios de excavación. Todos los trabajos pueden hacerse en seco o con agotamiento, nivel freático por debajo del plano de excavación.

En este caso se utilizó excavación a cielo abierto; en un terreno de tránsito, en el que se pudo excavar por medios mecánicos. Los puntos que se tomaron en cuenta para seleccionar el equipo de transporte fueron: Recorrido, distancia, pendientes y curvas, material a transportar, producción requerida y equipo de carga disponible.

V.1.5.3.-Erosionabilidad del suelo

La erosionabilidad como característica del suelo es una medida de la susceptibilidad al arranque y transporte por los agentes de la erosión. La erosionabilidad del suelo es un efecto integrado de los procesos que regulan la absorción de la lluvia y la resistencia de las partículas del suelo al arranque y posterior transporte. Estos procesos están influidos por las propiedades del suelo tales como tamaño de partículas, estabilidad de agregados, materia orgánica, y por el tipo de arcillas o por características edáficas que afectan la estructura del suelo, la dispersión y la transmisión de agua. Es un concepto que indica la susceptibilidad de un suelo a ser erosionado ante una fuerza o mecanismo erosivo, esfuerzo cortante de agua e impacto directo de las gotas de lluvia. Es una característica propia del suelo ligada a su granulometría, estructura y condiciones hidrológicas. Textura y estructura son las propiedades más estudiadas para identificar los suelos en función de su susceptibilidad ante la erosión. La estabilidad de los agregados es un parámetro sintético que identifica la erosionabilidad del suelo. Otros factores que influyen sobre la erosionabilidad de un suelo son su permeabilidad y su contenido en materia orgánica.

En cuanto a la erosionabilidad en el área de estudio, el material tipo suelo residual descrito es muy erosionable y se puede apreciar a simple vista en el terreno.



Figura N° 55. Erosión en taludes y vías excavadas en el rango de dos meses.

VI.1.6.- Perfil de Meteorización

La roca del sitio estudiado ha sido sometido a un intenso proceso de meteorización el cual modifica la consistencia, el estado físico y por ende los parámetros de resistencia del material del subsuelo.

La evaluación del perfil de meteorización del área del Desarrollo Habitacional Pioneros de Monterrey nos permitió:

- Diagnosticar problemas de Inestabilidad en general (asentamientos, deslizamientos).
- Estimación de la roca de Fundación.
- Problemas de erodabilidad.
- Contribuir con logística de movimiento de tierra.
- Determinar espesores de suelo residual para susceptibilidad.

Básicamente el perfil de meteorización típico de una roca metamórfica se describe en la Figura N° .56

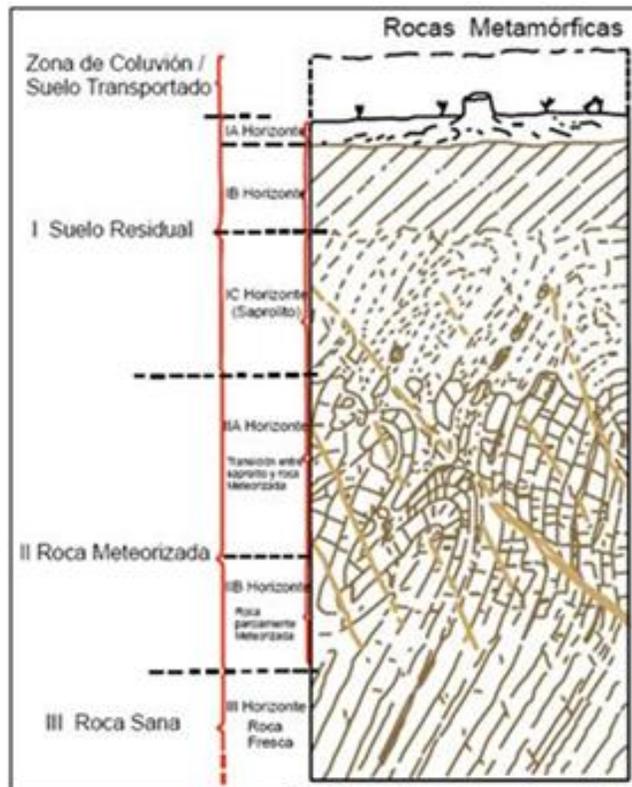


Figura N° 56. Perfil de meteorización típico de rocas metamórficas. Modificado de Vallejo, 2002

En el sitio de esta investigación presenta el perfil típico mostrado en la Figura N° 57.

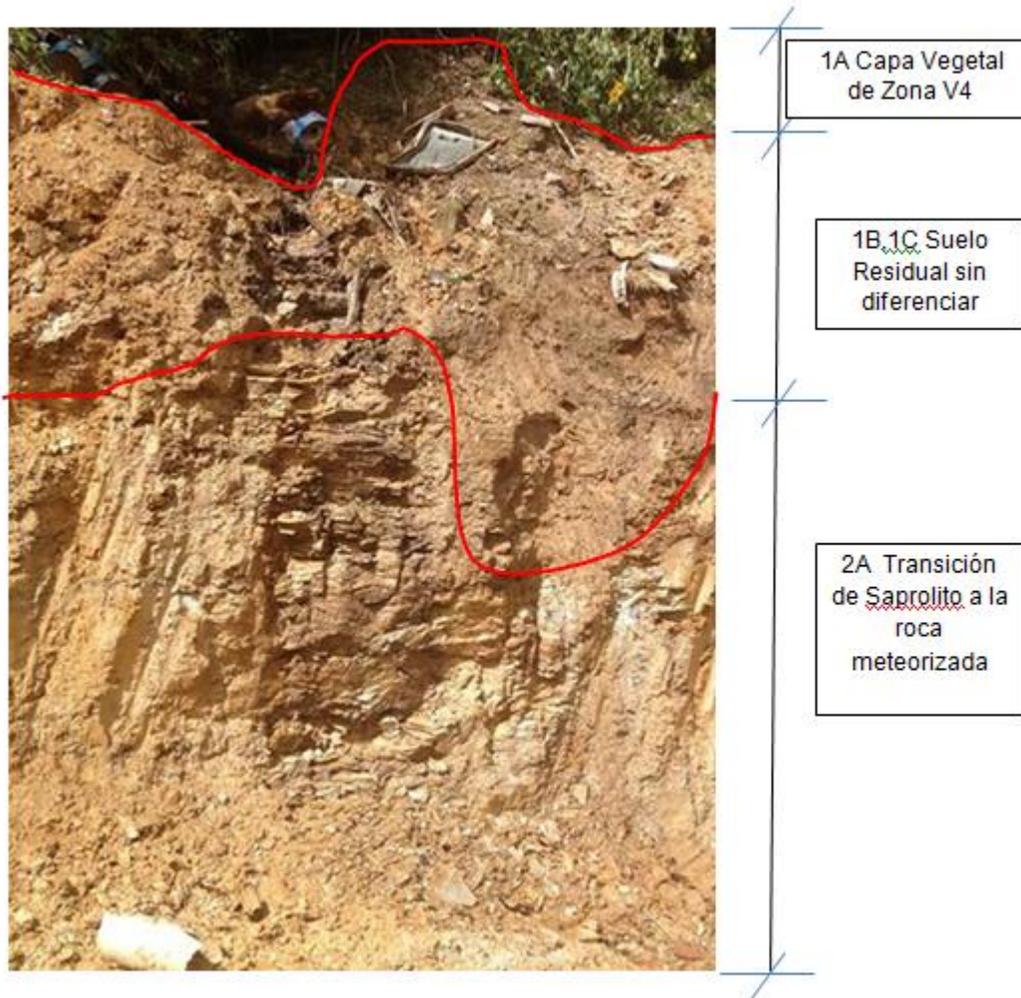


Figura N° 57. Perfil de meteorización típico del sitio estudiado

De la información recabada en campo se concluye que para mejorar las condiciones de estabilidad del material de fundación debe removerse los horizontes 1A y 1B y fundar sobre el material 2B.

CAPÍTULO VII

VII.1.-SISMICIDAD

VII.1.1.- Generalidades

La exposición de la población e infraestructuras a las amenazas naturales y antrópicas han forjado al Estado Venezolano a realizar grandes inversiones en obras de rehabilitación, adicionalmente, el crecimiento de construcciones informales acelerado y el deterioro ambiental, crean patologías que incrementan las vulnerabilidades en el Municipio Baruta.

La aplicación de la NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756:2001 para Edificaciones Sismorresistentes que establecen los criterios de análisis y requerimientos para el diseño de edificaciones situadas en zonas donde pueden ocurrir movimientos sísmicos mitigan las vulnerabilidades.

VII.1.2.- Zonas Sísmicas

Para la aplicación de la Norma COVENIN 1756-1-2001 de edificaciones sismorresistentes el país ha sido dividido en ocho zonas de acuerdo a la Cuantificación de la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos futuros que pueden afectar en forma adversa la integridad de edificaciones y sus ocupantes, lo que se ha llamado “Peligro sísmico”. El cual se muestra en la en la Tabla N° 11 y en la Figura N° 58.

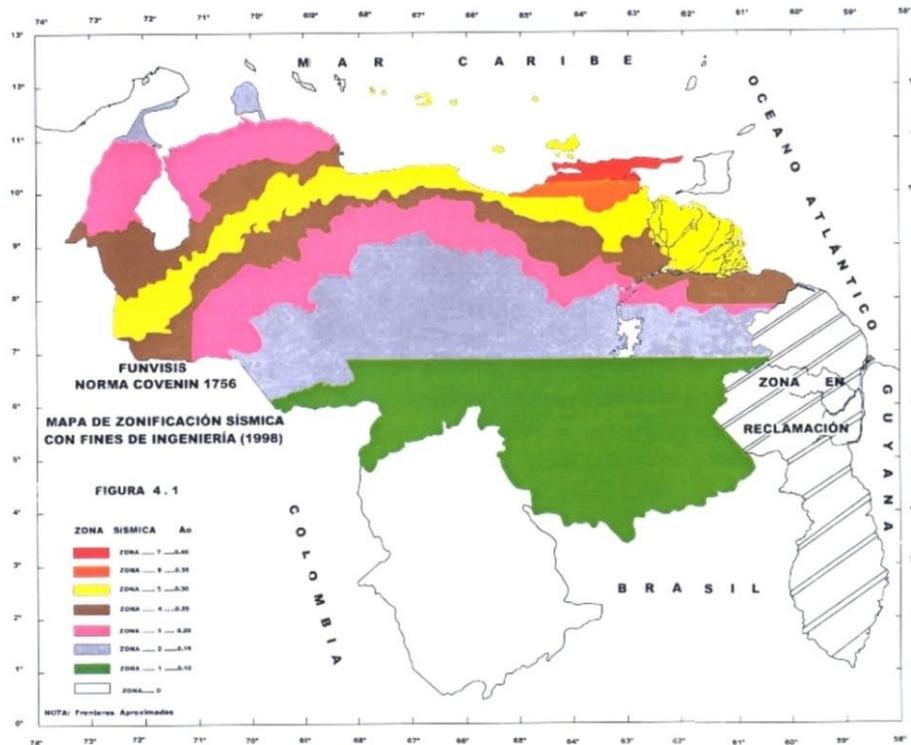


Figura N° 58. Mapa de zonificación. Tomado de: COVENIN –1756-1-2001 edificaciones sismorresistentes.

Los parámetros que caracterizan los movimientos de diseño dependen de las condiciones geotécnicas locales. El coeficiente de la aceleración horizontal (A_0) para esta zona se da en la Tabla y el coeficiente de la aceleración vertical, se tomará como 0.7 veces los valores de A_0 .

De acuerdo a lo expuesto por la norma COVENIN 1756-1-2001, la zona de estudio se encuentra dentro de la zona sísmica 5, con un peligro sísmico elevado, siendo el coeficiente de aceleración horizontal 0.30 y el coeficiente de aceleración vertical 0.21.

Tabla N° 11. Nivel del peligro Sísmico y valores de Coeficiente de Aceleración horizontal.

ZONA SISMICA	PELIGRO SISMICO	A_0	COEFICIENTE DE LA ACELERACIÓN VERTICAL
5	ELEVADO	0.30	0.21

VII.1.3.- Formas Espectrales Tipificadas de los Terrenos de Fundación

La Norma COVENIN 1756-1-2001, considera cuatro formas espectrales tipificadas (S1 a S4) y un factor de corrección para el coeficiente de aceleración horizontal (ϕ), los cuales dependen de las características del perfil geotécnico del terreno de fundación, su selección se realiza de la siguiente forma:

VII.1.4.- Selección de la forma espectral y del factor de corrección (ϕ)

La selección de la forma espectral y el factor de corrección de la aceleración horizontal (ϕ) se hará a partir de la Tabla N° 12, estos dependen de las características del suelo de fundación.

Tabla N° 12. Forma espectral y factor de corrección ϕ .

MATERIAL	DSP(m/s)	H(m)	ZONAS SISMICAS 1 A 4		ZONAS SISMICAS 5 A 7	
			FORMA ESPECTRAL	Φ	FORMA ESPECTRAL	Φ
Roca sana fracturada	>500		S1	0,85	S1	1
Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	S1	0,85	S1	1
		30-50	S2	0,8	S2	0,9
		>50	S3	0,7	S2	0,9
Suelos duros y densos	250-400	<15	S1	0,8	S1	1
		15-50	S2	0,8	S2	0,9
		>50	S3	0,75	S2	0,9
Suelos firmes/medio densos	170-250	≤ 15	S3	0,7	S2	0,95
		>50	S3	0,7	S3	0,75
Suelos blandos/ sueltos	<170	≤ 15	S3	0,7	S2	0,9
		>15	S3	0,7	S3	0,8
Suelos blandos o sueltos intercalados con suelos más rígidos		H1	S3	0,65	S2	0,7

Donde:

V_{sp} = Velocidad promedio de las ondas de corte en el perfil geotécnico.

H = Profundidad a la cual se consigue material cuya velocidad de las ondas de corte, **V_s**, es mayor que 500 m/s.

ϕ = Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal.

H1 = Profundidad desde la superficie hasta el tope del estrato blando.

De acuerdo a las características de la zona de estudio y de acuerdo a los valores de la tabla la forma espectral es S2 y el factor de corrección de A_0 (ϕ) es igual a 0.90.

Tabla N° 13. Forma espectral y factor de corrección en la zona de estudio

V _{sp} (m/s)	H1	FORMA ESPECTRAL	FACTOR DE CORRECCIÓN A ₀ (ϕ)
130	10.35	S2	0.90

VII.1.5.- Clasificación Según el Uso

De acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 1756-1-2001 de edificaciones sismorresistentes las edificaciones a construir en la zona de estudio Desarrollo Habitacional Pioneros de Monterrey, deberán quedar clasificadas dentro de los Grupos propuestos en la Norma COVENIN 1756-1-2001.

Grupo

El Desarrollo habitacional Pioneros de Monterrey corresponde a Edificaciones de uso privado, de baja ocupación, que no excede los límites indicados en el Grupo B2 de la Norma COVENIN 1756-1-2001.

VII.1.6.-Factor de importancia

De acuerdo con la clasificación según el uso de la edificación se establece un factor de importancia (α) referido en la Tabla para cada grupo. De esta forma la zona de estudio estaría ubicada dentro del grupo B2 con un factor de importancia de 1.00.

Tabla N° 14. Factor de importancia

Grupo	α
B2	1.00

VII.1.7.- Niveles de diseño

Toda edificación o requiere de un nivel de diseño mínimo para la estructura.

VII.1.7.1- Nivel de diseño 1

El diseño en zonas sísmicas no requiere la aplicación de requisitos adicionales a los establecidos para acciones gravitacionales.

VII.1.7.2.- Nivel de diseño 2

Requiere la aplicación de los requisitos adicionales para este Nivel de Diseño, establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

VII.1.7.3.- Nivel de diseño 3

Requiere la aplicación de todos los requisitos adicionales para el diseño en zonas sísmicas establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

COVENIN 1756-1-2001 EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES

VII.1.8.- Niveles de diseño requeridos

Se usará el Nivel de Diseño ND indicado en la Tabla N°15. Para este caso se usará el ND3, indicado para la zona sísmica 5 y grupo B2, considerando las características de la edificación.

Tabla N° 15. Nivel de diseño ND

GRUPO	ZONA SISMICA
B2	ND3

CAPÍTULO VIII

VIII.1.- GEOFÍSICA

VIII.1.1.- Generalidades

Como herramienta geológica se tienen varios métodos de exploración geofísica, tales como:

- Resistividad eléctrica,
- Ondas sísmicas
- Refracción sísmica somera.

Siendo la refracción sísmica somera la herramienta complementaria utilizada para el desarrollo de la investigación objeto de este Trabajo de Grado; y con la que se obtuvieron las características superficiales del subsuelo que aportaron la data para el estudio integral de la zona de interés. Así se integraron las tres ciencias: geología, geotecnia y geofísica.

VIII.1.2.- Método de refracción sísmica

El método de refracción sísmica es especialmente valioso para reconocimientos en áreas cuya estructura tiene gran relieve, y donde haya por lo menos una capa de referencia de alta velocidad recubierta por formaciones de baja velocidad.

En la prospección por refracción, la estratificación del subsuelo se detalla a una escala mucho menor, utilizando los tiempos de recorrido de las ondas ocasionadas por explosiones provocadas cerca de la superficie. (Dobrin, 1961).

En una zona donde no se disponga de datos relativos a la geología del subsuelo, la exploración por refracción, suministra datos acerca de las velocidades sísmicas en las diversas formaciones, así como de su geometría, hace posible la identificación de los materiales rocosos que van a ser cartografiados. (Dobrin, 1961).

VIII.1.3.-Prospeccion por refracción sísmica

Es probablemente el método geofísico más utilizado para obtener datos para Geotecnia del subsuelo somero. En este método la fuente y los detectores se encuentran alineados en la superficie del terreno. Se obtienen registros de las ondas que viajan desde la fuente hasta los detectores a través del subsuelo siguiendo diversas trayectorias o caminos. En particular aquí interesan aquellas ondas que siguen la trayectoria de tiempo mínimo y que son las primeras que llegan a cada detector. Con ellas se dibuja un gráfico donde las abcisas son distancias desde la fuente hasta cada detector y el eje de las ordenadas son los respectivos tiempos de primera llegada. Este gráfico se denomina gráfico tiempo-distancia, y las curvas representadas son las dromocrónicas. En principio, a partir de este gráfico es posible calcular el perfil de espesores y la velocidad de propagación de las ondas sísmicas primarias de cada estrato en el subsuelo.

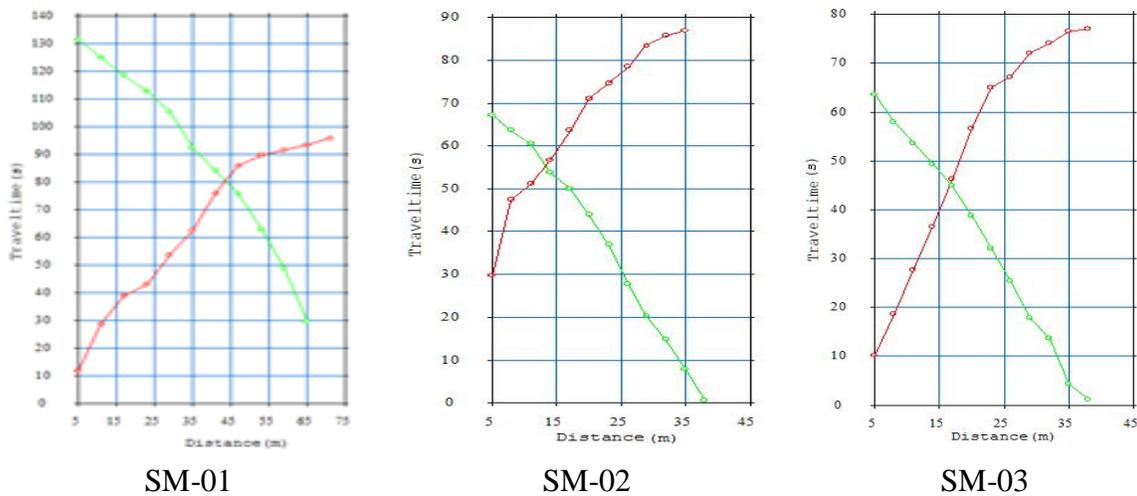


Figura N° 59. Dromocrónicas de los sondeos realizados

VIII.1.4.- Fuente de generación de ondas

Las ondas que se utilizan en refracción son generadas por una perturbación artificial, que se conoce como impulso sísmico. Lo que se busca con éste es generar el tipo de ondas sísmicas, producidas por un único evento de duración instantánea, para que no haya superposición de ondas (de diferentes eventos) en los movimientos del terreno detectados por los geófonos.

Las ondas sísmicas se generaron a partir de golpes en el suelo con una mandarina de 12 kg, con el que se realizaron 16 impactos sobre una placa metálica. Esto se debe a que la energía transmitida al suelo no es muy grande, por lo que se debe apilar varias veces los golpes impactados al suelo, con el fin de modelar mejor las llegadas y suprimir el ruido. Estas ondas incluyen ondas sísmicas internas, Primarias y Secundarias, así como ondas superficiales, Love y Rayleigh. Dichas ondas se propagan en el interior de la tierra hasta alcanzar puntos donde existan cambios en las propiedades elásticas de los medios.

VIII.1.5.- Sensores de grabación

En las interfaces, ocurre un proceso de distribución de la energía, en donde, una parte de la energía se propaga hacia el interior de la tierra, mientras que la otra porción regresa a la superficie, donde es registrada por detectores (geófonos). A través de geófonos de una componente vertical, el movimiento del terreno es observado en diferentes puntos a lo largo del tendido de refracción sísmica. Actualmente se usan 12, 24 ó 48 geófonos. Para esta adquisición se utilizaron 12 geófonos con ganancias variables de 60 db hasta 90 db. Estos sensores exigen mayor resistencia mecánica que aquellos usados en la sismología tradicional (Joukovsky, 1950) debido a que en refracción se requiere geófonos con frecuencias naturales de vibración mucho mayores, entre 8 y 40 Hz.

VIII.1.6.- Adquisición sísmica

En la presente investigación, se realizó una adquisición de datos geofísicos con fines geotécnicos, en el lugar donde se construirá un urbanismo ubicado en la localidad de Monterrey en el Municipio Baruta del Edo. Miranda. Para la exploración sísmica se utilizó el método de refracción doble disparo.

Se realizaron tres sondeos sísmicos de refracción; con la ayuda de un sismógrafo digital de 12 canales marca Geometrics, modelo Smartseis, un cable para geófonos de 130 m, 12 geófonos de 14 Hz de componente vertical marca OYO, modelo Geospace, placa metálica, mandarina de 12 kg, y un GPS marca Magelland, modelo Meridian Gold, precisión 5 m.

El primero se realizo en la parte superior de la colina siguiendo la fila de la misma; el segundo perpendicular al anterior y el tercero en una ladera aproximadamente paralelo al primer sondeo pero a una cota inferior. Con estos sondeos se logro determinar las propiedades elásticas del subsuelo, además determinar los espesores de los estratos y velocidades de ondas sísmicas características de la zona de estudio.

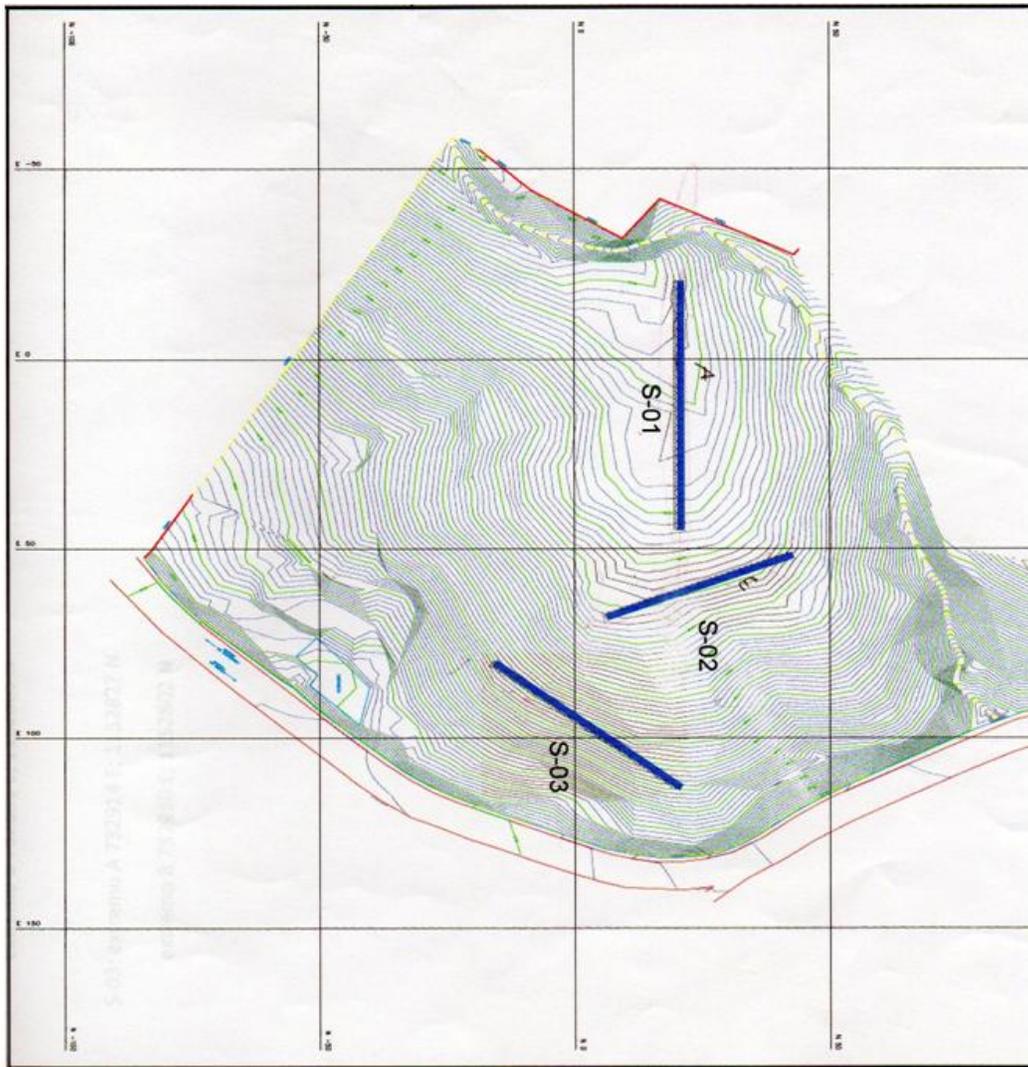


Figura N° 60. Ubicación de los sondeos geofísicos

Tabla N° 16. Coordenadas de sondeos geofísicos

SONDEO	COORDENADAS			
	Extremo A		Extremo B	
	Este	Norte	Este	Norte
S01	732845	1152731	732876	1152775
S02	732893	1152788	732866	1152805
S03	732914	1152877	732930	1152802

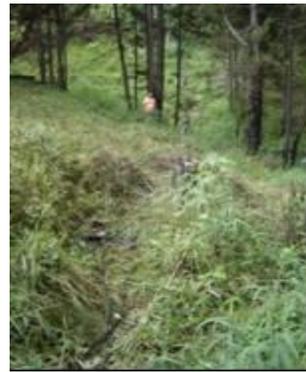


Figura N° 61. Sondeo sismico SM-01. Parte superior de la colina



Figura N° 62. Sondeo sismico SM-02. Perpendicular al anterior.



Figura N° 63. Sondeo sismico SM-03. Ladera a cota inferior de los anteriores

VIII.1.7.- Geometría de adquisición

En la geometría se indicó la distancia entre fuentes, la distancia entre receptores, el número de trazas por registros y las coordenadas x, y de cada disparo, las elevaciones y posibles cambios en la dirección de la línea sísmica. La geometría es la etapa más importante, porque es el primer paso para realizar el ordenamiento de puntos comunes en profundidad. Si se tiene una geometría correcta se tendrá mejores datos sísmicos para el intérprete. La geometría utilizada durante la adquisición sísmica fue diseñada de forma tal de garantizar que se pudieran determinar con precisión las velocidades y espesores de por lo menos los dos estratos sísmicos más superficiales. La geometría utilizada es de 5 m de offset (distancia de la fuente sísmica al primer geófono) y 6 m de intervalo para el primer sondeo y 5 m de offset y 3 m de intervalo para los otros dos sondeos.

VIII.1.8.- Procesamiento de datos sísmicos

El procesamiento de datos sísmicos es la fase que sigue a la adquisición sísmica y consiste en utilizar los datos obtenidos en campo para lograr una sección en el plano distancia-profundidad o distancia-tiempo para el caso de dos dimensiones, que sea lo más parecida posible a las capas y estructuras geológicas que se espera estén presentes en el subsuelo, para que posteriormente sean interpretadas.

Para el procesamiento de los datos sísmicos se utilizaron los programas Pickwin y Plotrefa de la Corporación OYO. El programa Pickwin permitió realizar la selección de las primeras llegadas, introduciendo directamente los datos adquiridos en campo. Permitted mediante una serie de comandos llevar a cabo los primeros pasos necesarios para el procesamiento. En este programa se guardan los archivos con la selección de las primeras llegadas con las que posteriormente se construyen las curvas camino tiempo. Plotrefa fue el otro programa de procesamiento, con el que se llevó a cabo la fase final del procesamiento. En este programa se cargaron los datos procesados y almacenados en Pickwin de cada tendido y se generaron las curvas distancia – tiempo. Posteriormente se asignó el número de capas y las velocidades de las capas, Sucesivamente se generó un modelo inicial de capas con las variaciones de velocidades mediante un gradiente suavizado, al cual se le introduce el valor de la altimetría promedio para cada línea; posteriormente mediante un

comando del programa se calculó la inversión mediante parámetros por defecto. Los parámetros por defecto utilizados por el programa son, una velocidad mínima de 0,30 km/seg, una velocidad máxima de 3,00 km/seg y un máximo de 10 capas. De esta manera se generó un modelo de capas, según lo observado en las curvas distancia – tiempo, del cual se extraen finalmente los datos en profundidad de cada superficie refractora, correspondientes a la ubicación de cada geófono. Estas aplicaciones permitieron extraer la información sísmica registrada en el sismógrafo y convertirla a un formato digital que se pueda leer en el computador, luego se seleccionan las primeras llegadas o quiebres indicativos de la refracción de la onda sísmica, y con esta información se pueden construir modelos del subsuelo.

Una vez obtenido el número de capas y sus respectivos valores de V_p se calculan la V_s , la densidad y los módulos elásticos de cada estrato según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Velocidad onda S:} \quad V_s = 0,4 \cdot V_p \quad (1)$$

$$\text{Densidad (calculada mediante la relación empírica de Gardner):} \quad \rho = 310 V_p^{0.25} \quad (2)$$

$$\text{Módulo de Rigidez:} \quad G = \rho V_s^2 \quad (3)$$

$$\text{Módulo de Compresibilidad:} \quad K = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \quad (4)$$

$$\text{Módulo de Young:} \quad E = \frac{V_p^2 \rho (1 - 2\mu)(1 + \mu)}{(1 - \mu)} \quad (5)$$

VIII.1.9.- Modelos de capas

- SM- 01 y SM-02 (parte superior de la colina)

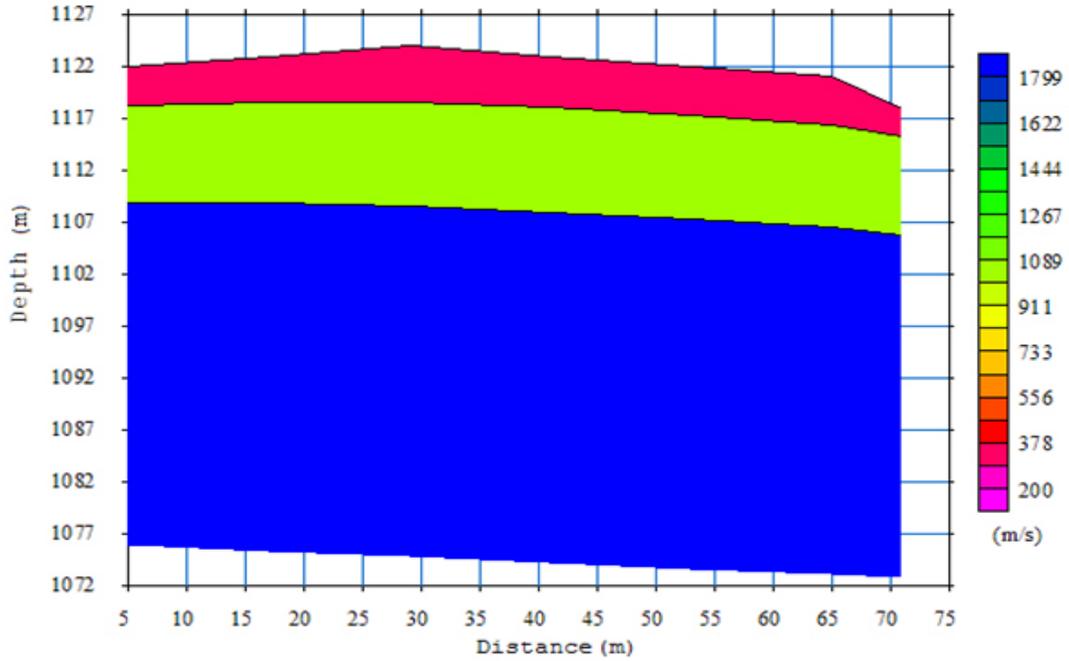


Figura N° 64. Modelo de capas para el sondeo SM-01

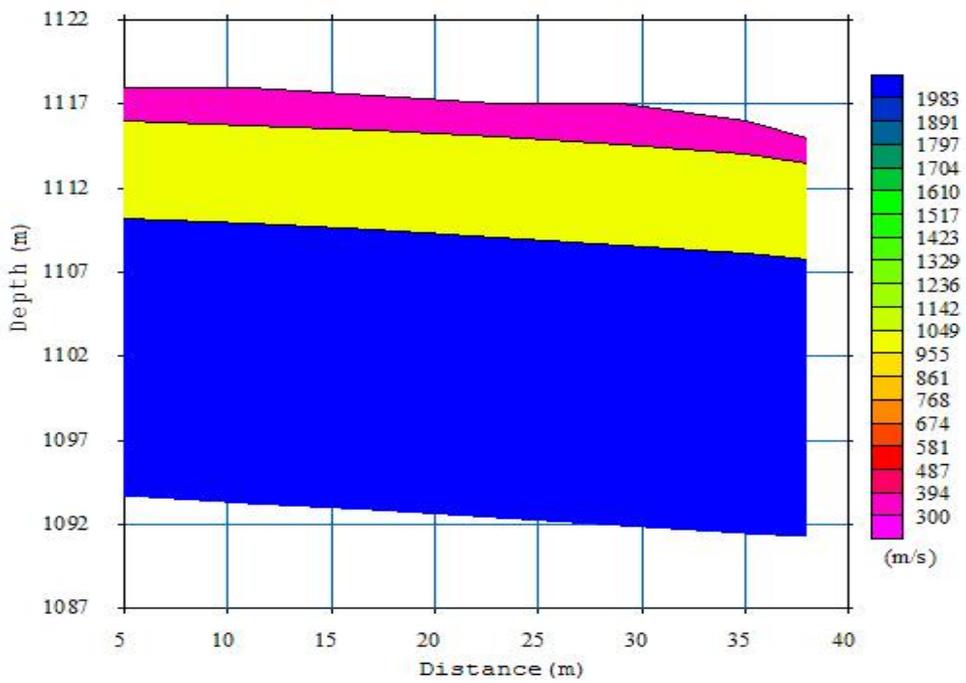


Figura N° 65. Modelo de capas para el sondeo SM-02

En ambos sondeos se pudo identificar tres estratos sísmicos con muy bajas velocidades de onda primaria.

El primer estrato posee un rango de V_p de 282,70 m/s hasta 326,85 m/s lo que corresponde a un suelo residual de muy bajo nivel de compactación y alta meteorización, con un espesor que varía entre 2 y 5 m.

El segundo estrato tiene un rango de V_p de 460,85 m/s a 554,40 m/s que lo cataloga como un suelo suelto a semicompactado y con un espesor variable de 5 a 10 m.

El último estrato tiene un rango de V_p de 1005,20 m/s a 1341,65 m/s característico de suelos consolidados que varían hacia roca descompuesta.

- **SM – 03 Ladera de la colina**

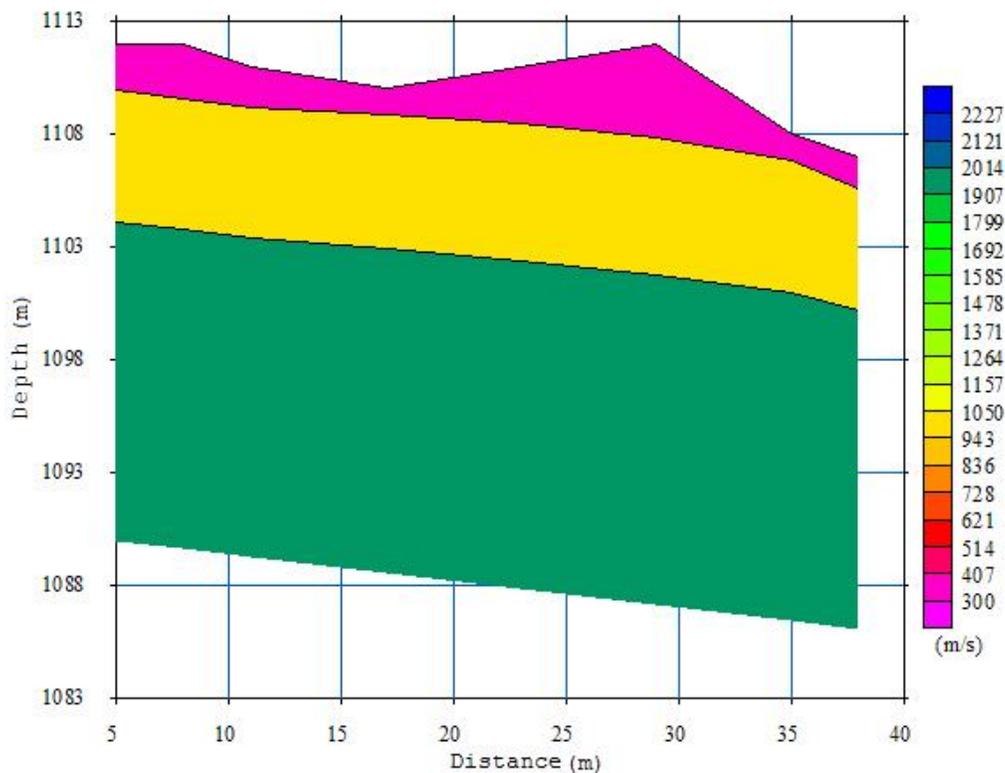


Figura N° 66. Modelo de capas para el sondeo SM-03

En esta zona se realizó el sondeo sísmico SM-03 (Figura 65) en donde se pudo identificar un primer estrato de 443,30 m/s, 1 y 5 m de espesor y por debajo de éste una segunda capa de 496,95 m/s con 5 m aproximadamente, ambos característicos de suelos sueltos o poco consolidados.

El tercer estrato de 958,30 m/s de Vp corresponde a un suelo más consolidado.

La finalidad es calcular el espesor de la capa superficial (somera), del área de estudio y su velocidad. El cálculo de estos parámetros es sencillo y se realizan en primer lugar realizando el análisis de los primeros quiebres.

Se realizó un gráfico de distancia vs tiempo para el cálculo de la velocidad de la capa meteorizada y su espesor. Las Curvas distancia – Tiempo se obtienen cargando el archivo procesado y guardado en Pickwin.

VIII.1.10.-Parámetros de adquisición de datos sísmicos

En la sismica de refracción los parámetros de adquisición de los datos, deben ser seleccionados de acuerdo a la profundidad del objetivo, es decir, la distancia entre los receptores y la distancia entre el punto de disparo y los receptores deben ser configurados según la profundidad del mismo. En este caso se utilizó un GPS para llevar un control de la topografía midiendo la cota de los diferentes geófonos. Además se utilizaron los siguientes parámetros.

Los parámetros utilizados para la siguiente investigación fueron los siguientes:

Tabla N° 17. Parámetros de adquisición

PARAMETROS	VALORES EMPLEADOS DURANTE LA ADQUISICION		
	SM-01	SM-02	SM-03
INTERVALO DE MUESTREO	250 ms	250 ms	250 ms
LONGITUD DEL REGISTRO	0,250 ms	0,250 ms	0,250 ms
INTERVALOS ENTRE GEÓFONOS	6 m	3 m	3 m
DISTANCIA ENTRE LA FUENTE Y EL PRIMER GEÓFONO (OFFSET)	5 m	5 m	5 m
CANALES	12	12	12
LONGITUD TOTAL DEL SONDEO	71	38	38

VIII.2.- Geotecnia vs Geofísica

La geotecnia da un nivel de resolución mucho mayor que la geofísica. Con la geotecnia, se pueden identificar dos o tres estratos, a diferencia de la geofísica que reconoce solo uno, por lo que hay que correlacionar los paquetes de estratos de la geotecnia, con los paquetes de estratos que da la geofísica.

A pesar de dicha resolución, la sísmica ve cosas que la perforación no puede observar, por lo menos, con las velocidades de las ondas S y P, se pueden realizar cálculos directos de tipo de suelos según la norma sismorresistente, que en la perforación se infieren solamente con fórmulas empíricas.

La geofísica lo que mide es el cambio en la impedancia sísmica; la cual es la multiplicación de la velocidad de la onda por densidad del medio; solamente se produce una refracción sísmica cuando la impedancia acústicas de los estratos, es realmente contrastante entre uno y el otro. Es en ese contraste donde se produce la refracción; por ejemplo, un análisis que se ve en las descripciones litológicas geotécnicas, en donde se observan varios materiales, desde el punto de vista geofísico, todo es un mismo material, entre uno y el otro, no hay un cambio de impedancia lo suficientemente significativo para que se produzca una refracción.

En la tabla 18, se muestra la correlación entre la velocidad de onda de corte (V_s) y el tipo de material tipificada en la Norma COVENIN 1756-2001 para Edificaciones Sismorresistentes.

Tabla N° 18. Correlación entre la velocidad de ondas de corte (v_s) con la compacidad, la resistencia a la penetración en el ensayo SPT y la resistencia al corte no drenado de arcillas (tomado de la Norma COVENIN 1756-2001).

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	N1 (60)	VELOCIDAD PROMEDIO DE ONDAS DE CORTE, V_s (m/s)	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO S_u	
			(kgf/cm ²)	(kPa)
ROCA DURA	----	$V_s > 700$	----	----
ROCA BLANDA	----	$V_s > 400$	----	----
SUELOS MUY DUROS O MUY DENSOS (Rígidos)	$N1(60) > 50$	$V_s > 400$	> 1.00	> 100
SUELOS DUROS O DENSOS (Medianamente rígidos)	$20 \leq N1(60) \leq 50$	$250 \leq V_s \leq 400$	0.70 - 1.00	70 – 100
SUELOS FIRMES O MEDIANAMENTE DENSOS (Baja rigidez)	$10 \leq N1(60) \leq 20$	$170 \leq V_s \leq 250$	0.40 - 0.70	40 – 70
SUELOS BLANDOS O SUELTOS (Muy baja rigidez)	$N1(60) < 10$	$V_s < 170$	< 0.40	< 40

La tabla 19, relaciona las velocidades de onda compresional con el tipo de material y sus niveles de compactación.

Tabla N° 19. Correlación entre la velocidad de onda compresional (v_p) con el tipo de material.

V_p (m/s)	Material
< 300	Suelos muy sueltos
300-400	Suelos sueltos
400-900	Suelos medianamente sueltos
900-1200	Suelos consolidados
1200-1800	Roca descompuesta
1800-4000	Roca meteorizada
> 4000	Roca fresca

Los resultados de los cálculos se sintetizan en las tablas 20 y 21.

Tabla N° 20. Densidades y Módulos de Rigidez.

Sondeo	Estrato	ρ (Kg/m ³)	G (kgf/cm ²)
SM-01	1	1318,1	0,022
	2	1504,24	0,074
	3	1876,17	0,54
SM-02	1	1271,14	0,016
	2	1436,32	0,048
	3	1745,52	0,282
SM-03	1	1422,45	0,044
	2	1463,66	0,057
	3	1724,79	0,253

Tabla N° 21. Módulos de Compresibilidad (K) y Young (E)

Sondeo	Estrato	K (Kg/m ²)	E (kgf/cm ²)
SM-01	1	0,111	0,063
	2	0,364	0,208
	3	2,66	1,52
SM-02	1	0,079	0,045
	2	0,24	0,137
	3	1,39	0,793
SM-03	1	0,22	0,126
	2	0,284	0,162
	3	1,25	0,712

CAPITULO IX

IX.1 ESTABILIDAD DE TALUDES

IX.1.1.- Generalidades

Para evaluar la estabilidad de los taludes se utilizaron varios conceptos básicos sobre el material y el sitio. Se realizaron las siguientes actividades:

- Evaluación de la Clinometría general del área estudiada.
- Evaluación de la Geología General del sitio.
- Caracterización Geotécnica del material del sitio.

Las Herramientas utilizadas son:

- Método de las proyecciones estereográficas (DIP), considerando el material como roca
- El programa Slide considerando el material como un suelo.

IX.1.2.- Geología de los taludes

De acuerdo al levantamiento de geología de superficie el estado general de los taludes se muestra en las Figuras N° 67 y 68.



Figura N° 67. Talud con frente de exposición sureste, la estructura heredada intacta en su condición de RmMdf y en sentido favorable a la estabilidad cinemática.



Figura N° 68. Excavación a cielo abierto para tanque en zona cercana a una quebrada intermitente, el grado de meteorización es muy alto y ya se perdió casi en su totalidad la estructura heredada.

En las fotografías N° 67 y 68 se puede resumir las condiciones de la roca en dos sitios separados por apenas 100 m.

La litología es típica de la Fm Las Brisas, esquistos cuarzo micáceos, a veces grafitosos con algunos boudines de cuarzo.

IX.1.3.- Clinometría de la Parcela

Se realizó una evaluación de pendientes regional, el cual se muestra en la Figura N°68.

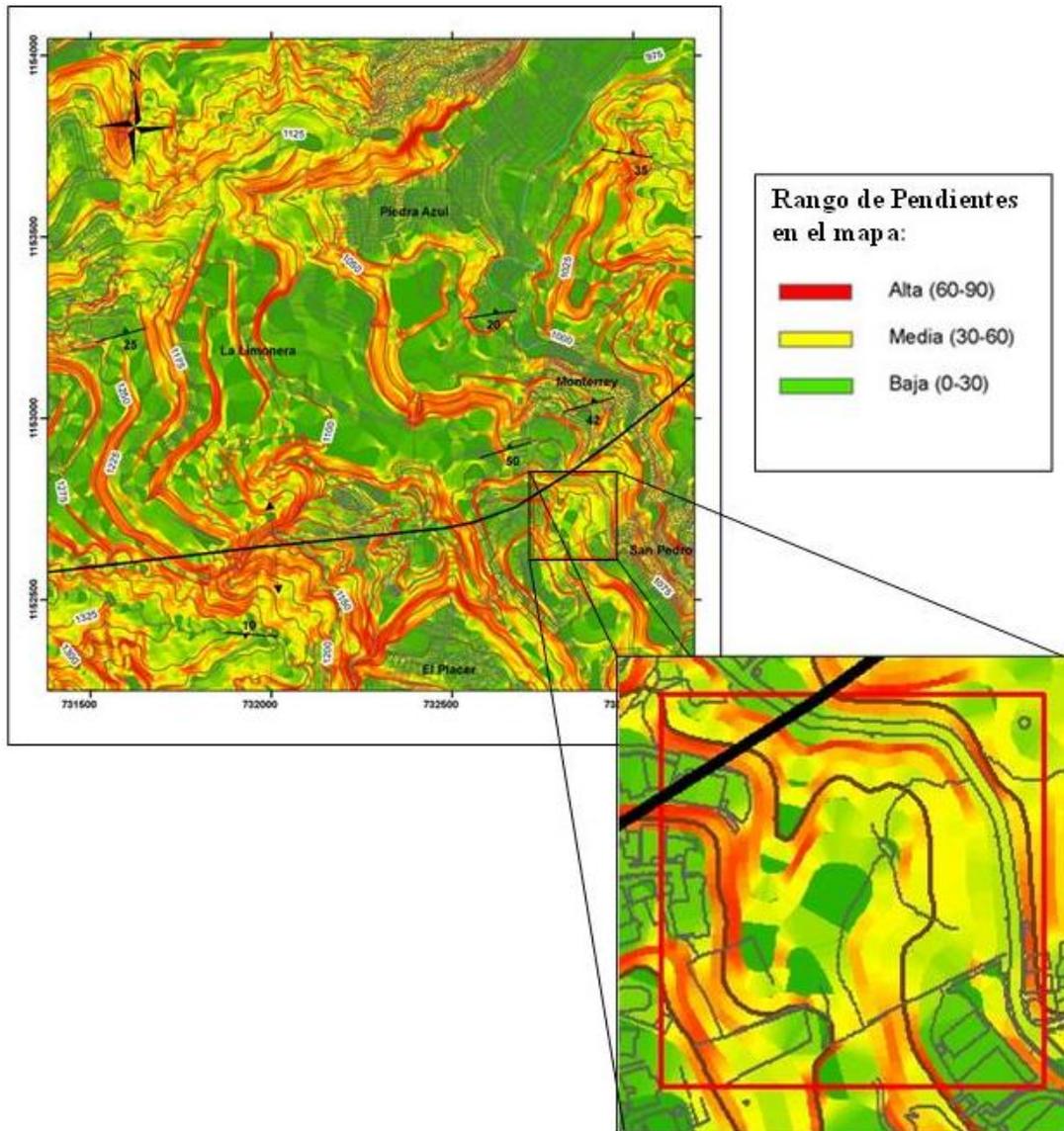


Figura N° 69. Mapa de pendientes a nivel regional y local.

De acuerdo a la información del plano de pendiente, las mayores pendientes están asociadas a la intervención antrópica y a los drenajes superficiales.

IX.1.4.- Condición cinemática

Los taludes en estudio están compuestos por el esquistos fracturado y alterado por alta meteorización química y física, por ello es importante conocer la orientación espacial preferencial de los posibles planos de debilidad por donde el material podría fallar y relacionarlo con el plano que representa las caras de los taludes, para así poder esquematizar la verdadera posibilidad del talud a presentar una falla.

Del levantamiento de geología de superficie se obtuvo valores de orientación de planos de foliación que fueron estudiados estadísticamente por medio de su representación en la red estereográfica.

Las diaclasas en el macizo rocoso se observan con poca frecuencia, generalmente casi verticales, rugosas y de relleno blando, por lo que se interpreta que no podrían generar condiciones cinemáticas para que deslicen los taludes, sería la foliación de la roca.

IX.1.5.-Análisis de estabilidad de Taludes (DIP)

Atendiendo a las discontinuidades de la roca se analizaron los taludes presentes en la zona de estudio.

- Talud 1

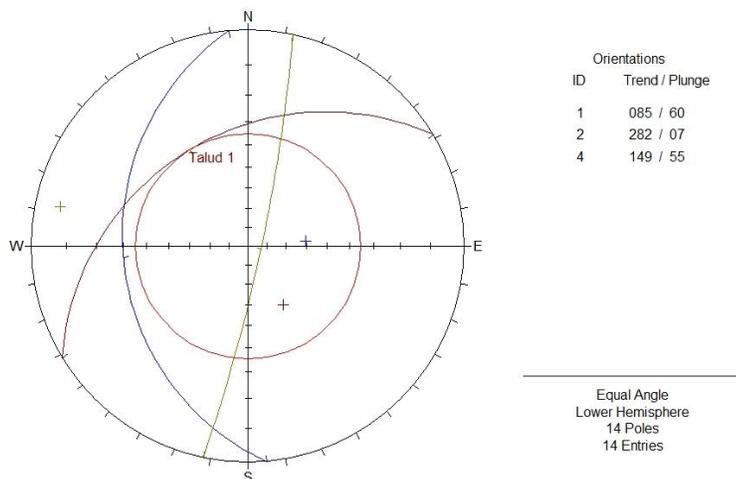


Figura N° 70. Estereografía para el talud 1

- Talud 2

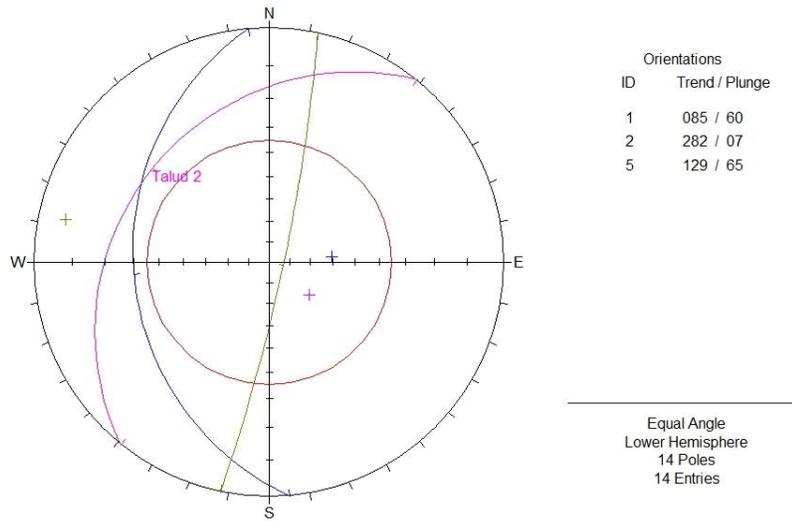


Figura N° 71. Estereografía para el talud 2

- Talud 3

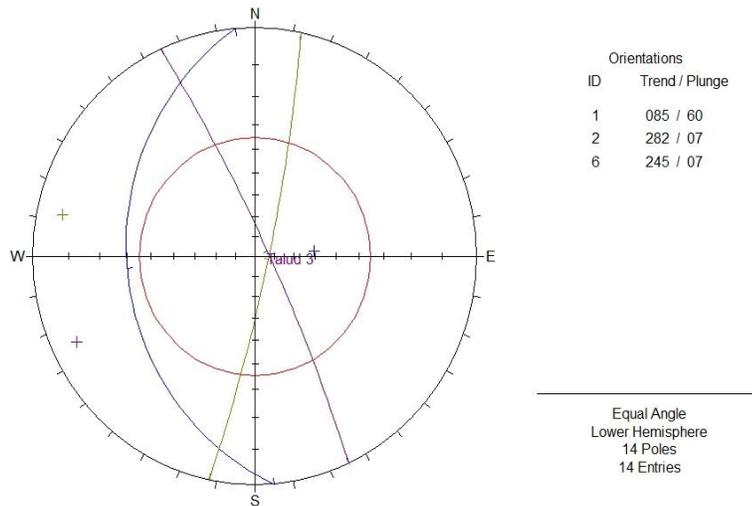


Figura N° 72. Estereografía para el talud 3

- Talud 4

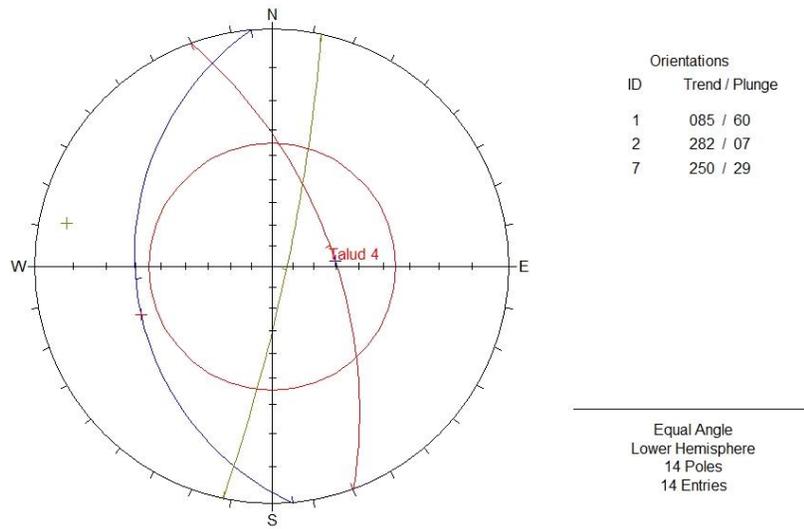


Figura N° 73. Estereografía para el talud 4

- Talud 5

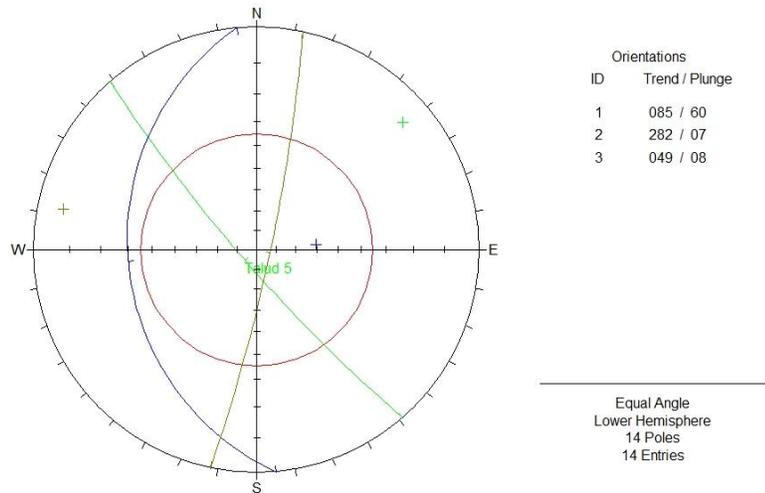


Figura N° 74. Estereografía para el talud 5

- Talud 6

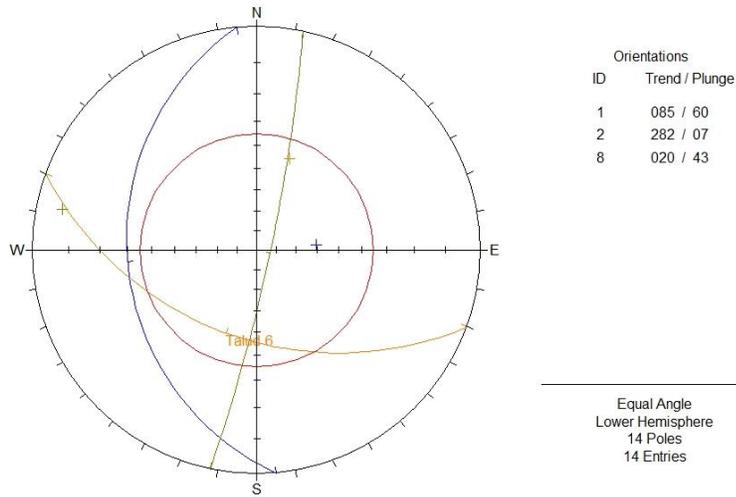


Figura N° 75. Estereografía para el talud 6

- Talud 7

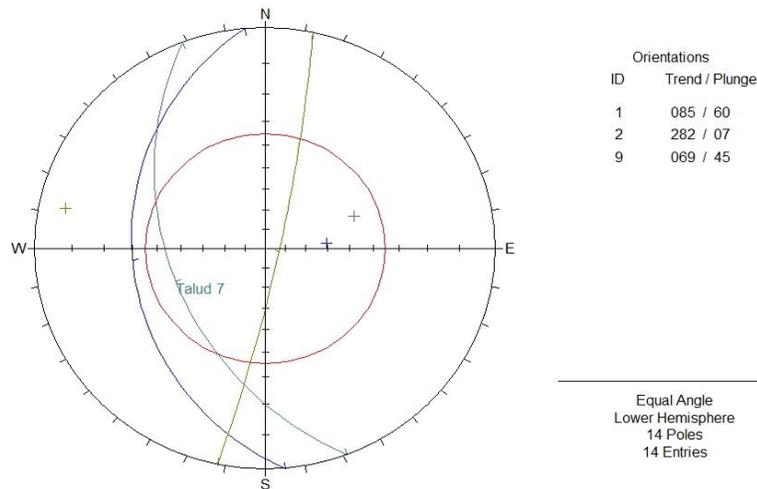


Figura N° 76. Estereografía para el talud 7

- Talud 8

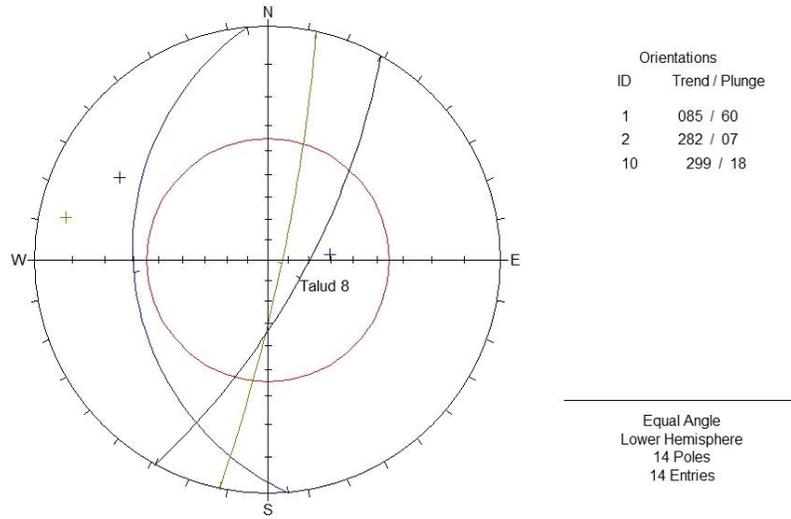


Figura N° 77. Estereografía para el talud 8

- Talud 9

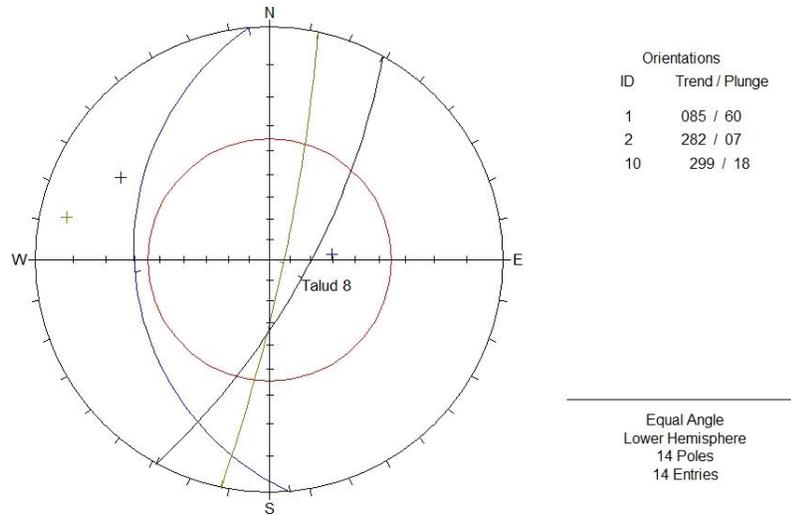


Figura N° 78. Estereografía para el talud 9

- Talud 10

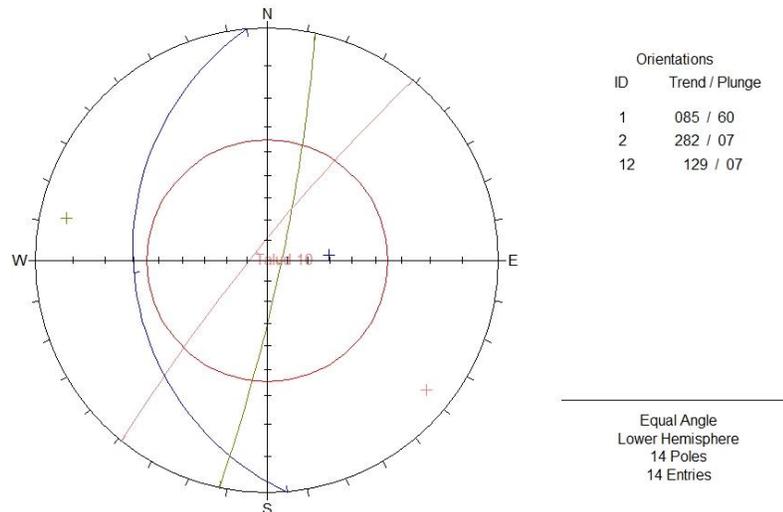


Figura N° 79. Estereografía para el talud 10

Considerando la distribución espacial de los planos planteados, se obtiene que no existe la posibilidad cinemática de ocurrencia de una falla del talud con respecto a los planos de foliación o algunas diaclasas, ya que la orientación preferencial es favorable cinemáticamente, sin embargo por las condiciones del macizo podría fallar por inestabilidad global, considerando un ángulo de fricción interno de aproximadamente 32° .

IX.1.6.- Análisis de estabilidad de Taludes (Slide)

El análisis de estabilidad de las secciones generales después del desarrollo del urbanismo, mediante el programa Rocscience Slide V6.005 (versión estudiante), permitió observar como el factor de seguridad asociado, varía de acuerdo a los parámetros de entrada establecidos. Los factores de seguridad obtenidos se encuentran entre 0,433 y 1,263.

A continuación se muestran los perfiles generales y el detalle de los taludes más importantes del área estudiada.

Para el análisis se utilizaron los parámetros de profundidad, cohesión y peso unitario mostrados en la siguiente tabla 22:

Tabla N° 22. Parámetros geotécnicos utilizados para el cálculo de estabilidad

Material	Prof. (m)	C (kN/m ²)	ϕ	Peso Unitario (kN/m ²)
1	0 a 4	1,96	23	13,11
2	4 a 6	9,81	28	14,4
3	6 a 15	19,61	32	17,48
4	Muro de TA	34	28	18,63



Figura N° 80. Plano de ubicación de los perfiles estudiado

Dichos valores se introdujeron en el programa Slide, desarrollado por Rockscience, diferenciando los cuatro materiales existentes como se muestra en las siguientes figuras:

Material 1

Name: Material 1 Colour: Hatch:

Unit Weight: 13.11 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_x \tan \phi'$

Strength Parameters Cohesion: 1.96 kN/m2 Phi: 23 degrees

Water Parameters Water Surface: None Ru Value: 0

Figura N° 81. Material 1, ubicado entre 0 y -4m

Material 2

Name: Material 2 Colour: Hatch:

Unit Weight: 14.4 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_x \tan \phi'$

Strength Parameters Cohesion: 9.81 kN/m2 Phi: 28 degrees

Water Parameters Water Surface: None Ru Value: 0

Figura N° 82. Material 2, ubicado entre -4 y -6 m

Material 3

Name: Material 3 Colour: Hatch:

Unit Weight: 17.48 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_x \tan \phi'$

Strength Parameters Cohesion: 19.61 kN/m2 Phi: 32 degrees

Water Parameters Water Surface: None Ru Value: 0

Figura N° 83. Material 3 ubicado entre -6 y -15 m

Material 4

Name: Material 4 Colour: Hatch:

Unit Weight: 18.63 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_x \tan \phi'$

Strength Parameters Cohesion: 34 kN/m2 Phi: 28 degrees

Water Parameters Water Surface: None Ru Value: 0

Figura N° 84. Material 4, suelo empleado en el muro de Tierra Armada.

Una vez con los materiales definidos en el programa se procedió a dibujar los perfiles A, B, C Y D obtenidos del plano de planta de la topografía modificada del urbanismo, ubicados en zonas claves de estudio. A continuación se detalla cada uno de estos perfiles siendo simulados sin la incorporación del sismo, con la ayuda del programa Slide.

Perfil A

En este perfil están contemplados los taludes 1 y 2, generados debido al movimiento de tierra de la vialidad, el cual es tipo trinchera con una pendiente de 2:1 para los taludes de corte.

Como se puede observar se encuentra la presencia de los 3 tipos de suelo y el Muro de Tierra Armada, esta sección es importante estudiarla ya que engloba dos niveles de la vialidad interna de la urbanización, así como la terraza donde se ubicará el Edificio G y el área comercial destinada a construirse sobre el Muro, expuestos a la posible falla o deslizamiento de los Taludes.

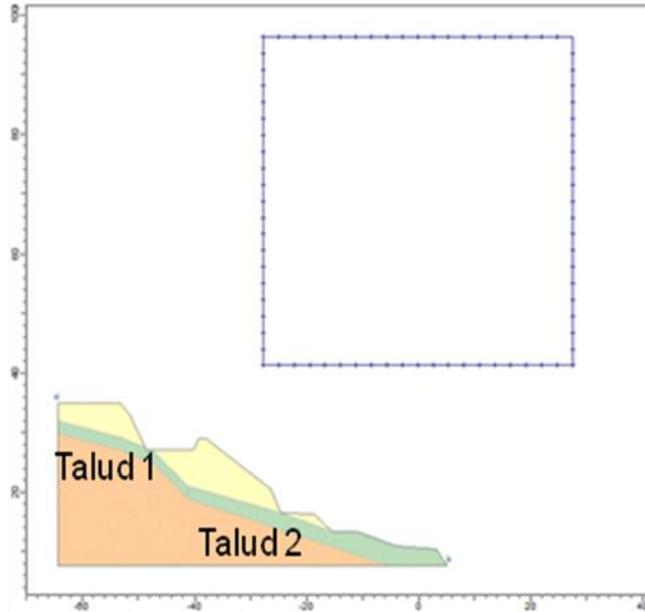


Figura N° 85. Perfil A sin muro de tierra armada.

Como resultado de esta primera simulación se observa que la falla principal se presenta en el Talud 1 como era de esperarse por la presencia del suelo de menor calidad y mayor pendiente que el Talud 2, otra característica de esta simulación es el bajo valor del factor de seguridad, el cual debería ser mayor a 1,2 para garantizar la estabilidad de estos taludes, el cual no se cumple como se observa en la figura siendo este un valor de 0,539.

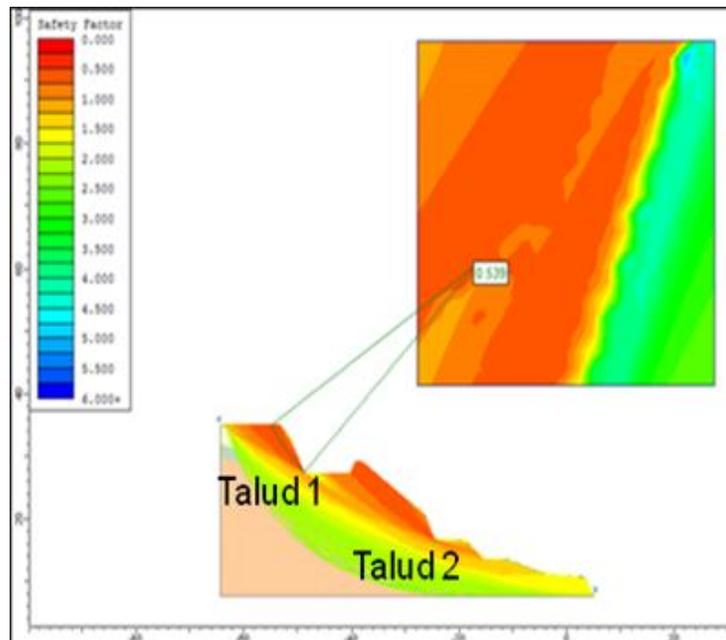


Figura N° 86. Perfil A sin muro de tierra armada simulado.

Perfil A con muro de tierra armada

En la figura se repite el mismo modelo del perfil A, pero esta vez simulándolo con la presencia del muro de Tierra Armada para evaluar su aporte a la estabilidad de los taludes.

Comparando este resultado con el resultado anterior del mismo perfil A pero incluyendo el Muro, se observa que no le aporta o no contribuye con la estabilidad del Talud 1 porque sigue ocurriendo la falla o generándose el círculo de falla en el mismo lugar y con el mismo factor de seguridad, el cual es muy bajo y fuera de los rangos aceptados.

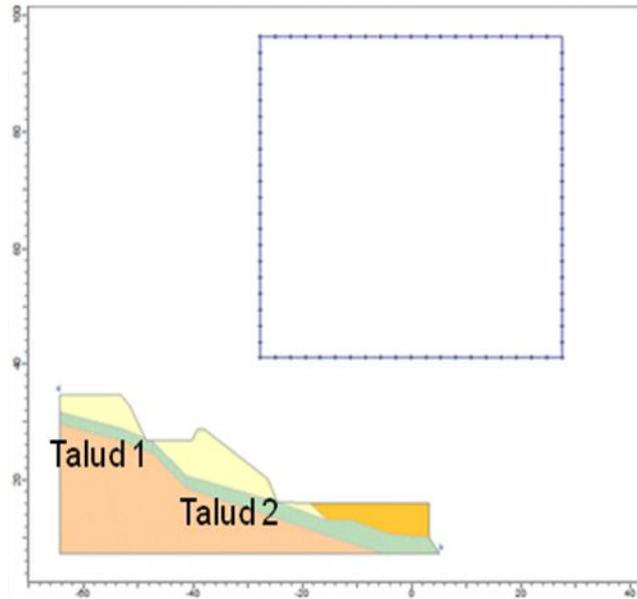


Figura N° 87. Perfil A con muro de tierra armada.

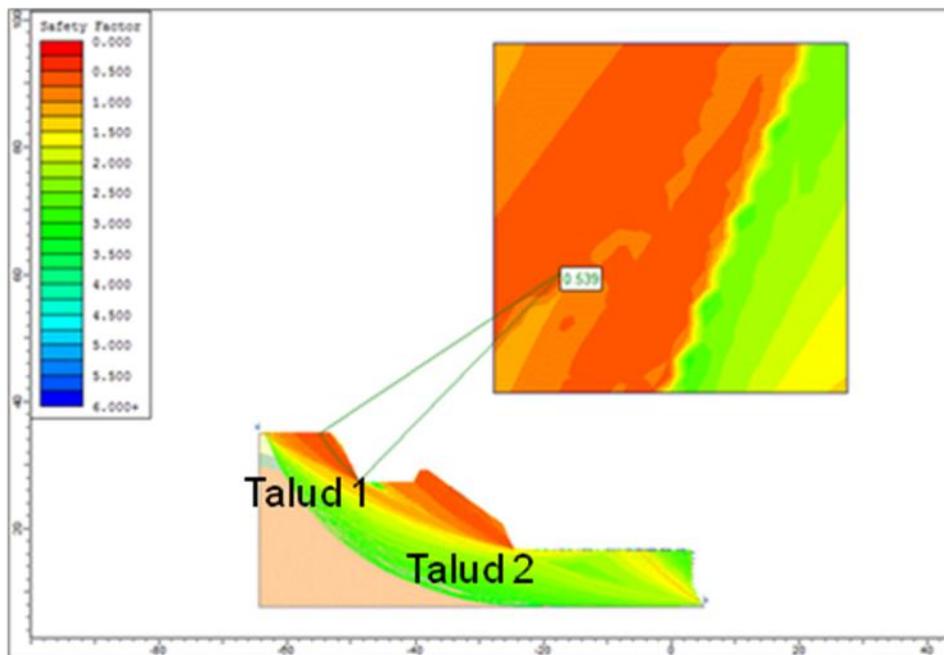


Figura N° 88. Perfil A con muro de tierra armada, simulado.

Detalle talud 1 y 2

El talud 1 se definió dentro del perfil A, pero al analizarlo como un Talud aparte para evaluar su estabilidad sin la presencia de ningún otro soporte, se obtiene un valor de factor de seguridad menor al anterior, (de 0,508), el cual incumple con el valor esperado de 1,2, debido a la predominancia del material de menor calidad en la superficie del talud.

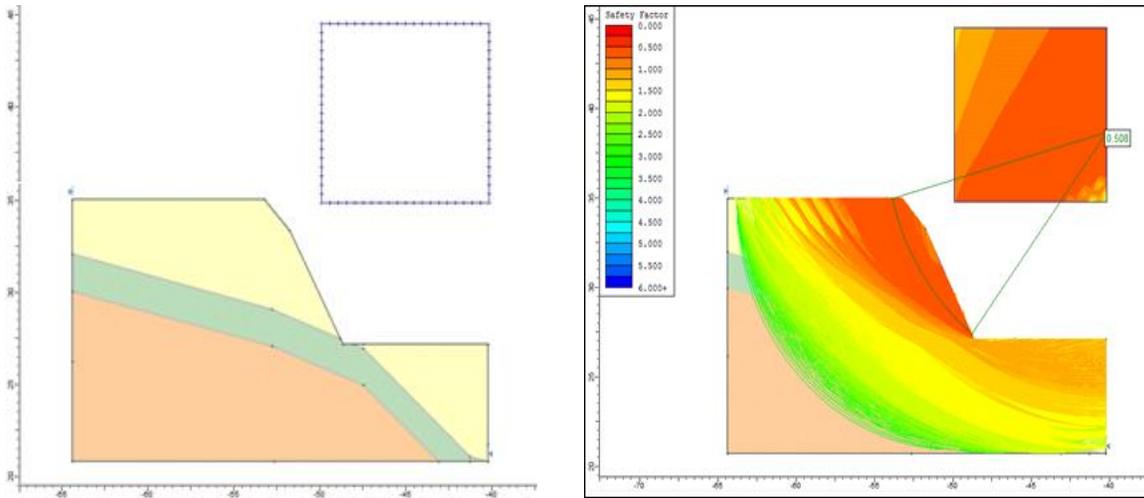


Figura N° 89. Detalle talud 1

El talud 2 también se definió dentro del perfil A, pero al analizarlo como un Talud aparte para evaluar su estabilidad sin la presencia de ningún otro soporte como una variante de diseño, se obtuvo un resultado del factor de seguridad de 0,612 mayor que el del talud 1, el cual incumple con el valor esperado de 1,2. Esto es debido a la predominancia del material de menor calidad en la superficie del talud.

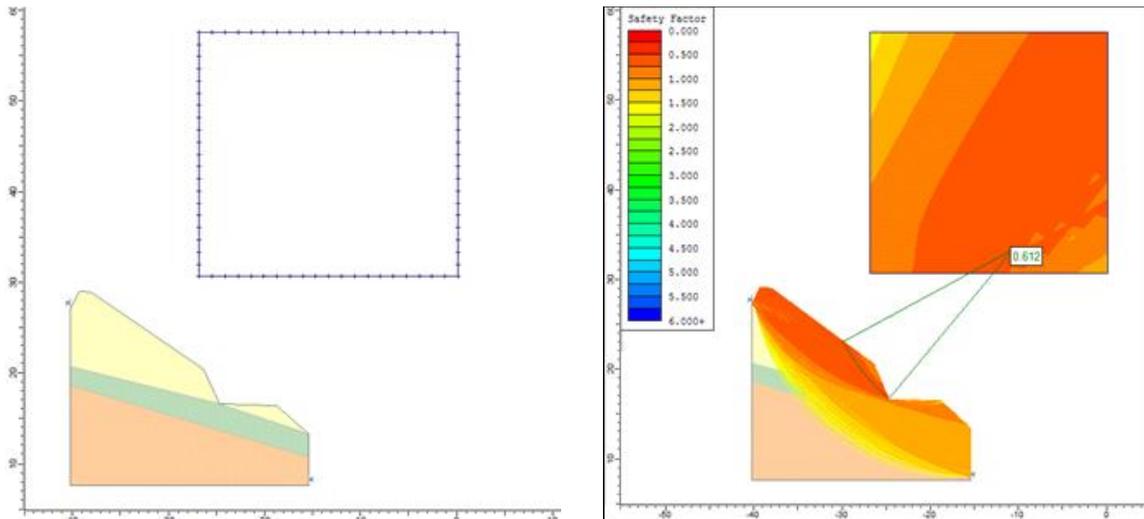


Figura N° 90. Detalle talud 2

Perfil B

En el perfil B se encuentra contemplados los taludes 3 y 4, el talud 3 se genera debido al movimiento de tierra para la implantación del Edificio L y el talud 4 por el movimiento de tierra de la vialidad, el cual es de tipo trinchera, teniendo una pendiente de 2:1 para los taludes de corte.

Como se aprecia en la figura, se evidencian 3 tipos de suelo, esta sección es significativa estudiarla para garantizar la seguridad tanto en la terraza L como en la vialidad interna de la urbanización.

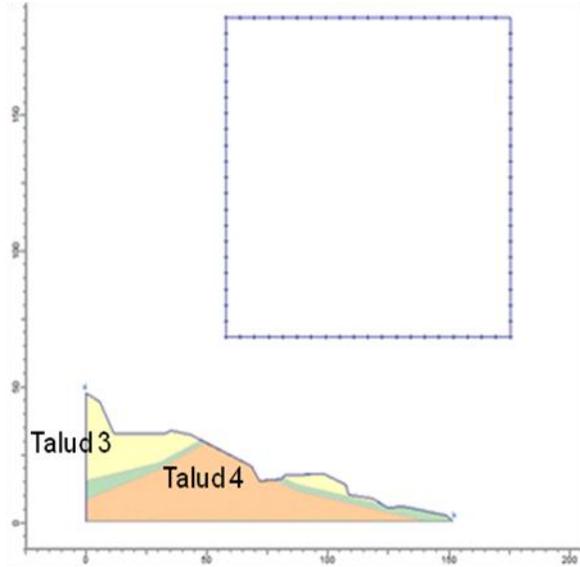


Figura N° 91. Perfil B

Como resultado de esta simulación se observa que la falla principal se presenta en el Talud 3, la cual se esperaba por la presencia del suelo de menor calidad y mayor pendiente que el Talud 4, siendo el valor del factor de seguridad de 0,466, el cual debería ser mayor a 1,2 para garantizar la estabilidad de estos taludes.

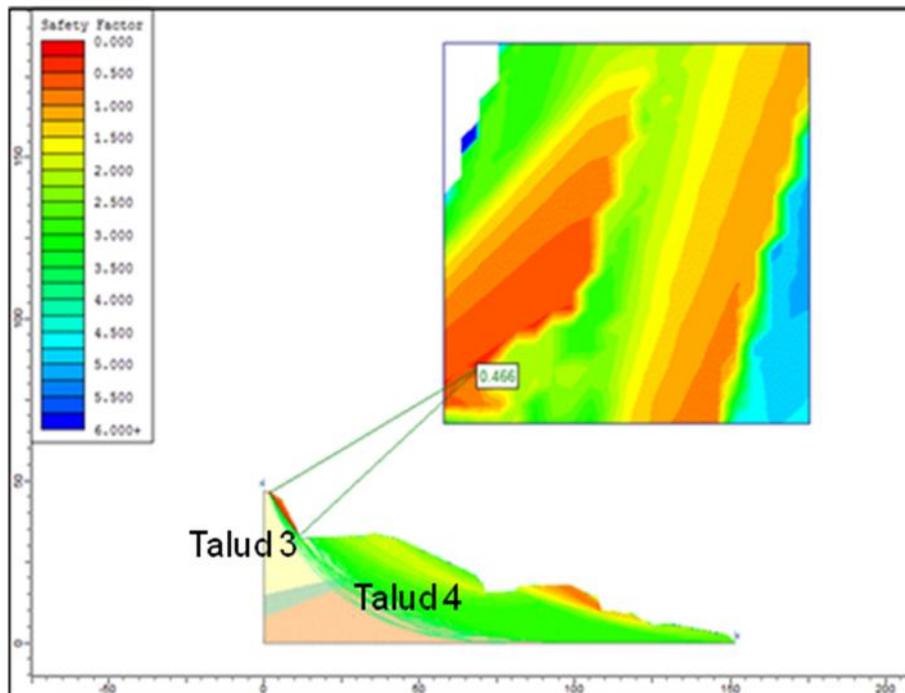


Figura N° 92. Perfil B, simulado

Detalle talud 3 y 4

El talud 3 ya se definió dentro del perfil B, ahora se analizó como un Talud aparte para evaluar su estabilidad sin la presencia de ningún otro soporte, obteniendo como resultado un valor de factor de seguridad menor al de la otra simulación, de 0,435, el cual incumple con el valor esperado de mínimo 1,2. Esto es debido a la predominancia del material de menor calidad en la superficie del talud.

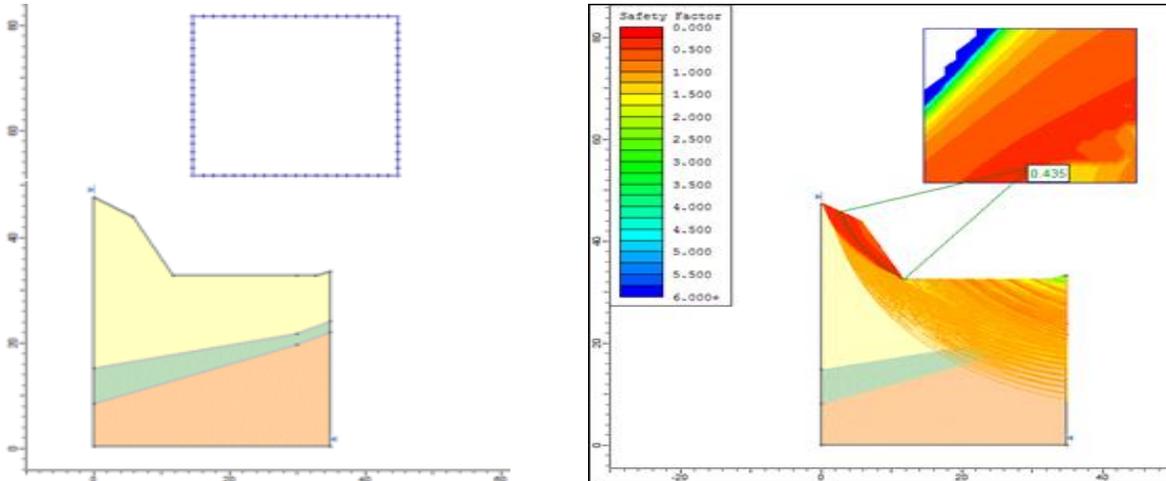


Figura N° 93. Detalle talud 3

El talud 4 se definió dentro del perfil B, ahora se analizó aparte para evaluar su estabilidad sin la presencia de ningún otro soporte como una variante de diseño, siendo este de 1,267 considerado estable, al cumplir con el valor requerido de 1,2, debido a la predominancia del material de mediana calidad en la superficie del talud.

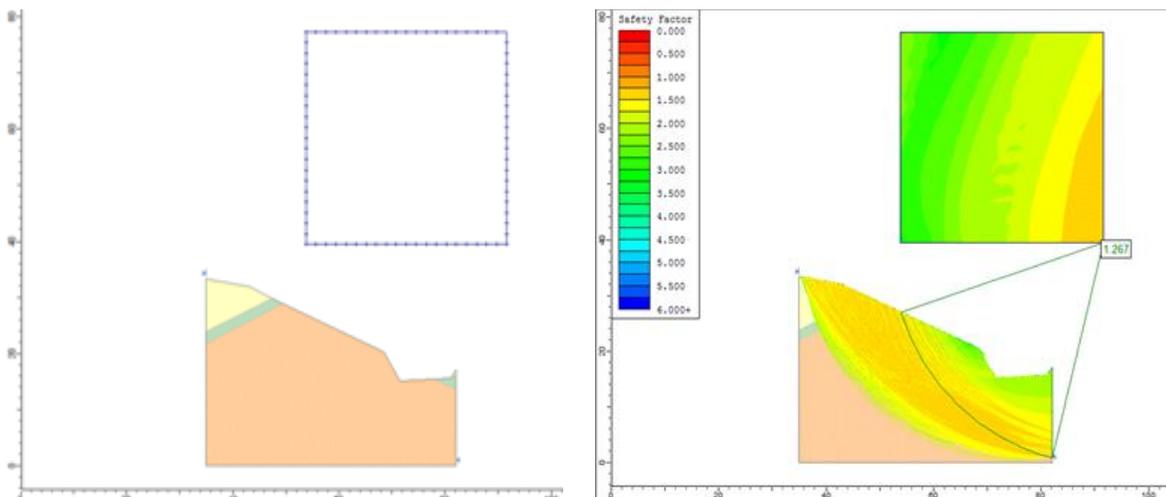


Figura N° 94. Detalle talud 4

Perfil C sin muro de tierra armada

En este perfil C se encuentra contemplados los taludes 5 y 6, ambos taludes se generan debido al movimiento de tierra de la vialidad, el cual es de tipo trinchera para la vialidad ubicada en el talud 5, teniendo una pendiente de 2:1 para los taludes de corte.

Como se puede observar se encuentra la representación de los 3 tipos de suelo y el Muro de Tierra Armada, esta sección es fundamental analizarla porque comprende los dos niveles de la vialidad interna de la urbanización y el área comercial destinada a construirse sobre el Muro, expuestos a la posible falla o deslizamiento de los Taludes.

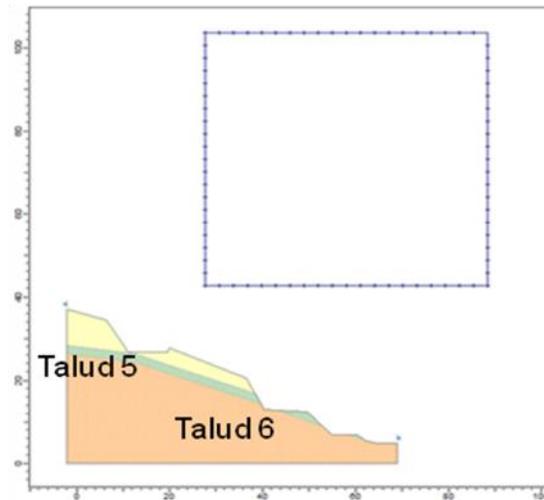


Figura N° 95. Perfil C sin muro de tierra armada.

Como resultado de esta simulación, se observa que la falla principal se presenta en el Talud 5, caso similar al Talud 1 por poseer aproximadamente la misma geometría, contando con el suelo de menor calidad y mayor pendiente que el Talud 6, con un factor de seguridad de 0,578, el cual debería ser mayor a 1,2 para garantizar la estabilidad de estos taludes.

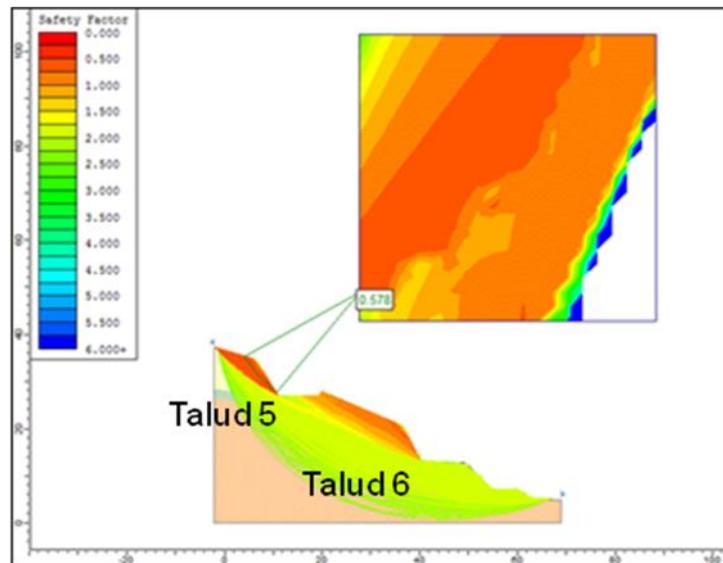


Figura N° 96. Perfil C sin muro de tierra armada, simulado.

Perfil C con muro de tierra armada

En la figura se repite el mismo modelo del perfil C, pero esta vez simulando con la presencia del muro de Tierra Armada para evaluar su aporte a la estabilidad de los taludes. Comparando este resultado con el resultado anterior del mismo perfil C pero incluyendo el Muro, se observa que no le aporta o no contribuye con la estabilidad del Talud 5, caso idéntico al Perfil A, por la ubicación

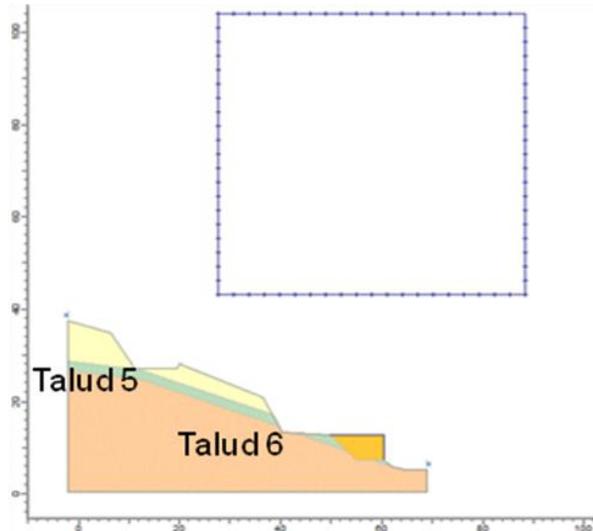


Figura N° 97. Perfil C con muro de tierra armada.

del muro de Tierra Armada, porque sigue ocurriendo la falla o generándose el círculo de falla en el mismo lugar y con el mismo factor de seguridad, el cual es muy bajo y fuera de los rangos aceptados.

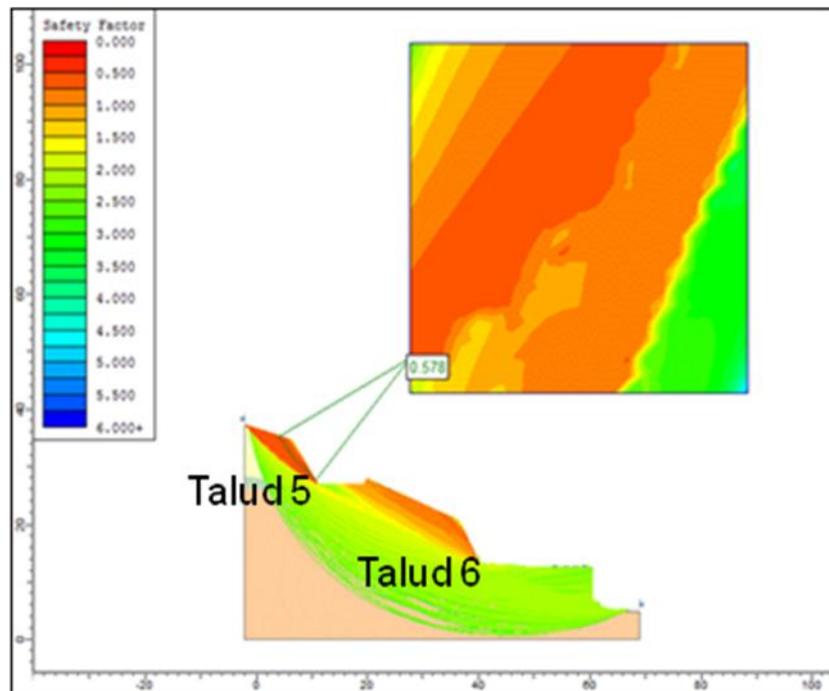


Figura N° 98. Perfil A con muro de tierra armada, simulado.

Detalle Talud 5 y 6

El talud 5 ya se definió dentro del perfil C, ahora se analizó como un Talud aparte para evaluar su estabilidad sin la presencia de ningún otro soporte, obteniendo como resultado un valor de factor de seguridad menor al de la otra simulación, de 0,541, el cual incumple con el valor esperado de mínimo 1,2. Esto es debido a la predominancia del material de menor calidad en la superficie del talud.

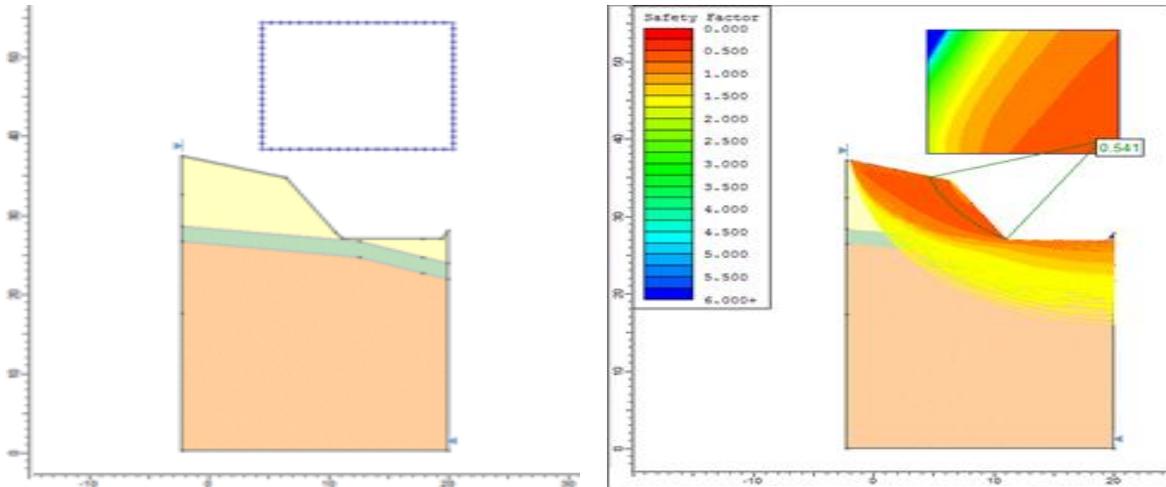


Figura N° 99. Detalle talud 5

El talud 6 se definió dentro del perfil C, ahora se analizó como un Talud aparte para evaluar su estabilidad sin la presencia de ningún otro soporte como una variante de diseño, siendo el factor de seguridad 0,725 mayor que el del talud 5, el cual incumple con el valor requerido de 1,2. Esto es debido a la predominancia del material de menor calidad en la superficie del talud, considerandolo inestable con estas condiciones.

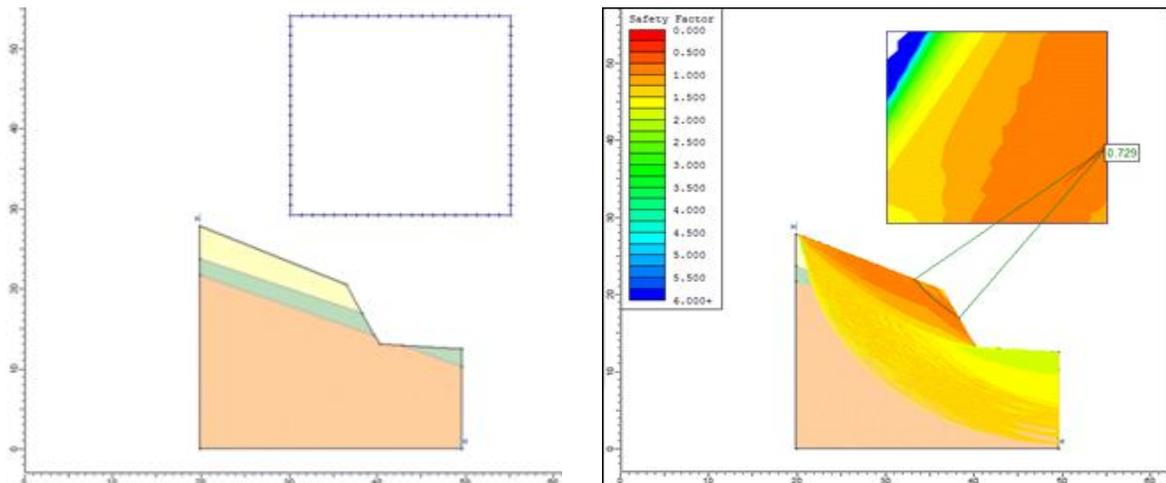


Figura N° 100. Detalle talud 6

Perfil D Talud 7

El Talud 7, ubicado al comienzo de la vialidad interna de la urbanización, presenta los 3 tipos de suelo, esta vez sin la presencia del Muro ya que no abarca esta zona.

Este Talud es fundamental estudiarlo por estar ubicado en la única vía de comunicación con las parcelas, el cual está formado por una pendiente de 2:1 aproximadamente obtenida del proyecto de vialidad.

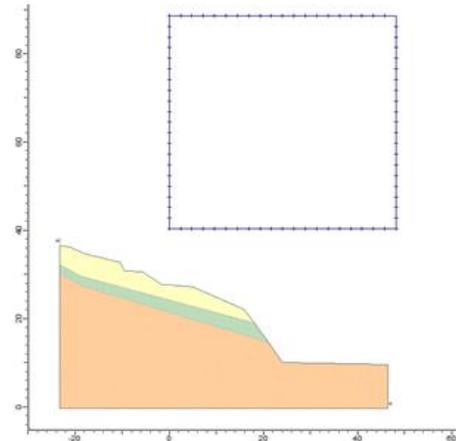


Figura N° 101. Perfil D Talud 7

Analizando los resultados de esta simulación se observa que posee el factor de seguridad más alto del conjunto de taludes estudiados hasta ahora, esto es debido al predominio del material de mediana calidad en el talud, generando un factor de seguridad de 0,932, siendo todavía este valor por debajo de los valores normativos.

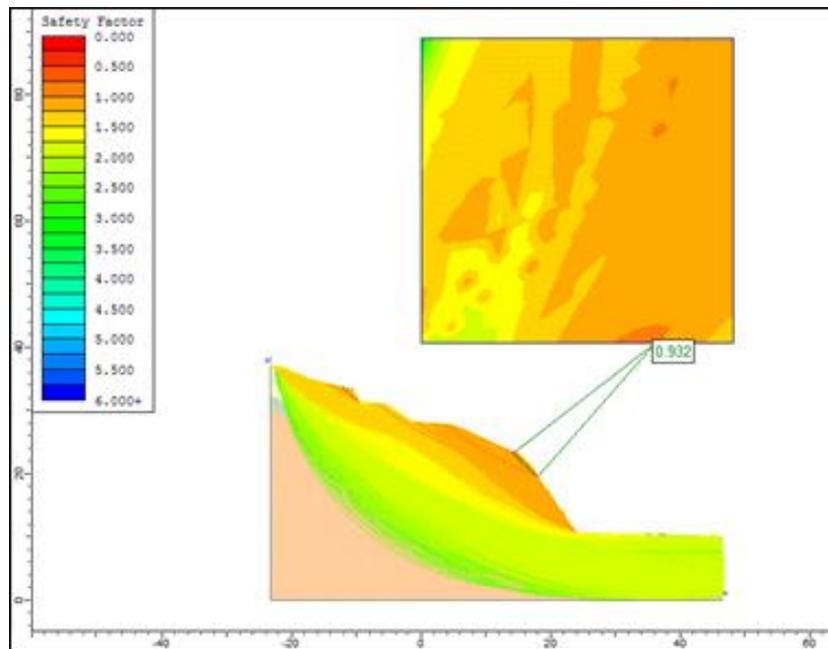


Figura N° 102. Perfil D Talud 7 Simulado

Como puede observarse con los parámetros del suelo introducidos todos los taludes analizados son inestables y requieren o bien modificar su pendiente, o bien estructuras de contención.

CAPITULO X

X.1.- FUNDACIONES

X.1.1.- Generalidades

Toda estructura apoyada en el terreno, puede considerarse un material más del sistema suelo estructura. Sin embargo, en comparación con el resto de los materiales estructurales, el subsuelo conformado por un material meteorizado es menos resistente y más deformable, por consiguiente no puede resistir las mismas tensiones y resulta preciso dotar a la estructura de apoyos o fundaciones para mantener su estabilidad, repartiendo y transmitiendo al terreno unas presiones que sean compatibles con su resistencia y con su deformabilidad. De esta manera se logra un equilibrio en la relación suelo - estructura.

X.1.2.- Comportamiento de los suelos

Los suelos son los que finalmente reciben las cargas provenientes de las estructuras, y deben ser tales, que resistan las presiones ejercidas sobre ellos, sin dar lugar a asentamientos diferenciales de los apoyos que producirían grietas en la construcción.

Los suelos se comportan de diferentes maneras, según sea su composición mineralógica, grado de consolidación y origen de la formación geológica. Son compresibles, sufren consolidación con el tiempo y cambian sus propiedades físicas en presencia de agua.

Por todas estas razones, se realizó un estudio geológico, Geotécnico y geofísico en el Desarrollo Habitacional Pioneros de Monterrey, para determinar el sistema de fundaciones más apropiado para este tipo de suelo.

X.1.3.- Ensayos requeridos

Para definir el tipo de fundaciones y el diseño a utilizar, se requirió de una serie de datos que arrojaron las perforaciones en el terreno, toma de muestras del suelo a distintas profundidades, ensayos de laboratorio en donde se determinó, el contenido de humedad, granulometría, densidad y cohesión del material.

Tabla N° 23. Humedades presentes en las muestras

PROF	% W										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
1	4.1	10.6	16	9.5	4.6	7.8	11.4	9.2	9.5	7.4	10.3
2	3.3	6.9	10.6	9.3	10.3	7.9	10.8	9.7	7.4	7.8	8.9
3	3.9	7.9	10.3	11.7	7.6	10	7.5	9.4	10.1	7.1	10.0
4	3.5	8.6	11.1	14.2	9.1	10.7	12.8	18.9	8.5	9.8	9.1
5	2.5	11.1	13.9	9.5	11	8.4	7.3	11	11.8		8.6
6	3.2	12.5	5.4	10.1	8.2	5.9	6.6	7.4	11.5		
7		8.2	11.2	16.4	5.7	15.5	12.6	11	12.3		
8		8.9	10.1	9.3	6.9	11.4	9.7	10.9	8.9		
9		10.5	11.8	9	6.5	6.4	7.9	17.5	8.7		
10			14.2	7.6	8.1	9.3	12.1	15.4	3.9		
11			6.2	7.8	4.6	8.7	9.9		9.4		
12			7.3	7	15.2	10.1	9.4		6.2		
13						14.5	6.6		8.6		
14							6.9		11.9		
15									8		

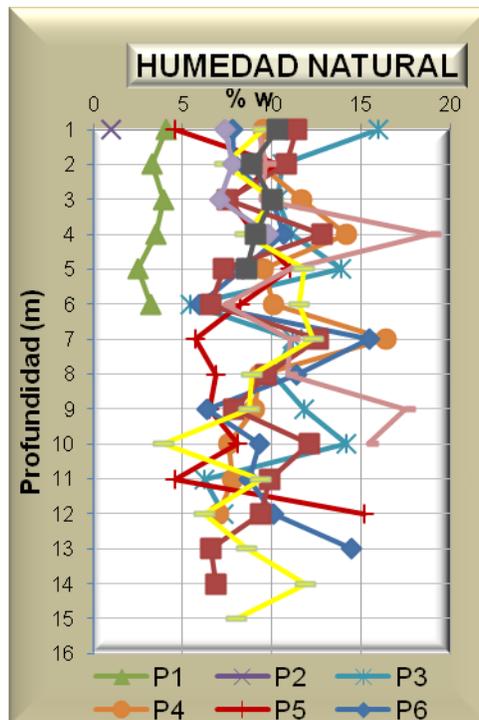


Figura N° 103. Grafico de humedades para cada muestra

De acuerdo a la resistencia a la penetración del suelo se tiene la siguiente tabla de información global:

Tabla N° 24. Perforaciones con resistencia a la penetración y profundidades

Prof.	Nspt										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
1	32	20	3	9	16	13	19	11	10	38	36
2	36	20	23	11	15	13	21	19	35	79	40
3	50	26	43	14	20	22	34	22	56	80	27
4	76	28	47	19	26	35	31	18	21	80	80
5	80	32	42	22	32	59	37	13	21		80
6	80	45	45	14	38	79	48	29	19		
7		52	29	30	63	60	66	54	42		
8		80	51	59	36	28	61	65	71		
9		80	59	49	52	38	66	80	62		
10			45	69	68	50	52	80	80		
11			80	80	80	65	71		20		
12			80	80	80	67	48		14		
13						80	80		44		
14						80	80		80		
15									80		

X.1.4.- Parámetros de resistencia del material de fundación

Granulometría

Como puede observarse en la tabla 25 y en las Gráficas N° 104, 105 y 106, la granulometría corresponde en su mayoría a unas arcillas arenosas y arena limosa de baja plasticidad, con humedades medias.

Tabla N° 25. Resumen granulométrico de las muestras de perforaciones P1 hasta la P11

Muestra	Prof. (m)	Grava %	Arena %	Finos %	LL	LP	IP	W%	Clasific. Unificada
P1-M1	0,55-1,00	6	40	54	29	20	9	4,1	CL-SC
P1-M2	1,55-2,00	0	49	51	28	19	9	3,3	CL-SC
P2-M1	0,55-1,00	0	43	57	31	20	11	10,6	CL-SC
P2-M2	1,55-2,00	0	54	46	29	21	8	6,9	SC
P2-M3	2,55-3,00	0	51	49	27	20	7	7,9	SM-SC
P3-M1	0,55-1,00	0	32	68	31	19	12	16	CL-SC
P3-M2	1,55-2,00	0	20	80	32	20	12	10,6	CL
P4-M1	0,55-1,00	0	29	71	33	21	12	11,4	CL
P4-M2	1,55-2,00	0	48	52	34	25	9	10,8	SM
P4-M3	2,55-3,00	0	55	45	31	20	11	7,5	CL
P5-M1	0,55-1,00	0	63	37			NP	4,6	SM
P5-M3	2,55-3,00	0	51	49	26	18	8	7,6	SC
P6-M1	0,55-1,00	0	61	39	32	25	7	7,8	SM-SC
P6-M3	2,55-3,00	2	45	53	33	24	9	10	CL-SC
P7-M1	0,55-1,00	0	29	71	33	21	12	11,4	CL-SC
P7-M2	1,55-2,00	0	48	52	34	25	9	10,8	CL-SC
P7-M3	2,55-3,00	0	55	45	31	23	8	7,5	SC
P8-M1	0,55-1,00	0	51	49	28	20	8	9,2	SC
P8-M3	2,55-3,00	0	24	76	33	22	11	9,4	CL
P9-M1	0,55-1,00	0	33	57	28	20	8	9,5	CL-SC
P9-M3	2,55-3,00	0	40	60	34	24	10	10,1	CL-SC
P10-M3	2,55-3,00	0	64	36	28	20	8	7,1	SC
P11-M1	0,55-1,00	0	31	69	35	25	10	10,3	CL-SC
P11-M2	1,55-2,00	0	47	53	33	22	11	8,9	CL-SC

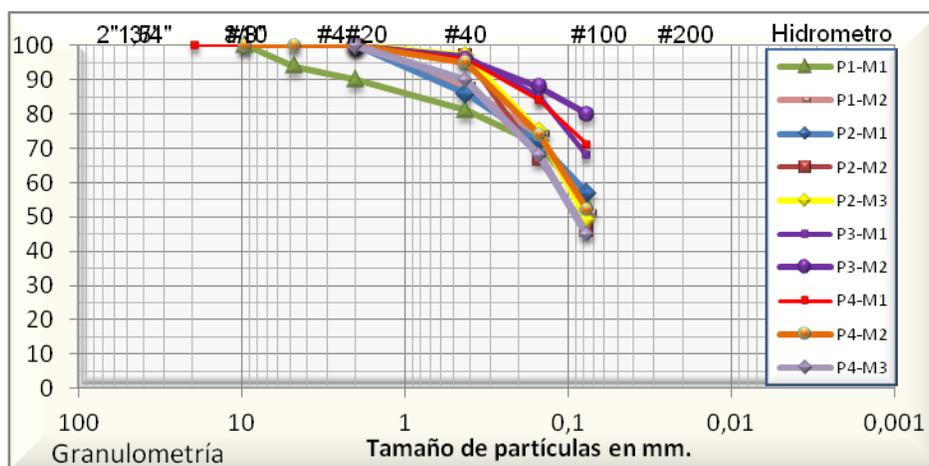


Figura N° 104. Grafica de Distribución Granulométrica P1 a P4

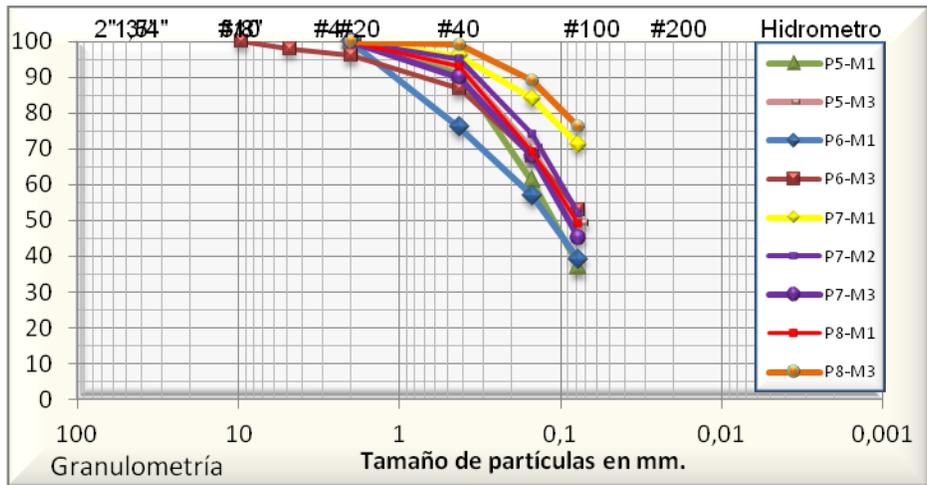


Figura N° 105. Grafica de Distribución Granulométrica P5 a P8

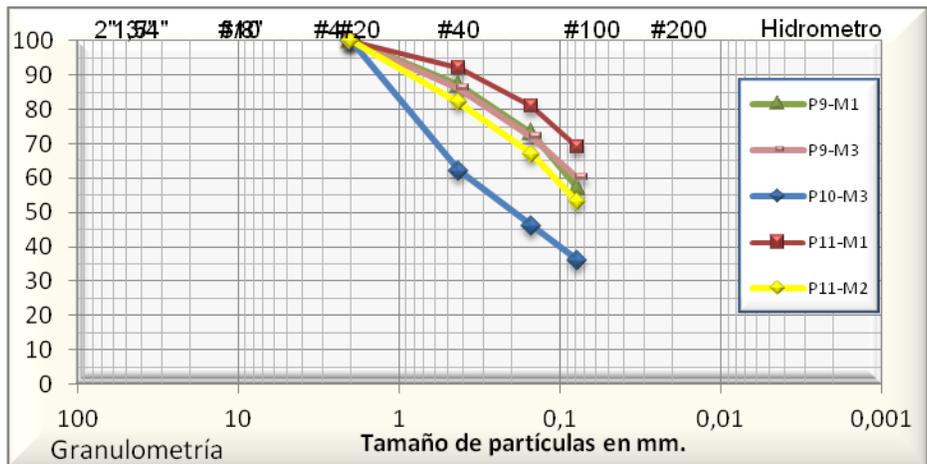


Figura N° 106. Grafico de Distribución Granulométrica P9 a P11

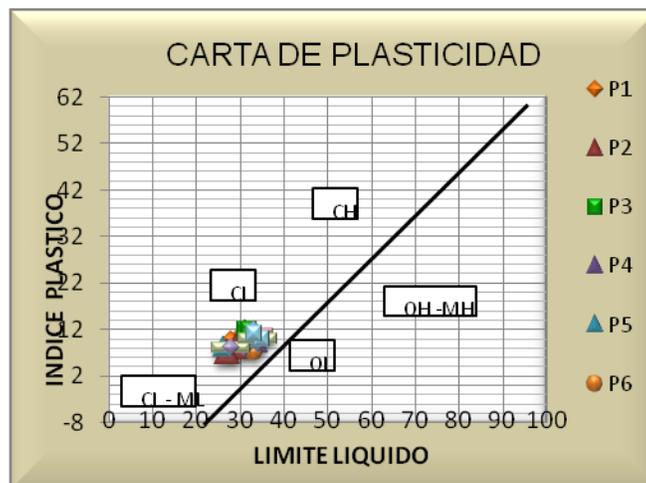


Figura N° 107. Carta de Plasticidad

En la figura 107 se muestra la Carta de Plasticidad correspondiente a las perforaciones P1 hasta la P11 donde la fracción fina del material presente, se muestra arcillas y arenas arcillosas de baja plasticidad en todas las perforaciones.

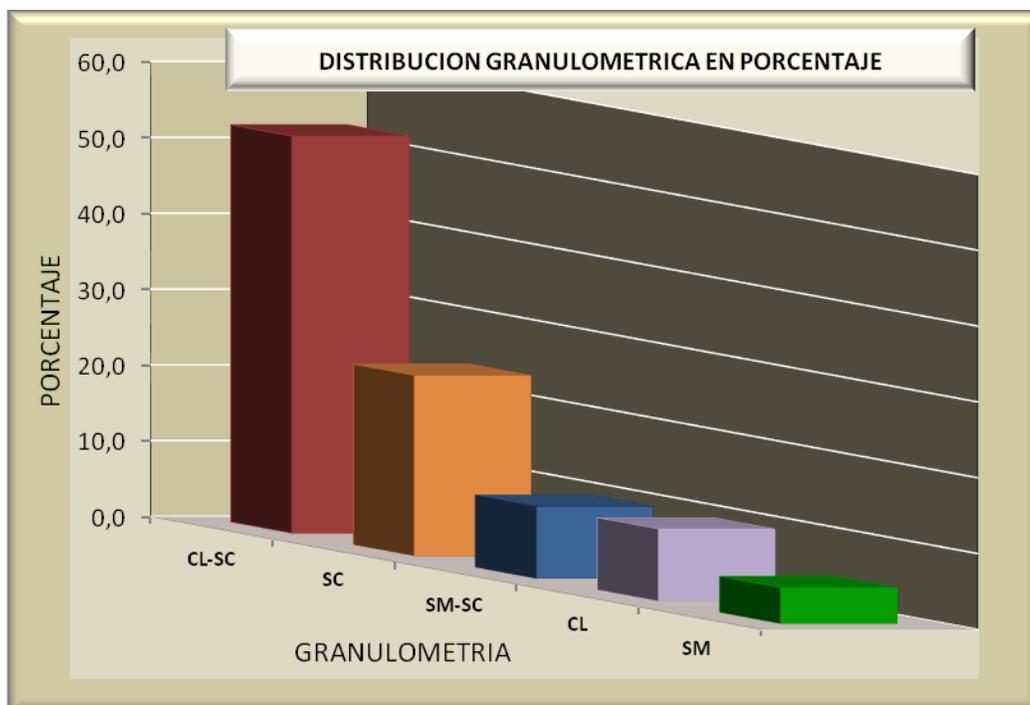


Figura N° 108. Grafica de Distribución Granulométrica en Porcentaje

Se observa en la figura 108, el Porcentaje de Distribución Granulométrica del material estudiado, teniendo 52% de Arcillas de baja plasticidad y arenas arcillosas (CL-SC), 23% de arenas arcillosas (SC), 10% de Arenas limo arcillosas (SM-SC), 10% de Arcillas de baja plasticidad (CL) y 5% de Arena limosa (SM).

Tabla N° 26. Ensayo de Densidad con Parafina

PERF. N°	PROF., m.	Humedad %	Peso Muestra	Densidad,	Densidad
			Seca, gr.	gr/cm ³	seca,
			gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³
P-1, M.2	1,55-2,00	3.3	61.15	1.76	1.70
P-3, M.1	0,55-1,00	16	94.78	1.95	1.68
P-4, M.2	1,55-2,00	9.3	31.81	1.97	1.80
P-5, M.5	4,55-5,00	11	44.18	1.75	1.57
P-6, M.2	1,55-2,00	7.9	28.20	1.90	1.77
P-7, M.1	0,55-1,00	11.4	36.00	2.01	1.80

X.1.5.- Propiedades Mecánicas del suelo

Para la determinación de las propiedades mecánicas del material y en función de las características granulométricas del suelo de fundación se realizaron ensayos de corte directo, los resultados se muestran en el tabla N° 27 y figura 109.

Tabla N° 27. Resumen de Corte Directo

Muestra	%W	ϕ°	c (Kg/cm ²)
P2-M8	8.9	23	0.35
P6-M5	8.4	32	0.05
P8-M8	10.9	40	0
P11-M5	8.6	40	0

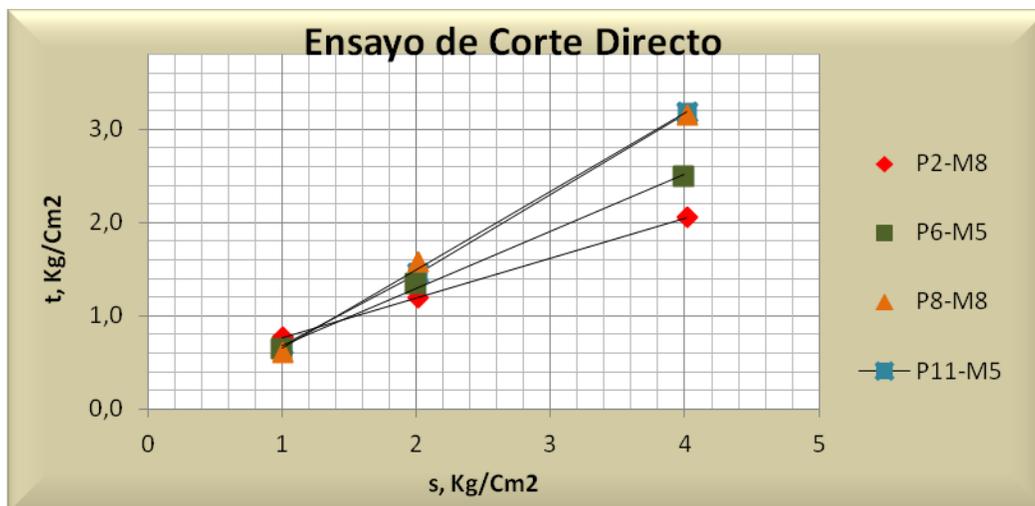


Figura N° 109. Corte Directo

En la Grafica N° 109 se encuentran los ensayos de Corte Directo en donde se observa que el ángulo de fricción interno varía entre 23° y 40° y la cohesión entre 0 y 0,35 Kg/cm².

X.1.6.- Capacidad de carga del suelo de fundación

Basándose en la formulación de Vesic, de acuerdo a la data procesada de campo y laboratorio, la capacidad de carga de las parcelas a construirse en el urbanismo de Monterrey es calculada con la siguiente ecuación:

$$q_u = (c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{cc}) + (q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qc}) + \left(\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma c} \right)$$

$$q = \gamma \cdot Df \quad q_a = \frac{q_u - q}{F_s}$$

En donde:

L	Longitud de la fundación
Df	Profundidad de fundacion
U	Profundidad del nivel freático
c	Cohesión
ϕ	Ángulo de fricción
γ	Peso unitario del suelo
β	Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical
E	Modulo de elasticidad
μ	Relación de <i>Poisson</i>
G	Módulo cortante del suelo
q'	Presión efectiva de sobrecarga a una profundidad de Df+B/2
Ir	Índice de rigidez, a una profundidad aproximada de B/2, por debajo de
Ir(cr)	Índice de rigidez crítico
Nc, Nq y N γ	Factores de capacidad de carga
Fcs, Fqs y F γ s	Factores de forma
Fcd, Fqd y F γ d	Factores de profundidad
Fcc, Fqc y F γ c	Factores de compresibilidad del suelo
qu	Capacidad de carga última
q	Capacidad de carga por unidad de área
q''	Sobrecarga efectiva (debida al agua)
FS	Factor de seguridad
qa	Capacidad de carga admisible

Todos estos parámetros son utilizados en las siguientes tablas para el cálculo de la capacidad de carga admisible.

X.1.7.- Cálculo de la capacidad portante para zapatas y losa de fundación

Tabla N° 28. Capacidad portante para losa de fundación en el macizo de tierra armada

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO DE FUNDACION (Vesic)	
1. Perfil de suelo: Suelos residuales provenientes de la Meteorizacion de Esquistos cuarzo micáceo y Esquistos cuarzo micáceo grafitosos.	
2. Tipo de fundaciones: Fundaciones directas , Zapata de fundación	
3. Geometria de las fundaciones	
(Ancho de la fundación) B (m) =	19.60
(Longitud de la fundación) L (m) =	21.20
(Profundidad de Fundacion) Df (m) =	0.45
(Profundidad del nivel freático) U (m) =	0.00
4. Propiedades mecanicas del suelo	
(Cohesión) c (ton/m ²) =	0.05
(Ángulo de fricción) ϕ (°) =	27
(Peso unitario del suelo) γ (ton/m ³) =	1.70
(Peso unitario del suelo saturado γ_{sat}) (ton/m ³) =	-
(Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical) β (°) =	90
(Modulo de elasticidad) E (ton/m ²) =	175
(Relación de Poisson) μ =	0.40
(Módulo cortante del suelo) G =	62.50
(Presión efectiva de sobrecarga a una profundidad de Df+B/2) q' =	6.67
(Índice de rigidez, a una profundidad aproximada de B/2, por debajo de Df) Ir =	17.85
(Índice de rigidez crítico) Ir(cr) =	34.20
5. Factores de capacidad de carga, forma, profundidad y compresibilidad.	
(Factor de capacidad de carga) Nc =	23.94
(Factor de capacidad de carga) Nq =	13,20
(Factor de capacidad de carga) Ng =	14.47
(Factor de forma) Fcs =	1.11
(Factor de forma) Fqs =	1.10
(Factor de forma) Fgs =	0.92
(Factores de profundidad) Fcd =	1.02
(Factores de profundidad) Fqd =	1.01
(Factores de profundidad) Fgd =	1.00
(Factor de compresibilidad del suelo) Fcc =	1.00
(Factor de compresibilidad del suelo) Fqc =	1.00
(Factor de compresibilidad del suelo) Fgc =	1.00
6. Capacidad de carga	
(Capacidad de carga última) q_u (ton/m ²) =	45.05
Capacidad de carga por unidad de área ($q = \gamma \cdot Df$) q (ton/m ²) =	0.51
(Sobrecarga efectiva debida al agua) q'' (ton/m ²) =	-
(Factor de seguridad) FS =	3
Capacidad de carga admisible ($q_a = \frac{q_u - q}{FS}$) q_a (kg/cm ²) =	1.53

Tabla N° 29. Capacidad portante mínima para zapata de fundación

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO DE FUNDACION (Vesic)	
1. Perfil de suelo: Suelos residuales provenientes de la Meteorización de Esquistos cuarzo micaceos y Esquistos cuarzo micaceo grafitosos.	
2. Tipo de fundaciones: Fundaciones directas , Zapata de fundación	
3. Geometria de las fundaciones	
(Ancho de la fundación) B (m) =	1.50
(Longitud de la fundación) L (m) =	1.50
(Profundidad de Fundacion) Df (m) =	1.50
(Profundidad del nivel freático) U (m) =	0.00
4. Propiedades mecanicas del suelo	
(Cohesión) c (ton/m ²) =	0.05
(Ángulo de fricción) φ (°) =	28
(Peso unitario del suelo) g (ton/m ³) =	1.50
(Peso unitario del suelo saturado g _{sat}) (ton/m ³) =	-
(Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical) β (°) =	90
(Modulo de elasticidad) E (ton/m ²) =	264,29
(Relación de Poisson) μ =	0.40
(Módulo cortante del suelo) G =	111.07
(Presión efectiva de sobrecarga a una profundidad de Df+B/2) q' =	3,38
(Índice de rigidez, a una profundidad aproximada de B/2, por debajo de Df) Ir =	143,28
(Índice de rigidez crítico) Ir(cr) =	57,40
5. Factores de capacidad de carga, forma, profundidad y compresibilidad.	
(Factor de capacidad de carga) Nc =	25,80
(Factor de capacidad de carga) Nq =	14,72
(Factor de capacidad de carga) Ng =	16,72
(Factor de forma) Fcs =	1.57
(Factor de forma) Fqs =	1.53
(Factor de forma) Fgs =	0.60
(Factores de profundidad) Fcd =	1.40
(Factores de profundidad) Fqd =	1.30
(Factores de profundidad) Fgd =	1.00
(Factor de compresibilidad del suelo) Fcc =	1.00
(Factor de compresibilidad del suelo) Fqc =	1.00
(Factor de compresibilidad del suelo) Fgc =	0.49
6. Capacidad de carga	
(Capacidad de carga última) qu (ton/m ²) =	80.03
Capacidad de carga por unidad de área (q = γ · Df) q (ton/m ²) =	2.25
(Sobrecarga efectiva debida al agua) q" (ton/m ²) =	-
(Factor de seguridad) FS =	3
Capacidad de carga admisible (q _a = $\frac{q_u - q}{FS}$) qa(kg/cm ²) =	2.59

El coeficiente de Balasto para este tipo de material como suelo residual está en el rango de 1,00 a 3,00 Kg/cm³.

X.1.8.- Asentamientos

Si tomamos en cuenta que el terreno de fundación fue excavado hasta alcanzar niveles de roca meteorizada se desestiman los asentamientos, cualquier variación estará con valores menores a los 2,54 cm de norma. Los asentamientos que pudieran generarse por la carga de los edificios serán, inmediatamente después de colocar la carga y como se trata de estructuras convencionales de concreto armado, cuya construcción es lenta, al terminar la obra ya se tendrá el asentamiento total.

Se calculó el asentamiento con valores promedios para todas las terrazas, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla N° 30. Cálculo de asentamientos Losa. Schleicher (1926)

Carga neta (q):	1,00	kg/cm²	1,00	kg/cm²
Módulo de Young (E):	1370	kg/cm²	1370	kg/cm²
Coefficiente de Poisson (v):	0,40		0,40	
Módulo deformación edométrico (E_{ed}):			2936	kg/cm²
Ancho cimentación (b):	12,00	m	1200	Cm
Largo cimentación (l):	24,00	m	2400	Cm
m:			2,00	
Ip:			0,77	
Factor de seguridad:	3,00		3,00	

Asientos carga flexible			Asientos
Esquina	Centro	Valor medio	carga r ígida
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0,79	1,58	1,34	1,24

CAPITULO XI

XI.1.- CONTROL DE CALIDAD

XI.1.1.- Generalidades

El control de calidad son todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores. Como tal, la función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos, que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada. Todo material que no cumpla las características mínimas para decir que es correcto, será eliminado.

El control de la calidad, envuelve un conjunto de acciones y decisiones que se toman con el objeto de cumplir las especificaciones de los mismos y comprobar el cumplimiento de los requisitos exigidos. Éste debe ser preventivo más que correctivo; por lo tanto es de vital importancia la realización de ensayos al concreto en estado fresco, con los que se busca garantizar el cumplimiento de las especificaciones en estado endurecido.

La finalidad de estos ensayos, es la de comprobar a lo largo de la ejecución, que la resistencia característica del material para la obra, es igual o superior a la admitida en el proyecto.

Los ensayos se pueden llevar a cabo tanto en el laboratorio como a pie de obra, dependiendo del elemento a comprobar.

XI.1.2.- Ensayos y/o actividades para el control de calidad

- Ejecución de Estudio Geotécnico, es la actividad fundamental en la etapa de elaboración del Proyecto Estructural y, por ende, fijará los lineamientos de ejecución en la etapa de Movimiento de Tierra en Obra y del Diseño del Sistema de Fundaciones.



Figura N° 110. Estudio Geotécnico.

- Control de las actividades de colocación del material de relleno, mediante la supervisión de un equipo de trabajo de Topografía, que disponga de todos los equipos necesarios. De igual forma, se coordinan las actividades de levantamiento.



Figura N° 111. Colocación del Material de Relleno / Topografía.

- Determinación de los Parámetros de Compactación en Campo, con la correspondiente ejecución de los ensayos de laboratorio necesarios, con la finalidad de realizar el control de calidad en la ejecución de terraplenes y colocación de material de relleno.



Figura N° 112. Vibrocompactadora.

- Ejecución de Pruebas Esclerométricas en caso de aceptación o rechazo del concreto colocado en sitio, en función de los resultados de la determinación de la Resistencia a la Compresión del mismo.



Figura N° 113. Medidas con el Esclerómetro.

- Control y Registro de la información técnica obtenida en campo, correspondiente a las actividades inherentes al proceso constructivo, mediante el empleo de Planillas de Medición para determinar las cantidades de obras ejecutadas, memoria fotográfica de los diferentes frentes de trabajo, entre otros documentos, y de esa forma poder hacer una revisión de las Valuaciones de Obra presentada por los Contratistas al Ente Contratante.
- Elaboración y Entrega al Cliente de Reportes Quincenales e Informes Mensuales del avance registrado en esos períodos. La frecuencia de entrega de los mismos será establecida entre las partes al inicio de los trabajos.

XI.1.3.- Ensayo de compactación proctor

El ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él, es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra, con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico.

Los materiales del desarrollo habitacional Pioneros de Monterrey fueron analizados, estableciéndose así su humedad natural, granulometría, límites de consistencia líquido y plástico, además de su clasificación de acuerdo al sistema Unificado y los Ensayos Proctor correspondientes.

Los resultados de los ensayos se encuentran tabulados y graficados para facilitar su interpretación, y se incluyen en el Anexo 6.

XI.1.4.- Control de calidad del material

Selección y amontonamiento de la tierra suelta.

El material de relleno, se seleccionó con el fin de que no contuviese raíces, cenizas, césped, barro, lodo, piedras sueltas con aristas o diámetros mayores de 0.20 metros y en términos generales desechos de materiales orgánicos y vegetales.

Colocación del material de relleno.

Antes de proceder a la colocación del material de relleno, la interventoría comprobó que la superficie estuviera totalmente limpia, libre de basuras, desperdicios, materia vegetales y sin agua.

Humedecimiento del material.

Para los rellenos se humedeció, el material para su compactación.

Compactación del material.

En términos generales, la compactación se hizo por capas de 0.15 metros y el equipo utilizado en la operación se empleó en forma continua y las veces que fueron necesarias para lograr una buena compactación. La última capa será de 0.10 metros.

Acabado de la superficie.

Una vez terminados los rellenos, la superficie se niveló y se dejó libre de desperdicios y escombros. El material sobrante se retiró a los sitios especificados en los pliegos de la licitación.

Se hicieron los ensayos necesarios para comprobar el grado de compactación, pudiéndose así ordenar cambios en los materiales o en el sistema de compactación a fin de obtener los resultados deseados.

Los ensayos para control de calidad se efectuaron de acuerdo con las normas vigentes que se muestran en el Capítulo I.

CAPITULO XII

XII.1.- CONTROL DE PROYECTO

XII.1.1.- Generalidades

Para la planificación y control de proyecto se utilizó la herramienta Microsoft Project 2010, la cual es una aplicación de gestión de proyectos, que nos ayudará a planificar diferentes tareas en un tiempo determinado.

Para saber cómo se utilizó este software para el control del proyecto aplicado al desarrollo urbanístico pioneros de monterrey, es necesario aclarar algunos términos que ayudarán a comprender el mismo.

- **Proyecto:**

Un proyecto es una secuencia de eventos, con un principio y un final establecidos, que tiende a alcanzar un objetivo claro. A la hora de crear un proyecto hay que tener en cuenta algunos aspectos antes, durante y al final del mismo:

- ✓ **Antes del proyecto:**

- Definir el proyecto, determinando cuáles son las tareas que hay que realizar para conseguirlo.

- Identificar quién se encargará de cada tarea.

- Detallar cuándo se va a comenzar cada una de esas tareas y cuánto se va a tardar en realizarlas.

- Determinar el coste total del proyecto.

- ✓ **Durante el proyecto:**

- Anotar cuándo se ha comenzado y terminado en realidad cada tarea.

- Indicar qué problemas van surgiendo.

- Realizar los ajustes necesarios al proyecto ante situaciones inesperadas, informando de los mismos a las personas implicadas en el proyecto.

- Mantener un seguimiento de todos los aspectos del proyecto.

- ✓ **Al finalizar el proyecto:**

Evaluarlo para realizar proyectos más efectivos en el futuro, teniendo en cuenta las sugerencias de las personas participantes.

- **Desarrollo de las partes de un proyecto**

Una vez que hemos definido nuestro proyecto sólo nos queda decidir cómo y cuándo se alcanzará el objetivo previsto en el mismo. Un proyecto está formado por las partes siguientes:

- **Tareas**

También se les llama pasos y definen el ámbito del objetivo del proyecto. Tras definir el proyecto, se identifican los elementos que lo componen y se detalla para cada uno de estos elementos qué tareas hay que desarrollar para lograrlos. *Por ejemplo, si se planifica la construcción del Proyecto Urbanístico Pioneros de Monterrey, los elementos serían: Preparación del sitio, Movimiento de tierra, Urbanismo, Infraestructura, Superestructura... Y las tareas por ejemplo para la Preparación del sitio serían: Deforestación, Demolición, Remoción y Transporte de materiales...* como se puede apreciar en el Diagrama de flujo representado en la figura.

Al identificar las tareas hay que organizarlas **jerárquicamente**, en la llamada “Estructura de descomposición del trabajo”. Algunas tareas se tienen que llevar a cabo de forma secuencial, ya que hasta que no se hagan unas no se pueden realizar las siguientes, pero otras se pueden realizar simultáneamente.

También tenemos que detallar la **duración**, es decir, el tiempo necesario para realizar una tarea. Project permite especificar la duración en semanas, días, horas o minutos.

Normalmente, para estimar la duración de las tareas se tienen en cuenta cuatro aspectos:

1. *Información histórica*, recogida de otros proyectos similares.
2. *Participación* de alguien que ya la ha realizado anteriormente en otras circunstancias.
3. *Intuición* de alguien que la ha realizado anteriormente.
4. *Indeterminación*. Cuando no se tiene otra información.

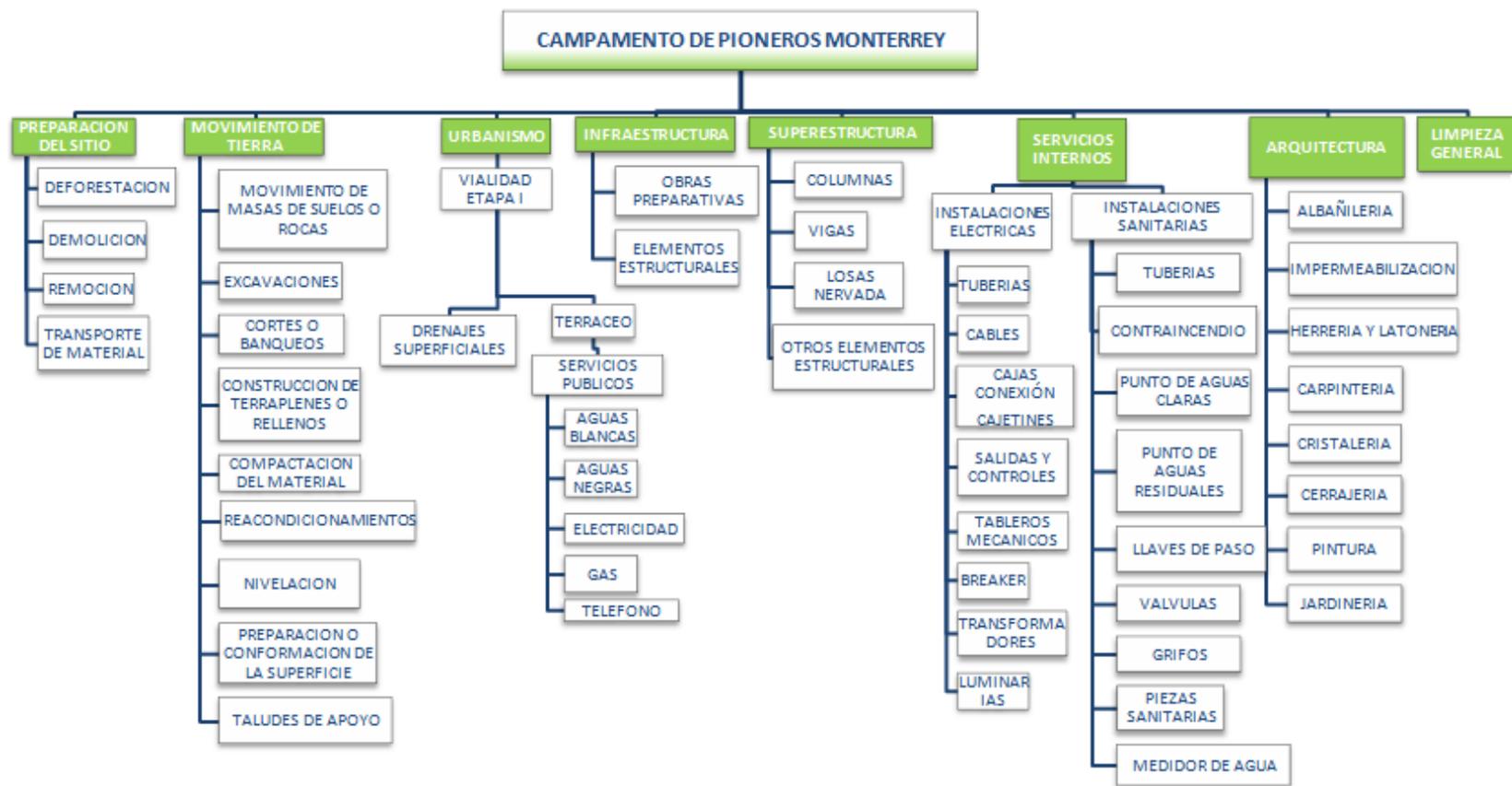


Figura N° 114. Diagrama de flujo Campamento de Pioneros Monterrey

- **Hitos**

Representan la finalización de un grupo de tareas o de una fase del proyecto. En Project, los hitos suelen tener como duración cero ya que marcan la finalización de un plan. Cada vez que se concluye una tarea se alcanza un hito y cuando se hayan alcanzado todos los hitos querrá decir que el proyecto se ha concluido.

- **Recursos**

En los recursos están incluidos las personas, herramientas, instalaciones o equipos necesarios para realizar las tareas. Además de detallar los recursos necesarios debemos tener en cuenta la disponibilidad de los mismos en cada momento.

XII.1.2.- Gestión de proyectos

Con Microsoft Project 2010 se pueden mantener bajo control todos los elementos anteriormente mencionados. Gracias a este software de gestión de proyectos podemos:

- Ver cómo algún cambio en una parte del proyecto puede afectar al resto.
- Informar a todos los participantes en el mismo acerca de lo que tienen que hacer y cuándo tienen que hacerlo.

Fases que debemos tener en cuenta al momento de utilizar Project, desde que se decide el objetivo a alcanzar para un buen manejo de la gestión y control de proyectos:

- **Fase I Planificación Preliminar**

- Definición del Objetivo

- Alcance del proyecto global

- Creación del plan de proyecto: recursos, costos, tareas y vinculaciones, calendarios

- **Fase II Planificación MS Project**

- Estructura de desglose de tareas

- Creación del plan de trabajo (calendarios)

- Asignación de Recursos

- **Fase III Ejecución**

- Coordinación de los recursos físicos y humanos para ejecutar la planificación

- **Fase IV Control**

Seguimiento y medición continua del progreso para identificar las variables y aplicar medidas correctivas



Figura N° 115. Esquema de gestión de proyectos

Aunque hay muchas herramientas en Microsoft Project que nos pueden ayudar en diversos momentos del planteamiento y la ejecución de un proyecto, quizás las dos más útiles son el **Diagrama de Gantt**, que se encarga del tiempo en el que se programan las tareas, y el **Diagrama Pert**, que aclara la relación entre las mismas.

Veamos cada uno de ellos más ampliamente.

- **Diagrama de Gantt**

En este diagrama cada tarea está representada por una barra horizontal, y se sitúan a lo largo de un período de tiempo llamado *escala temporal*, de forma que la longitud de cada barra corresponde al tiempo que se tiene estimado para cada tarea. También a través del diagrama de Gantt podemos ver la relación entre tareas, cuando varias barras horizontales se unen entre sí indicando que una tarea es inmediatamente posterior a otra y se tiene que realizar cuando haya terminado la anterior.

- **Diagrama Pert**

Este diagrama nos interesa en el caso de que queramos comprobar las relaciones de las tareas y no tanto su duración. En el diagrama Pert las tareas están representadas por recuadros, llamados *nodos*, que contienen información de las mismas, y cuando varias tareas están relacionadas, bien porque una va inmediatamente después de otra bien porque una depende de otra, se unen por líneas.

Es importante destacar que tomando en cuenta todos los aspectos antes mencionados, se pudo realizar la planificación (Fase 1) del proyecto urbanístico Pioneros de Monterrey, según se observa en la figura 116.



Figura N° 116. Organigrama de planificación según fase 1 para el proyecto urbanístico.

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sitio de estudio es apto para la construcción de viviendas multifamiliares, considerando las observaciones de la estabilidad de taludes para tomar las medidas pertinentes.
- Las condiciones climáticas existentes en la zona de estudio son de temperatura promedio 24°C y precipitaciones entre 1223 y 264 mm anual.
- El sitio de estudio tiene una zonificación sísmica 5, donde se espera una aceleración máxima horizontal del terreno de 0.30g. Con un nivel de amenaza sísmica alta.
- La geología local está conformada por esquistos cuarzo micáceo de la Fm Las Brisas (esquisto cuarzo - muscovítico) en dos estratos bien definidos: una fracción de Roca Muy meteorizada y la otra de Roca Meteorizada dura y fracturada.
- Estas rocas meteorizan a suelos arcillo arenosos y arena limosa, humedad media y plasticidad baja
- La roca descompuesta muestra composición dominante de cuarzo y moscovita con presencia de sericita en la fracción arcillosa.
- Los valores del ensayo de penetración estándar o SPT varían en todas las perforaciones entre:

$$3 < N_{spt} < 80 \text{ golpes/pie}$$

De donde se logran distinguir 3 estratos de roca descompuesta a meteorizada

- En relación a la resistencia al corte, el promedio del ángulo de fricción interno varía entre $22^\circ \leq \phi \leq 40^\circ$ y la cohesión entre 0,0 y 0,35 Kg/cm².
- Los ensayos de refracción sísmica somera generaron como resultado tres estratos geosísmicos que corresponden a materiales del subsuelo cuyo espesor y propiedades

geomecánicas, varían en función de la profundidad de meteorización. Asimismo se obtuvo el perfil de velocidades de onda S y P.

- Los valores obtenidos de los sondeos de refracción sísmica tienen correlación alta con los resultados del ensayo de penetración estandar.
- Se identificaron con precisión tres estratos geosísmicos que corresponden a suelos sueltos cerca de la superficie, y suelos consolidados en la base de la secuencia sedimentaria, estos varían en función de la profundidad de la meteorización y la topografía y algunas zonas donde afloran roca muy meteorizada fundamentalmente constituida por esquistos.
- Se identificó la presencia de la roca muy meteorizada en las zonas de elevada topografía, mientras que en las laderas y pie de colina se identificaron los mayores espesores de suelos sueltos y poco consolidados.
- Las velocidades de onda S son muy bajas (113 m/s a 530 m/s) debido al bajo nivel de densidad de los sismo-estratos identificados.
- Las estructuras deben apoyarse sobre terreno natural, previéndose un retiro de 3 y 6m del borde de los taludes dependiendo de la estabilidad del talud.
- La Capacidad de Carga de suelo de fundación, varia tanto en forma longitudinal al tope del macizo como transversal al mismo, se obtuvieron valores variables entre:
$$2,59 \text{ Kg/cm}^2 < q_{adm} < 4,73 \text{ Kg/cm}^2$$
- Se recomendaron para las terrazas. En el tope del macizo fundaciones directas tipo Zapata de fundación y losa de fundación para los edificios de equipamiento Urbano y Simoncito cuyo macizo de tierra armada tiene una $q_{adm} = 1,53 \text{ Kg/cm}^2$.

BIBLIOGRAFIA

- ÁLVAREZ, M y RODRÍGUEZ, L. (2008). Caracterización Geomecánica para el Proyecto del Sistema Subterráneo Metro de Caracas, Línea 5, Tramo Zona Rental de la UCV – Bello Monte, Caracas.
- CARVALLO, X. (2000) Caracterización del perfil de meteorización para la formación las Mercedes, Grupo Caracas, en las Subcuencas: Santa Mónica-Los Chaguaramos, Bello Monte-Las Mercedes y Santa Fe-Valle Arriba. UCV-EG.250p
- COVENIN 1756:1-2001 Edificaciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos y parte 2: Comentarios.
- DOBRIN, M. (1960) Introducción a la Prospección Geofísica. McGraw Hill, New York. 446 pp.
- GARCIA A, ROSIQUE M. (1994) Topografía Básica para Ingenieros. Editum.
- GARCIA, F. (1994) Curso básico de topografía. Editum.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., FERRER, M. (2002) Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid.
- LOYO, B. (1983). La evolución geomorfológica de la Cordillera de la Costa al sur de la Falla de la Victoria. Seminario de Investigación Aplicada I, Cátedra de Geomorfología, Departamento de Geología, U.C.V. Inédito.
- MARCANO F. (1974). Observaciones preliminares de las características geotécnicas de la Zona: Minas de Baruta-Cerro Verde, Estado Miranda UCV-EG. 120p.
- MARCANO J. (1974)]. Observaciones preliminares de las características geotécnicas de la 122 Zona: El Cafetal-San Román, Estado Miranda, UCV-EG. 80p.228.

- MARTÍN, J. (2008). Levantamiento sísmico de refracción somera y levantamiento geológico en el área de “El Casino”, al norte del poblado Urumaco (edo. Falcón). Trabajo de Grado no publicado, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- ROMERO, ALONZO (1999). Dibujo de proyectos de obras civiles. Editorial inversiones tecnológicas.
- SALCEDO, D. (1969). Hacia una definición geotécnica de suelo y roca. Trabajo presentado en el IV congreso geológico venezolano. Caracas.
- TOVAR, A (2010). Estudio de refracción sísmica con fines geotécnicos en el sitio de presa del embalse totalón, municipio libertad, estado Anzoátegui. Trabajo de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- URBANI, F. y RODRÍGUEZ, J. (2004). Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa Venezuela. U.C.V., Caracas.

Consultas Web

- Código Geológico de Venezuela. Consultado el 18 de noviembre de 2011, <http://www.pdvsa.com/lexico/>
- HOEK, E. (2012). Practical Rock Engineering. Publicado en Internet en la siguiente dirección: <http://www.rocscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp>.
- http://www.rocscience.com/downloads/slide/webhelp/faqs/slide_faqs.htm.
- http://www.rocscience.com/downloads/slide/webhelp/tutorials/slide_tutorials.htm.
- <http://www.rocscience.com/downloads/rocklab/webhelp/faqs.htm>.
- <http://erods.files.wordpress.com/2012/12/manual-basico-de-uso-project-2010.pdf>

ANEXOS