

**EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN
EN MASA DE LOS PROYECTOS ACUAPARQUE, MONUMENTO AL
SANTÍSIMO Y GETSEMANÍ**

EDWIN FERNANDO VALENCIA PINZÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENÍERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

**EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN
EN MASA DE LOS PROYECTOS ACUAPARQUE, MONUMENTO AL
SANTÍSIMO Y GETSEMANÍ**

EDWIN FERNANDO VALENCIA PINZÓN

**Trabajo final de maestría de aplicación presentado como requisito parcial
para optar al título de
MAGISTER EN GEOTECNIA**

**Director
VLADIMIR ERNESTO MERCHÁN
PHD, M.S.C. INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

AGRADECIMIENTOS

Principalmente al grupo de trabajo de la Corporación Nacional Parque del Chicamocha "PANACHI", en cabeza de su director ejecutivo el Dr. Carlos Fernando Sánchez, quienes colaboraron con la realización y puesta en marcha de los megaproyectos que se desarrollaran en Santander.

Al Dr. Jaime Suarez Díaz, quien con su perseverancia y dedicación logró sacar adelante la primera promoción de geotecnistas de la Universidad Industrial de Santander.

A los directivos de la Maestría en Geotecnia y el cuerpo administrativo.

Al Dr. Vladimir Ernesto Merchán, quien con su conocimiento y orientación direccionó este proyecto de una manera científica e investigativa para lograr aprovechar al máximo las herramientas adquiridas durante la Maestría.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	25
OBJETIVOS	27
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
1. ESTADO DEL ARTE	28
1.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS UNIVERSALMENTE CONOCIDOS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD	30
1.1.1 Método de tablas o número de estabilidad	30
1.1.2 Método del talud infinito	30
1.1.3 Método del bloque deslizante	31
1.1.4 Método Ordinario o de Fellenius	31
1.1.5 Método de Bishop	32
1.1.6 Métodos numéricos y aplicaciones del computador	32
1.2 ESTABILIZACIÓN	35
1.2.1 Conformación del talud o ladera	35
1.2.2 Recubrimiento de la superficie	35
1.2.3 Control de agua superficial y subterránea	35
1.2.4 Estructuras de contención	36
1.2.5 Mejoramiento del suelo	36
1.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA	36
1.3.1 Análisis estereográfico de la estructura	38
2. GENERALIDADES DE LOS PROYECTOS	40
2.1 ACUAPARQUE NACIONAL DEL CHICAMOCHA	40
2.1.1 Objetivo del proyecto	41
2.1.1.1 Objetivo General	41
2.1.1.2 Objetivo Específicos	41
2.1.2 Definición del proyecto	42

2.1.3 Justificación	42
2.1.4 Descripción del servicio que ofrece	43
2.2.4.1 Principales	43
2.2.4.2 Obras complementarias.	45
2.2 PROYECTO MONUMENTO AL SANTÍSIMO EN LA VEREDA HELECHALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA	46
3. MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)	51
3.1 PROYECTO PARQUE DEL AGUA UBICADO EN EL PARQUE NACIONAL DEL CHICAMOCHA DEL MUNICIPIO DE ARATOCA	51
3.2 PROYECTO MONUMENTO AL SANTÍSIMO EN LA VEREDA HELECHALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA	53
3.2.1 Fotos satelitales	53
3.2.2 Levantamiento topográfico	55
3.2.2.1 Topografía en planta	55
3.2.2.2 Secciones transversales	56
3.3 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GETSEMANI DEL BARRIO LA CUMBRE	58
3.3.1 Fotos Satelitales	58
3.3.2 Topografía	60
3.3.2.1 Topografía en planta	60
3.3.2.2 Secciones transversales	61
4. ELABORACIÓN DE LOS MODELOS GEOTÉCNICOS	62
4.1 PROYECTO PARQUE DEL AGUA UBICADO EN EL PARQUE NACIONAL DEL CHICAMOCHA DEL MUNICIPIO DE ARATOCA	63
4.1.1 Localización del proyecto	63
4.1.2 Geología	64
4.1.2.1 Formación Silgará (PDs)	64
4.1.2.2 Granito de Pescadero (JRgp)	65
4.1.2.3 Depósitos Coluviales	66
4.1.2.4 Depósitos Aluviales	66

4.1.2.5 Geología estructural	66
4.1.2.6 Falla Bucaramanga Santa Marta.	67
4.1.2.7 Falla del Suárez	68
4.1.2.8 Neotectónica	69
4.1.3 Ensayo de SPT	69
4.1.3.1 Sondeo 1	72
4.1.3.2 Sondeo 2	74
4.1.3.3 Sondeo 3	76
4.1.3.4 Sondeo 4	78
4.1.3.5 Sondeo 5	80
4.1.3.6 Sondeo 6	81
4.1.3.7 Sondeo 7	83
4.1.3.8 Sondeo 8	84
4.1.3.9 Sondeo 9	86
4.1.3.10 Sondeo 10	87
4.1.4 Ensayos de granulometría y clasificación	89
4.1.5 Ensayos Geofísicos	89
4.1.5.1 Interpretación de los SEV's	93
4.1.5.2 Unidades Geoeléctricas	94
4.1.6 Correlaciones del ensayo de SPT	95
4.1.6.1 Cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación	98
4.1.7 Determinación de los datos de entrada del modelo geotécnico	100
4.1.7.1 Perfil 1: Rocas Metamórficas	100
4.1.7.2 Perfil 2: Suelo Residual	100
4.1.7.3 Perfil 3: Deposito aluvial	101
4.1.8 Elaboración del modelo geotécnico	101
4.1.8.1 Resultados de campo	104
4.1.8.2 Análisis y modelación cinemática con el software dips del talud	108
4.1.8.3 Cálculo de RMR para el talud	114
4.1.8.4 Procesamiento De Datos Por Software Geoslope	116

4.1.9 Conclusiones del modelo geotécnico	130
4.2 PROYECTO MONUMENTO AL SANTÍSIMO EN LA VEREDA HELECHALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA	133
4.2.1 Localización del proyecto	133
4.2.2 Ensayo de SPT	135
4.2.3 Perfiles Estratigráficos	138
4.2.3.1 Sondeo 1	138
4.2.3.2 Sondeo 2	141
4.2.3.3 Sondeo 3	143
4.2.4 Ensayos de granulometría, límite líquido, límite plástico y porcentaje de humedad	145
4.2.5 Ensayos Geofísicos	145
4.2.5.1 Especificación del sismógrafo ES-3000	145
4.2.5.2 Metodología	147
4.2.5.3 Principio físico de refracción sísmica	148
4.2.5.4 Procesamiento de datos	150
4.2.5.5 Selección de las primeras llegadas	151
4.2.5.6 Curvas camino-tiempo	151
4.2.5.7 Línea sísmica.	153
4.2.6 Correlaciones del ensayo de SPT	162
4.2.7 Determinación de los datos de entrada del modelo geotécnico	162
4.2.8 Elaboración del modelo geotécnico	163
4.2.9 Conclusiones del modelo geotécnico.	178
4.2.9.1 Cálculo de la capacidad portante para cimentación a 5 mts de profundidad	178
4.2.10 Cálculo del Caisson	183
4.2.10.1 Metodología para el cálculo de la capacidad admisible de caissons	184
4.2.10.2 Condiciones de Diseño	184
4.2.10.3 Metodo 1	186
4.2.10.4 Cálculo de la carga última en la base	186

4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DEL BARRIO LA CUMBRE DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA	186
4.3.1 Localización del proyecto	187
4.3.2 Geología	188
4.3.2.1 Estratigrafía	189
4.3.2.2 Geología Estructural	191
4.3.3 Geología local	192
4.3.3.1 Litología	192
4.3.3.2 Suelos	194
4.3.4 Geología estructural	195
4.3.4.1 Lineamiento de la Quebrada Las Pilas	195
4.3.5 Geomorfología	196
4.3.5.1 Morfología	196
4.3.6 Ensayo de SPT	200
4.3.7 Ensayos de granulometría y clasificación	202
4.3.8 Ensayos geofísicos	203
4.3.8.1 Línea sísmica	203
4.3.8.2 Observaciones y conclusiones del ensayo de refracción sísmica	211
4.3.9 Correlaciones del ensayo de SPT	211
4.3.10 Elaboración del modelo geotécnico	221
4.3.11 Conclusiones del modelo geotécnico	221
5. EVALUACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA	225
5.1 MÉTODO DETERMINISTICO DE ANÁLISIS PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA	225
5.1.1 Evaluacion de la amenaza preliminar	227
5.2 CATEGORIZACION DE LOS NIVELES DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA DEL PREDIO ESTUDIADO	228
5.2.1 Nivel de amenaza baja	229
5.2.2 Nivel de amenaza media	229
5.2.3 Nivel de amenaza alta	229

5.2.4 Elaboración de los planos de amenaza o movimientos en masa	230
5.3 CONDICIÓN ACTUAL DEL LOTE	230
5.4 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS AMENAZAS DEL MEDIO AMBIENTE HACIA LA INFRAESTRUCTURA	231
5.4.1 Proyecto Acuaparque	231
5.4.2 Proyecto Monumento al Santísimo	232
5.4.3 Proyecto Getsemaní	232
5.5 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS AMENAZAS DE LA INFRAESTRUCTURA HACIA EL MEDIO AMBIENTE	233
5.6 EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS	233
5.7 DESCRIPCION DE AMENAZAS	234
5.7.1 Los sismos	234
5.7.2 Los deslizamientos	234
5.7.3 Erosión	234
5.8 EFECTOS DE LAS AMENZAS	235
5.9 EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO PROYECTO DE VIVIENDA LA CUMBRE	236
5.9.1 Amenaza por erosión	236
5.9.2 Amenazas por fenómenos de remoción en masa	236
5.9.3 Amenazas por actividad sísmica	237
5.9.4 Zonificación geotécnica del sector	238
5.9.4.1 Zonificación geotécnica actual	238
5.9.5 Propuesta de nueva zonificación geotécnica	240
6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD	242
6.1 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA	242
6.2 IDENTIFICACION DE LOS FACTORES DE VULNERABIIDAD PARA EL SISTEMA	243
6.3 ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD (G) DE LAS CONSECUENCIAS	244
6.4 ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE LOS SINIESTROS (P)	246
6.5 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	247

6.5.1 Parámetros análisis de vulnerabilidad	249
6.5.1.1 Pendiente del terreno	249
6.5.1.2 Tipo de suelo	250
6.5.1.3 Posición de la cimentación	250
6.5.2 Conclusiones del análisis de vulnerabilidad	250
7. EVALUACIÓN DEL RIESGO	251
7.1 EVALUACIÓN DETALLADA DEL RIESGO	253
7.1.1 Calculo de riesgo $R = P \times G$	253
7.1.2 Valores de riesgo	253
7.1.3 Evaluación de los límites aceptables de riesgo	254
7.2 ESTRATEGIA DE RESPUESTA PARA LA NO OCURRENCIA Y/O MINIMIZACION	256
BIBLIOGRAFÍA	259
ANEXOS	262

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Nomenclatura de Taludes y Laderas	29
Figura 2. Parque acuático	43
Figura 3. Parque acuático con río lento	44
Figura 4. Modelo constructivo parque acuático	44
Figura 5. Parque acuático con río lento	45
Figura 6. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	47
Figura 7. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	47
Figura 8. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	48
Figura 9. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	48
Figura 10. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	49
Figura 11. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	49
Figura 12. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	49
Figura 13. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	50
Figura 14. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo	50
Figura 15. Modelo digital del terreno Acuaparque Nacional del Chicamocha	52
Figura 16. Mapa de pendientes del Acuaparque Nacional del Chicamocha	52
Figura 17. Imagen satelital del lote año 2002	53
Figura 18. Imagen satelital del lote año 2005	54
Figura 19. Imagen satelital del lote año 2009	54
Figura 20. Imagen satelital del lote año 2011	55
Figura 21. Levantamiento topográfico Parque Monumento al Santísimo	55
Figura 22. Corte A-A' del terreno	56
Figura 23. Corte B-B' del terreno	57
Figura 24. Corte C-C' del terreno	57
Figura 25. Imagen satelital del lote año 2002	58
Figura 26. Imagen satelital del lote año 2005	59
Figura 27. Imagen satelital del lote año 2011	59

Figura 28. Levantamiento topográfico Proyecto de vivienda Barrio la Cumbre	60
Figura 29. Corte A-A' del terreno	61
Figura 30. Corte B-B' del terreno	61
Figura 31. Localización del área de estudio. Fuente: IGAC Plancha topográfica 5-06	63
Figura 32. Mapa Geológico regional y de localización del área de estudio	65
Figura 33. Toma muestras normalizado utilizado en el ensayo SPT con muestra semialterada.	70
Figura 34. Esquema ensayo SPT	70
Figura 35. Localización de los sondeos	71
Figura 36. Localización de los sondeos geoelectricos	91
Figura 37. Curva de resistividad Sondeo 1	92
Figura 38. Curva de resistividad Sondeo 2	92
Figura 39. Curva de resistividad Sondeo 4	92
Figura 40. Curva de resistividad Sondeo 3	93
Figura 41. Variación de N con respecto a la profundidad	96
Figura 42. Determinación del N promedio	97
Figura 43. Tabla de datos para la modelación en software	108
Figura 44. Diagrama de polos generado por el Software DIPS	108
Figura 45. Plano de contorno de polos con las líneas de intersección indicando el tipo de falla	109
Figura 46. Modelo en slide de la sección 1 del talud	116
Figura 47. Modelo en slide de la sección 2 del talud	123
Figura 48. Mapa de Microzonificación Sísmica Propuesta	131
Figura 49. Localización General del Proyecto	134
Figura 50. Localización de los sondeos	135
Figura 51. Distribución de geófonos	148
Figura 52. Esquema de ejecución de refracción sísmica	149
Figura 53. Diagrama de flujo para procesamiento de datos	150
Figura 54. Paquete de geometrics	151

Figura 55. Curva Camino – Tiempo para un disparo de refracción	152
Figura 56. Dromocronas – Línea Sísmica , -2.0m	155
Figura 57. Dromocronas – Línea Sísmica , -1.0m	155
Figura 58. Dromocronas – Línea Sísmica , -0.0m	156
Figura 59. Dromocronas – Línea Sísmica , 27.0m	156
Figura 60. Dromocronas – Línea Sísmica , 46.0m	157
Figura 61. Dromocronas – Línea Sísmica , 47.0m	157
Figura 62. Dromocronas – Línea Sísmica , 48.0m	158
Figura 63. Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica	159
Figura 64. Tomografía Línea Sísmica	160
Figura 65. Plano en planta del terreno	163
Figura 66. Análisis de estabilidad sección A-A	164
Figura 67. Análisis de estabilidad con carga sección A-A	164
Figura 68. Análisis Dovela típica sección A-A	165
Figura 69. Análisis Dovela típica sección A-A	166
Figura 70. Análisis Dovela típica sección A-A	167
Figura 71. Análisis de estabilidad sección B-B	167
Figura 72. Análisis de estabilidad en condiciones dinámicas sección B-B	172
Figura 73. Análisis de estabilidad en condiciones dinámicas sección C-C	173
Figura 74. Análisis de estabilidad en condiciones dinámicas sección B-B	178
Figura 75. Localización del área de estudio en el sector nororiental del cerro La Cumbre	188
Figura 76. Rocas de la Formación Girón emplazadas en la parte inferior del área de estudio	193
Figura 77. Material limo arcilloso del miembro Limos Rojos suprayaciendo en contacto erosivo a la Formación Girón	194
Figura 78. Material del Miembro Limos Rojos descubierto en el apique 01	194
Figura 79. Material de la Formación Girón descubierto en el apique 02	195
Figura 80. Trazo del lineamiento estructural de la quebrada Las Pilas	195
Figura 81. Zona escarpada en la parte superior del predio	197

Figura 82. Superficie terraceda del terreno	197
Figura 83. Geometría línea sísmica	204
Figura 84. Perfil topográfico proyectado	205
Figura 85. Dromocronas – Línea Sísmica , -2.0m	205
Figura 86. Dromocronas – Línea Sísmica , -1.0m	205
Figura 87. Dromocronas – Línea Sísmica , 0.0m	206
Figura 88. Dromocronas – Línea Sísmica , 13.5m	206
Figura 89. Dromocronas – Línea Sísmica , 15.0m	207
Figura 90. Dromocronas – Línea Sísmica , 27.0m	207
Figura 91. Dromocronas – Línea Sísmica , 28.0m	208
Figura 92. Dromocronas – Línea Sísmica , 29.0m	208
Figura 93. Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica	209
Figura 94. Tomografía Línea Sísmica	210
Figura 95. Localización de la línea sísmica sobre el proyecto	210
Figura 96. Análisis espacial de los valores de N con la profundidad	212

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografía 1. Ejecución del sondeo No. 1	72
Fotografía 2. Material encontrado en el sondeo No. 1	73
Fotografía 3. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 1	73
Fotografía 4. Ejecución del sondeo No. 2	74
Fotografía 5. Material encontrado en el sondeo No.2	75
Fotografía 6. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 2	75
Fotografía 7. Ejecución del sondeo No. 3	76
Fotografía 8. Material encontrado en el sondeo No.3	77
Fotografía 9. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 3	77
Fotografía 10. Ejecución del sondeo No. 4	78
Fotografía 11. Material encontrado en el sondeo No.4	79
Fotografía 12. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 4	79
Fotografía 13. Ejecución del sondeo No. 5	80
Fotografía 14. Material encontrado en el sondeo No.5	81
Fotografía 15. Ejecución del sondeo No. 6	82
Fotografía 16. Material encontrado en el sondeo No.6	82
Fotografía 17. Ejecución del sondeo No. 7	83
Fotografía 18. Material encontrado en el sondeo No.7	84
Fotografía 19. Ejecución del sondeo No. 8	85
Fotografía 20. Material encontrado en el sondeo No. 8	85
Fotografía 21. Ejecución del sondeo No. 9	86
Fotografía 22. Material encontrado en el sondeo No.9	87
Fotografía 23. Ejecución del sondeo No. 10	88
Fotografía 24. Material encontrado en el sondeo No.10	88
Fotografía 25. Sección del Talud a analizar No 1	102
Fotografía 26. Sección del Talud a analizar No 2	102
Fotografía 27. Sección del Talud a analizar No 3	103

Fotografía 28. Recolección de Datos de Campo	103
Fotografía 29. Ensayo de Esclerómetro	104
Fotografía 30. Fotos de los sitios de trabajo	203
Fotografía 31. Fotos de los geófonos	204
Fotografía 32. Detalle Golpe del martillo	204

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Perfil estratigráfico del sondeo 1	72
Tabla 2. Resultados del sondeo 2	74
Tabla 3. Resultados del sondeo 3	76
Tabla 4. Resultados del sondeo 4	78
Tabla 5. Resultados del sondeo 5	80
Tabla 6. Resultados del sondeo 6	81
Tabla 7. Resultados del sondeo 7	83
Tabla 8. Resultados del sondeo 8	84
Tabla 9. Resultados del sondeo 9	86
Tabla 10. Resultados del sondeo 10	87
Tabla 11. Ensayos realizados a las muestras recuperadas	89
Tabla 12. Longitud de AB/2 e intensidad de corriente generada en SEV's	90
Tabla 13. Coordenadas Origen Bogotá de los SEV's	90
Tabla 14. Interpretación de Sondeos	94
Tabla 15. Unidades geoelectricas	95
Tabla 16. Resumen de los sondeos realizados	96
Tabla 17. Parámetros de corrección de N	97
Tabla 18. Parámetros de diseño obtenidos	98
Tabla 19. Cálculo de q_a	100
Tabla 20. Modelo usado para el Perfil 1, Rocas Metamórficas	100
Tabla 21. Modelo usado para el Perfil 2, Suelo Residual	101
Tabla 22. Modelo usado para el Perfil 3: Deposito aluvial	101
Tabla 23. Datos de dirección y buzamiento para el talud No 1	104
Tabla 24. Datos de dirección y buzamiento para el talud No 2	105
Tabla 25. Datos de dirección y buzamiento para el talud No 3	106
Tabla 26. Datos obtenidos en el ensayo esclerométrico en el talud 1	106
Tabla 27. Datos obtenidos en el ensayo esclerométrico en el talud 2	107

Tabla 28. Datos obtenidos en el ensayo esclerométrico en el talud 3	107
Tabla 29. Descripción de los perfiles encontrados en los sondeos	136
Tabla 30. Perfil estratigráfico sondeo 1	140
Tabla 31. Perfil estratigráfico sondeo 2	142
Tabla 32. Perfil estratigráfico sondeo 3	144
Tabla 33. Áreas de las Geoformas identificadas	198
Tabla 34. Áreas de los rangos de pendientes	199
Tabla 35. Resultado del ensayo de SPT	213
Tabla 36. Perfiles del suelo, fuente NSR 10	213
Tabla 37. Fórmulas para el cálculo de Vs	214
Tabla 38. Cálculo de Vs	214
Tabla 39. Relación entre el ángulo de fricción interna efectivo y el peso específico seco para suelos granulares (navfac, 1971)	215
Tabla 40. Parámetros obtenidos correlacionando N	216
Tabla 41. Evaluación preliminar de la Amenaza	228
Tabla 42. Clasificación de la amenaza según el factor de seguridad	229
Tabla 43. Amenaza actual de los proyectos	230
Tabla 44. Tabla de identificación de amenazas naturales	231
Tabla 45. Tabla de identificación de amenazas naturales	232
Tabla 46. Tabla de identificación de amenazas naturales	232
Tabla 47. Amenazas y Escenarios de posibles siniestros	234
Tabla 48. Escenarios debido a las amenazas	243
Tabla 49. Gravedad (G) de las consecuencias a la salud y la vida humana (VICTIMAS)	244
Tabla 50. Gravedad (G) de las consecuencias a la afectación ambiental (DAÑO AMBIENTAL)	244
Tabla 51. Gravedad (G) de las consecuencias a otros factores de vulnerabilidad (Pérdidas materiales y/o económicas y Pérdida de imagen)	245
Tabla 52. Estimación de la Gravedad para los escenarios de emergencia	245
Tabla 53. Valoración de la probabilidad (P)	246

Tabla 54. Estimación de la probabilidad de los escenarios	246
Tabla 55. Cálculo del Riesgo	253
Tabla 56. Valores de riesgo	254
Tabla 57. Matriz de aceptabilidad del riesgo	255
Tabla 58. Perfil de Riesgos del sistema	255
Tabla 59. Niveles de vulnerabilidad y aceptabilidad del sistema	256

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ENSAYOS DE LABORATORIO PARQUE DEL AGUA	263
ANEXO B. ENSAYOS DE LABORATORIO MONUMENTO AL SANTÍSIMO	288
ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO PROYECTO DE VIVIENDA LA CUMBRE	314

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DE LOS PROYECTOS ACUAPARQUE, MONUMENTO AL SANTÍSIMO Y GETSEMANÍ*

AUTORES: VALENCIA PINZÓN Edwin Fernando**

DESCRIPCION

El presente trabajo final de Maestría tiene por objeto principal plantear una propuesta metodológica en el análisis de riesgos, planteando 3 escenarios diferentes en los cuales se presentan diferentes tipos de análisis geotécnicos.

Este proyecto se desarrolló a manera de aplicación y análisis de dos megaproyectos que se van a desarrollar en Santander y son liderados por la Corporación Parque Nacional del Chicamocha PANACHI y un proyecto de vivienda en un sector del barrio la cumbre.

Con estos tres diferentes escenarios, se analizan los conceptos asociados a la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por fenómenos de remoción en masa y asentamientos en taludes rocosos y en suelos residuales.

Como resultado de este estudio, se plantea una metodología cuyos resultados podrán ser objeto de posteriores investigaciones afines al tema en estudio. En la actualidad, los análisis de riesgos y los actuales eventos que han azotado al país, han encendido la alarma para que los geotecnistas se preocupen por estudiar y desarrollar este tema, más aún cuando los desastres naturales están vinculados a un manejo político y económico donde los recursos que a su vez son tan escasos no se puedan aplicar a las soluciones necesarias de cada necesidad.

La Vulnerabilidad social no se encuentra dentro del alcance de este proyecto, pero es un capítulo muy importante que queda abierto a posteriores estudios.

Se trabajaron 3 proyectos los cuales fueron escogidos para lograr describir 3 escenarios diferentes en el análisis de los procesos geológicos y geotécnicos que enmarcan cada uno de ellos y poder elaborar diferentes modelos geotécnicos que nos sirvan de referencia en el análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo de cada uno de ellos y así determinar una metodología más acorde con los fenómenos encontrados en la naturaleza a la hora de evaluar estos parámetros.

* Trabajo de grado

** Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.
Director: PhD. Ing. Vladimir Merchán Jaimes.

ABSTRACT

TITLE: THREAT AND RISK EVALUATION BY LANDSLIDES PHENOMENA TO THE PROJECT ACUAPARQUE, MONUMENTO AL SANTÍSIMO AND GETSEMANI*

AUTHOR: VALENCIA PINZÓN Edwin Fernando**

DESCRIPTION

This final work of master's degree aims main raise a methodological proposal on risk analysis, considering 3 different scenarios in which different types of geotechnical analysis are presented.

This project was developed way of application and analysis of two megaprojects that are going to develop in Santander and are led by the National Park Corporation of the Chicamocha PANACHI and a housing project in an area of the LA CUMBRE neighborhood.

With these three different scenarios, discusses the concepts associated with the threat, vulnerability, and risk by phenomena of removal in mass and settlements on Rocky slopes and in residual soils.

As a result of this study, there is a methodology whose results may be subject to further investigations related to the subject in study. Currently, risk analysis and current events that have plagued the country, have ignition the alarm so the geotecnist worry about study and develop this theme, even more so when natural disasters are linked to political and economic operation where resources which in turn are so scarce may not apply to the necessary solutions for every need.

Social vulnerability is not within the scope of this project, but it is a very important chapter that remains open to further study.

Worked 3 projects which were chosen to describe 3 different scenarios in the analysis of the geologic and geotechnical processes that frame each one of them and able to develop different geotechnical models that we serve as a reference in the analysis of the threat, vulnerability, and risk of each of them and thus determine one methodology consistent with the phenomena found in nature when evaluating these parameters.

* Work degree

** Industrial University of Santander. Faculty of physicomechanical. School of Civil Engineering. Director: PhD. Merchan Ing.Vladimir Jaimes.

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo final de Maestría tiene por objeto plantear una propuesta metodológica encaminada a la evaluación de riesgos secundarios a causa de procesos de remoción en masa. Este tema es de particular interés no sólo para la Geotecnia Colombiana, sino para todos los frentes de desarrollo de la infraestructura, pues se han dado varios desarrollos en diferentes campos como respuesta a la necesidad imperante de prevenir, mitigar y corregir los efectos secundarios que se producen por los fenómenos geotécnicos.

Se trata de un documento teórico de compilación a lo largo del cual se expondrán cada uno de los conceptos asociados a riesgo, vulnerabilidad y amenaza en cada uno de los escenarios considerados. La propuesta que se plantea, busca analizar la estabilidad de dos de los megaproyectos propuestos por la gobernación de Santander, El primero de ellos se desarrolla en un talud en roca, el segundo en un talud en suelo; se analizó un tercer talud el cual representa un caso típico de amenaza por remoción en masa de una ladera que está siendo intervenida por el fenómeno de expansión urbana en un sector de la cumbre.

El estudio que se abarca con esta propuesta se enmarca dentro la estabilidad de taludes y la susceptibilidad de estos a sufrir deslizamientos.

A lo anterior se podría decir que en la superficie terrestre, la gravedad empuja continuamente los materiales hacia los niveles inferiores. Los problemas que presenta la estabilidad de taludes, tanto naturales como excavados, han sido objeto de análisis en varios dominios de la actividad humana y con especial atención en los incluidos en la ingeniería civil; para finalmente, una vez evaluada la adaptabilidad de los estudios existentes en cada uno de los sectores, plantear como resultado final una metodología cuya aplicación y ventajas o desventajas de acuerdo con los resultados obtenidos, serán objeto de posteriores investigaciones

relacionadas con el mismo objeto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Plantear una propuesta metodológica para la evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa y asentamientos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica de los estudios realizados de amenaza y riesgo por remoción en masa y asentamientos de estructuras especiales.
- Analizar un talud en roca para la evaluación de la amenaza por deslizamiento.
- Analizar un talud en suelo para la evaluación de la amenaza por asentamientos.
- Analizar un talud en suelo para la evaluación de la amenaza por remoción en masa.
- Aplicar dos metodologías para la evaluación de riesgos debidos a procesos de remoción en masa y asentamientos en roca y en suelo.

1. ESTADO DEL ARTE

El término más comúnmente usado para designar los movimientos producidos en los taludes es el deslizamiento. Dicho término implica movimientos de taludes formados por diferentes clases de materiales (roca, suelo, rellenos artificiales o combinaciones de los mismos) a través de una superficie de rotura determinada. Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas.

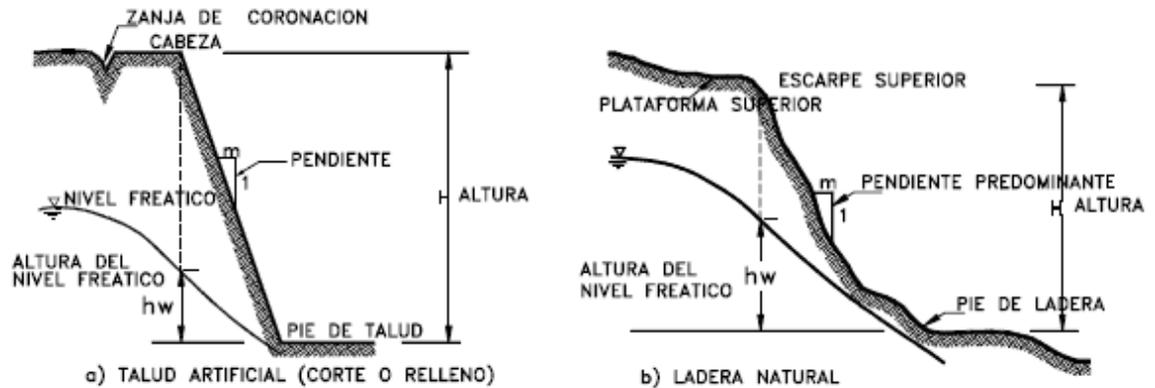
Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (Figura 1)

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad.

Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Además, se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas.¹

¹ Suarez, Jaime. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.

Figura 1. Nomenclatura de Taludes y Laderas



Los condicionantes que en general definen la susceptibilidad de un talud a deslizarse se pueden definir como:

- La potencia del terreno susceptible al movimiento,
- La estratificación,
- La fisuración,
- Los movimientos tectónicos que determinen superficies inestables,
- La facilidad del terreno para fracturarse, erosionarse y/o meteorizarse,
- La existencia de niveles de despegue,
- La disponibilidad de agua,
- La presencia y densidad de determinadas comunidades vegetales,

- Las actividades humanas que inducen a cambios en el terreno, y
- Las vibraciones bruscas, que inicien los desplazamientos en situaciones de estabilidad neutra.

Para la estabilización de taludes se tienen diversos modelos de análisis que buscan de algún modo definir la estabilidad de un talud en términos de un factor de seguridad (FS) (Suárez, J.), obtenido de un análisis matemático de estabilidad. El modelo debe tener en cuenta la mayoría de los factores que afectan la estabilidad. Estos factores incluyen geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas de tensión, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc.,

1.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS UNIVERSALMENTE CONOCIDOS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD.

1.1.1 Método de tablas o número de estabilidad. Para taludes simples homogéneos se han desarrollado tablas que permiten un cálculo rápido del Factor de Seguridad. Existe una gran cantidad de tablas desarrolladas por diferentes Autores. La primera de ellas fue desarrollada por Taylor en 1937 y 1948, las cuales son aplicables solamente para análisis de esfuerzos totales, debido a que no considera presiones de poro.

1.1.2 Método del talud infinito. En las condiciones en las cuales se presenta una falla paralela a la superficie del talud, a una profundidad somera y la longitud de la falla es larga comparada con su espesor, se puede utilizar en forma precisa aproximada, el análisis de talud infinito. Es un sistema muy rápido y sencillo para determinar el Factor de seguridad de un talud, suponiendo un talud largo con una capa delgada de suelo, en el cual cualquier tamaño de columna de suelo es representativo de todo el talud.

Suposiciones:

- Suelo isotrópico y homogéneo
- Talud infinitamente largo
- Superficie de falla paralela al talud

1.1.3 Método del bloque deslizante. El análisis de bloque puede utilizarse cuando existe a una determinada profundidad, una superficie de debilidad relativamente recta y delgada. La masa que se mueve puede dividirse en dos o más bloques y el equilibrio de cada bloque se considera independientemente, utilizando las fuerzas entre bloques. No considera la deformación de los bloques y es útil cuando existe un manto débil o cuando aparece un manto muy duro sobre el cual se puede presentar el deslizamiento.

1.1.4 Método Ordinario o de Fellenius. Conocido también como método Sueco, método de las Dovelas o método U.S.B.R. Este método asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas verticales, obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de estas fuerzas obtiene el Factor de Seguridad. Las fuerzas que actúan sobre una dovela son:

- a. El peso o fuerza de gravedad, la cual se puede descomponer en una tangente y una normal a la superficie de falla.
- b. Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que actúan en forma tangente a la superficie de falla.

c. Las fuerzas de presión de tierras y cortante en las paredes entre dovelas , las cuales no son consideradas por Fellenius, pero sí son tenidas en cuenta en otros métodos de análisis más detallados.

1.1.5 Método de Bishop. Bishop (1955) presentó un método utilizando Dovelas y teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre las Dovelas.

La solución rigurosa de Bishop es muy compleja y por esta razón se utiliza una versión simplificada de su método, de acuerdo a la expresión:

$$F.S. = \frac{\sum [C' b + (W-ub)Tan\phi' / ma]}{\sum W \text{sen}\alpha}$$

Donde:

$$ma = \text{Cos}\alpha \left(1 + \frac{\text{Tan}\alpha \text{Tan}\phi}{F.S.} \right)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C',ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w \times h_w$

α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

1.1.6 Métodos numéricos y aplicaciones del computador. El auge que ha tomado en los últimos años el uso del computador prácticamente, ha obligado a su empleo para el análisis de estabilidad de taludes, en la mayoría de los casos. Este sistema ha permitido incorporar más información en los modelos de análisis y permite analizar situaciones que no eran posibles con los sistemas manuales. Actualmente se conocen programas comerciales de software para computador, tales como SLOPE/W, SLIDE, PLAXIS, STABLE y TALREN, los cuales permiten de una forma rápida y sencilla obtener los factores de seguridad de taludes o laderas con cierto grado de complejidad y por cualquiera de los métodos de análisis. Algunos métodos emplean los elementos finitos, con muy poco éxito en la estabilidad de taludes específicos, y otros emplean análisis de equilibrio por interacción, siendo este último sistema muy empleado universalmente.

Análisis por elementos finitos El método de elementos finitos resuelve muchas de las deficiencias de los métodos de equilibrio límite, este método fue introducido por Clough y Woodward (1967). El método esencialmente divide la masa de suelo en unidades discretas que se llaman elementos finitos. Estos elementos se interconectan en sus nodos y en bordes predefinidos. El método típicamente utilizado es el de la formulación de desplazamientos, el cual presenta los resultados en forma de esfuerzos y desplazamientos a los puntos nodales. La condición de falla obtenida es la de un fenómeno progresivo en donde no todos los elementos fallan simultáneamente. Wong (1984) menciona la dificultad de obtener factores de seguridad a la falla. Aunque su utilización no está muy expandida existen algunos programas de análisis de estabilidad de taludes utilizando métodos numéricos. De estos se conocen los programas FLAC, UDEC (Benko-Stead-1993), PLAXIS entre otros.

En el método FLAC los materiales son representados por zonas para formar una malla de acuerdo a la geometría y se puede seleccionar una variedad de relaciones esfuerzo/deformación.

En el método UDEC el talud se divide en bloques de acuerdo al sistema de juntas o grietas, los cuales pueden ser rígidos o deformables.

Establecido el factor de seguridad por cualquiera de los métodos de análisis se debe tener en cuenta que cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa, generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas.

La zonificación de sitios con susceptibilidad a movimientos en masa, basados en factores de seguridad, es una herramienta muy útil para la toma de decisiones,

especialmente en las primeras etapas de planeación de un proyecto. La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas, de acuerdo al grado real o potencial de amenaza o de riesgo a movimientos en masa.

Una vez estudiado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención control o estabilización. Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos, políticos; con una gran cantidad de variables en el espacio y en el tiempo.

A continuación se presentan algunas de las metodologías que se han utilizado para disminuir o eliminar el riesgo a los deslizamientos de tierra:

Prevención: La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa del estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada.

Elusión de la Amenaza: Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza de deslizamiento.

Control: Métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consisten en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construyen abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado.

1.2 ESTABILIZACIÓN

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

1. Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
2. Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
3. Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

1.2.1 Conformación del talud o ladera. Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.

1.2.2 Recubrimiento de la superficie. Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial.

El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

1.2.3 Control de agua superficial y subterránea. Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y / o aumentando las fuerzas resistentes.

1.2.4 Estructuras de contención. Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes. Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero.

Cada tipo de estructura tiene un sistema diferente de trabajo y se deben diseñar de acuerdo a su comportamiento particular.

1.2.5 Mejoramiento del suelo. Métodos que aumenten la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado.

1.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA

Con excepción de los casos de rocas sanas completamente sin fracturas, los cuales son muy raros, la mayoría de las masas de roca deben ser consideradas como un ensamble de bloques de roca intacta, delimitados en tres dimensiones por un sistema o sistemas de discontinuidades.

Estas discontinuidades pueden ocurrir de una forma errática o en forma repetitiva como grupos de discontinuidades. Este sistema de discontinuidades usualmente, se le conoce como fábrica estructural de la masa de roca y puede consistir de orientación de granos, estratificación, juntas, foliaciones y otras discontinuidades de la roca.

En la mayoría de los casos las propiedades ingenieriles de la roca fracturada, tales como resistencia, permeabilidad y deformabilidad, dependen más de la naturaleza de la fábrica estructural, que de las propiedades de la roca intacta.

Se requiere para realizar el análisis, el conocer las siguientes propiedades de la fábrica estructural:

- a. Orientación.** Representada por dos parámetros rumbo y buzamiento.

- b. Persistencia o continuidad.** La persistencia determina el tamaño de los bloques o masas que podrían moverse.

- c. Espaciamiento.** La distancia entre dos discontinuidades de la misma familia y junto con la persistencia definen el tamaño de los bloques.

- d. Propiedades de la superficie de la discontinuidad.** La forma y rugosidad de la discontinuidad que tiene un efecto importante en la resistencia al cortante.

- e. Relleno.** La abertura y minerales de relleno así como sus propiedades de resistencia, influyen en forma significativa en la estabilidad de los macizos rocosos. El primer paso es analizar la orientación de las discontinuidades y el segundo paso es el análisis de estabilidad o equilibrio para comparar las fuerzas actuantes con las fuerzas resistentes.

Tipos de falla. Generalmente se analizan cinco tipos de falla así:

- a. Falla planar.** Controlada por una sola discontinuidad.

- b. Falla de cuña.** Controlada por dos discontinuidades.

- c. Falla en escalera.** Controlada por varias discontinuidades a diferentes niveles.

d. Falla por volteo. Involucra columnas de roca definidas por discontinuidades de buzamiento de gran magnitud.

e. Fallas circulares. Ocurren en masas rocosas que están muy fracturadas o compuestas de material con muy baja resistencia al cortante.

1.3.1 Análisis estereográfico de la estructura. Desde el punto de vista de análisis, la característica más importante de una discontinuidad es su orientación (rumbo y buzamiento). La interpretación de los datos geológicos estructurales requiere del uso de proyecciones estereográficas que permiten la representación en dos dimensiones, de datos en tres dimensiones. Las proyecciones más comúnmente utilizadas son la red de áreas iguales y la red polar

Para efectos prácticos se recomienda analizar las referencias de Hoek y Bray (1981,1980) y de Goodman (1976). En este caso los planos son representados por líneas y las líneas son representadas por puntos, considerando solamente las relaciones angulares entre líneas y planos.

El concepto fundamental de la proyección estereográfica es una esfera que tiene una orientación fija de su eje relativo al norte y su plano ecuatorial, relativo al horizontal. La localización de los puntos corresponde a una línea y la intersección de dos planos se define como una línea. Las proyecciones estereográficas se pueden presentar como puntos con sus respectivos símbolos o por medio de contornos de áreas²

Análisis de falla planar

Las fallas planas ocurren a lo largo de una superficie aproximadamente plana y se analizan como un problema en dos dimensiones. Aunque pueden existir otras

² Suarez, Jaime. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.

discontinuidades que definen los límites laterales de los movimientos, solo se tiene en cuenta el efecto de la discontinuidad principal. El tamaño de las fallas planares puede ir desde unos pequeños metros cúbicos a montañas enteras.

El análisis cinemático tiene en cuenta cuatro condiciones estructurales así:

- a. La dirección de la discontinuidad debe estar a menos de 20 grados de la dirección de la superficie del talud.
- b. El buzamiento de la discontinuidad debe ser menor que el buzamiento de la superficie del talud.
- c. El buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor que su ángulo de fricción.
- d. La extensión lateral de la masa potencial de falla debe ser definida por superficies laterales que no contribuyen a la estabilidad. Si las condiciones anteriores se cumplen la estabilidad puede evaluarse por el método del equilibrio límite. El análisis de estabilidad requiere la solución de fuerzas perpendiculares y paralelas a la superficie de falla potencial.

2. GENERALIDADES DE LOS PROYECTOS

En este capítulo se realizó una breve descripción de los proyectos estudiados con el objetivo de ubicarnos espacialmente y dar una noción de la magnitud de los mismos.

2.1 ACUAPARQUE NACIONAL DEL CHICAMOCHA

El Departamento de Santander buscar posicionarse en el país como el destino turístico por excelencia, gracias a la posición geografía, la calidad de su clima y la calidad de su gente. Por lo tanto, es necesario para llevar a cabo dicha meta, el diseño de la infraestructura turística capaz de percibir el turismo nacional e internacional, partiendo de la base de la apertura del Parque Nacional del Chicamocha el día 3 de diciembre de 2006, durante el Gobierno del Coronel Hugo Aguilar Naranjo, como Gobernador del Departamento de Santander.

Posteriormente el 24 de enero de 2009 se dio al servicio el Teleférico, instalado dentro del mismo Parque que lo une a la Mesa de Los Santos, al llegar a la estación allí construida y terminada el 12 de diciembre del mismo año, bajo la denominación de la Plazuela. Igualmente al término del año 2011 se entregó pavimentada la vía de la Mesa de los Santos entre el sitio conocido como Salim y la estación del Teleférico.

Con base en estas obras adelantadas en los primeros cinco (5) años de la apertura del Parque al público, se busca con este proyecto la continuación del desarrollo del Parque Nacional del Chicamocha, con otros escenarios para el descanso y recreación, es por eso que la construcción del Acuparque Nacional del Chicamocha le permitirá al departamento potencializar su economía.

2.1.1 Objetivo del proyecto

2.1.1.1 Objetivo General. Evaluar la viabilidad de la construcción y operación de un Acuaparque en la zona donde se encuentra ubicado el Parque Nacional del Chicamocha que permita consolidar el área, como resultado del Plan Estratégico definido por la Corporación Parque Nacional del Chicamocha en el 2009, como también de la política del gobierno departamental, en cuanto a la adecuación, fortalecimiento y preservación de la infraestructura turística del Departamento de Santander.

2.1.1.2 Objetivo Específicos

- Analizar la construcción de un Acuaparque en el costado oriental del actual Parque Nacional del Chicamocha (al otro lado de la vía Bucaramanga – San Gil), en el sitio denominado Ventanas, correspondiente geográficamente al Municipio de Aratoca ubicado a 54 kilómetros de Bucaramanga y a 39 kilómetros de San Gil.
- Se busca caracterizar el lugar con aguas cristalinas, rodeadas de un entorno que permita la relajación mental y física, que combine con la infraestructura del Parque Nacional del Chicamocha, factores que harán del Acuaparque un lugar exquisito para descansar en familia, divertirse, tomar el sol y disfrutar de alguna comida típica de la región.
- Disfrutar del paisaje del Cañón del Río Chicamocha, de su calor, su brisa, en un lugar agreste mirando hacia la población de Cepitá que se encuentra sobre la orilla del río.
- Diseñar una infraestructura atractiva, con estrategias de servicios de calidad, que permita convertir el lugar en una atracción turística municipal,

departamental, nacional y porque no internacional, con servicios adecuados y atrayentes a las personas que lo visitarán.

- Ser otra atracción importante en la ruta de Bucaramanga – San Gil, que les permita a los turistas disfrutar de un día completo de esparcimiento variado, junto con el Parque Nacional del Chicamocha, sus atracciones internas y del Teleférico que une El Cañón con la conocida y atractiva Mesa de Los Santos.

2.1.2 Definición del proyecto. El proyecto consiste en la construcción y operación de un Acuaparque, por parte de la Corporación Parque Nacional del Chicamocha, como un atractivo contiguo al Parque actual, que permita ampliar el turismo de la zona, con esparcimiento natural y familiar, conformado con especiales espejos de agua, que inviten al disfrute, relajación y sobre todo al esparcimiento familiar, que le hace mucha falta al Departamento de Santander, en donde no existe un lugar de similares características.

2.1.3 Justificación. Dentro de las premisas que justifican la construcción y operación del Acuaparque (ver figura 1), se encuentran principalmente las definidas en el Plan Estratégico definido en el 2009 para su posicionamiento nacional e internacional:

- Un nuevo concepto que complemente la oferta del Parque Nacional del Chicamocha y jalonen el turismo nacional e internacional.
- Generar ingresos adicionales propios para la Corporación, que permitan la reinversión para potenciar los atractivos turísticos del Parque Nacional del Chicamocha.

- Aportar a un nicho de mercado de familias que buscan una experiencia de integración y unión familiar, que permita el disfrute a todos sus miembros, dentro de un contexto admirable de la naturaleza, como lo es el Cañón del Chicamocha.
- Construir un proyecto que contempla en tema acuático, dentro de un panorama de aridez, característico del Cañón del Chicamocha, que permita un disfrute refrescante de la zona.

2.1.4 Descripción del servicio que ofrece

2.2.4.1 Principales. El Acuaparque tendrá un área efectiva de uso de 21.570 metros cuadrados, que contendrá en sus instalaciones las siguientes atracciones acuáticas:

Rio lento: con un recorrido de 500 metros, 0.90 metros de profundidad y 3.20 metros de ancho (ver figura 2 a 4).

Figura 2. Parque acuático



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 3. Parque acuático con río lento



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 4. Modelo constructivo parque acuático



Fuente: Equipo de trabajo

Piscina 1: con área de 206 metros cuadrados, que incluye juegos para niños y una profundidad entre 20 y 60 centímetros.

Piscina 2: con área de 104 metros cuadrados, para uso de mayores y una profundidad de 1,20 metros.

Figura 5. Parque acuático con río lento



Fuente: Equipo de trabajo

Jardines Internos: ocuparán un área de 1.252 metros cuadrados para paseo y disfrute de los visitantes.

2.2.4.2 Obras complementarias. Como todo Parque Acuático tendrá los servicios generales para todos los visitantes, como:

- **Área de parqueaderos:** con una capacidad de 140 vehículos, cuya área será de 4.420 metros cuadrados.

- **Área de Baños:** contará con 23 unidades en la sur del Parque, que ocuparán una superficie de 141 metros cuadrados y 15 unidades en la zona norte, con un área de uso de 105 metros cuadrados. Incluye servicios para discapacitado en ambas zonas.
- **Duchas:** se contará con doce (12) unidades para uso de los visitantes.
- **Zona Comercial:** se construirán seis (6) locales comerciales, en un área de 165 metros cuadrados, destinados básicamente a la venta de artículos para uso de piscinas (gorros, vestidos de baño, flotadores, etc.); expendio de comidas rápidas; venta de suvenires; venta de ropa deportiva y de dulces y helados de diferentes características.
- **Otras áreas:** adicionalmente contará con 247 lockers para uso de los visitantes, escaleras y rampas de acceso a las diferentes instalaciones. También incluirá todos los servicios para los empleados que operaran el Parque.

2.2 PROYECTO MONUMENTO AL SANTÍSIMO EN LA VEREDA HELECHALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA

El Cerro del Santísimo, que se construirá en en el cerro la Judía, se convertirá además en un Ecoparque, para lo cual se contará con un plan que es apoyado por la CDMB, entidad que contribuyó con los terrenos de la finca La Esperanza. El proyecto se convertiría en uno de los sitios turístico-religiosos más destacados de Colombia.

La idea es que el proyecto no solo sea un lugar turístico, sino que se transforme también en un centro de conservación de biodiversidad de la región. El Cerro al Santísimo tiene una incidencia Metropolitana y Regional ya que se desarrollará

sobre un plan que integra los cerros orientales del área metropolitana de Bucaramanga.

Figura 6. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 7. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

La imagen del Santísimo tendrá una altura de 30 metros, similar a un edificio de 10 pisos. Es 3 metros más alta que la del Corcovado en Brasil, al monumento y su mirador se podrá subir utilizando ascensores panorámicos.

Figura 8. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 9. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Se construirá un teleférico desde la finca La Esperanza hasta el Santísimo, que llevará a 1.000 pasajeros por hora, en un recorrido de 1.380 metros. Se levantará un hotel, un restaurante museo, auditorio de convenciones, una plaza para eventos con capacidad para 4 mil personas, un moderno oratorio, y senderos ecológicos, entre otros espacios.

Figura 10. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 11. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 12. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 13. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 14. Proyecto del Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

3. MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)

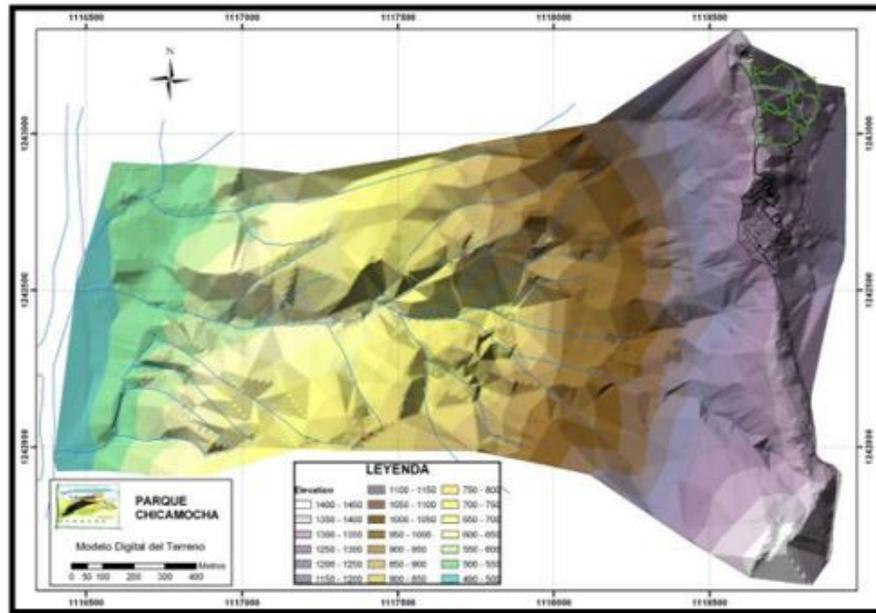
Para concebir el modelo geológico y geotécnico del área de estudio es necesario obtener el MDT con base en la topografía digital, el cual es la base sobre la cual se montan las diferentes coberturas temáticas. Son datos importantes para la elaboración del modelo digital las secciones transversales y la topografía en planta, así como la determinación del mapa de pendientes y el relieve del terreno en estudio.

3.1 PROYECTO PARQUE DEL AGUA UBICADO EN EL PARQUE NACIONAL DEL CHICAMOCHA DEL MUNICIPIO DE ARATOCA.

En la Figura 14 se muestra el MDT y en la Figura 15 el mapa de pendientes obtenido de este.

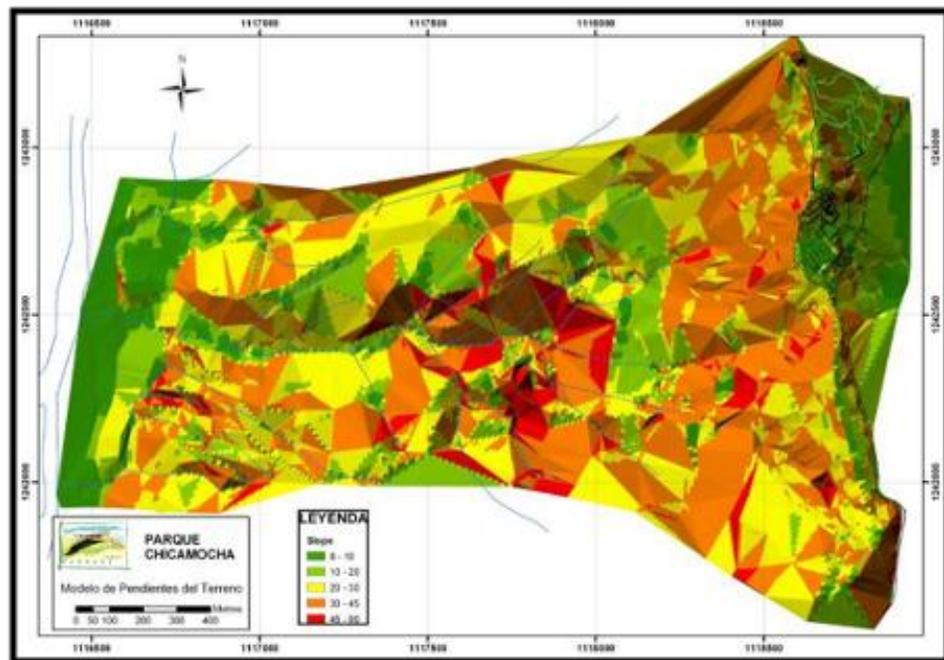
Como se puede observar el área de estudio tiene una variación altitudinal desde 1400 msnm hasta 500 msnm, cuya geomorfología se caracteriza por una zona de pendiente moderada a ligera en la parte superior, donde se proyectan las principales obras del parque, y otra zona de pendientes altas a escarpadas correspondientes a la ladera del cañón.

Figura 15. Modelo digital del terreno Acuparque Nacional del Chicamocha



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 16. Mapa de pendientes del Acuparque Nacional del Chicamocha



Fuente: Equipo de trabajo

3.2 PROYECTO MONUMENTO AL SANTÍSIMO EN LA VEREDA HELECHALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA

3.2.1 Fotos satelitales. Es importante contar con fotografías satelitales; en el proyecto Monumento al Santísimo, por su cercanía al casco urbano de Floridablanca, se pudo obtener un registro de imágenes multi temporales de google earth donde se aprecia el desarrollo de los procesos antrópicos y el deterioro de la cobertura vegetal.

Figura 17. Imagen satelital del lote año 2002



Fuente: Google Earth

Figura 18. Imagen satelital del lote año 2005



Fuente: Google Earth

Figura 19. Imagen satelital del lote año 2009



Fuente: Google Earth

Figura 20. Imagen satelital del lote año 2011



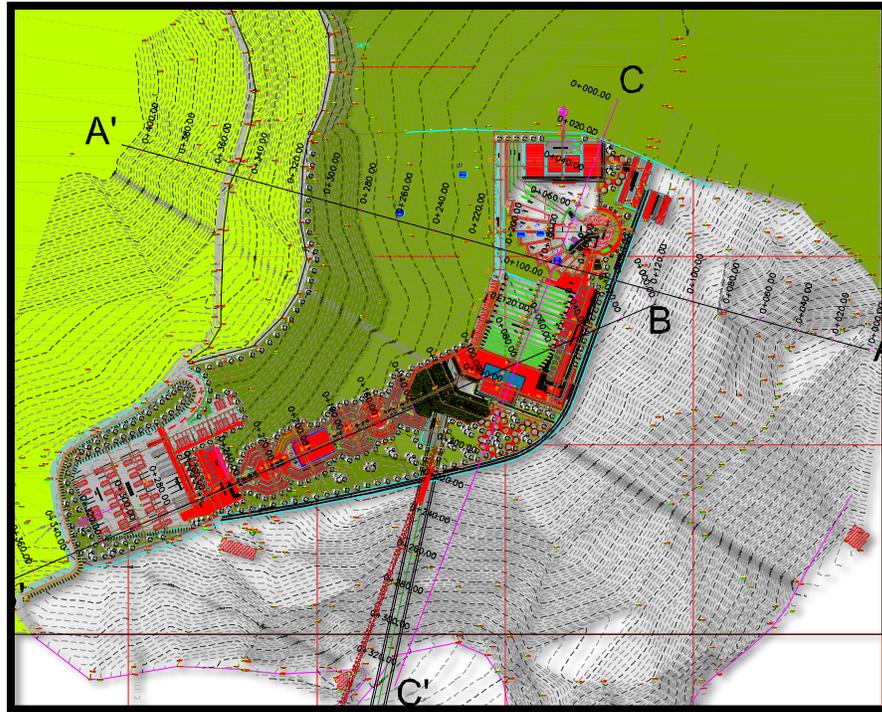
Fuente: Google Earth

En este sector, a pesar de las fuertes pendientes que presenta, se aprecia un avance general de asentamientos humanos y pérdida de la cobertura vegetal, aumentando así la inestabilidad superficial del terreno.

3.2.2 Levantamiento topográfico

3.2.2.1 Topografía en planta. La topografía en planta se realizó por la metodología de obtención de nube de puntos, detallando las principales características del terreno, como ondulaciones, obras existentes, inventarios forestales, etc. Luego esta información es procesada y se obtiene así el modelo digital del terreno MDT, donde se analizaron las pendientes, plantas y secciones transversales necesarias para el diseño de la infraestructura del parque y para el análisis de estabilidad del terreno.

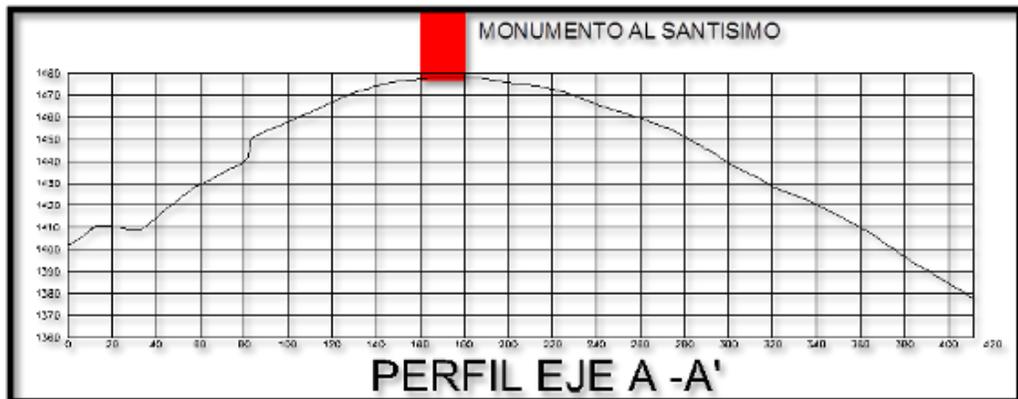
Figura 21. Levantamiento topográfico Parque Monumento al Santísimo



Fuente: Equipo de trabajo

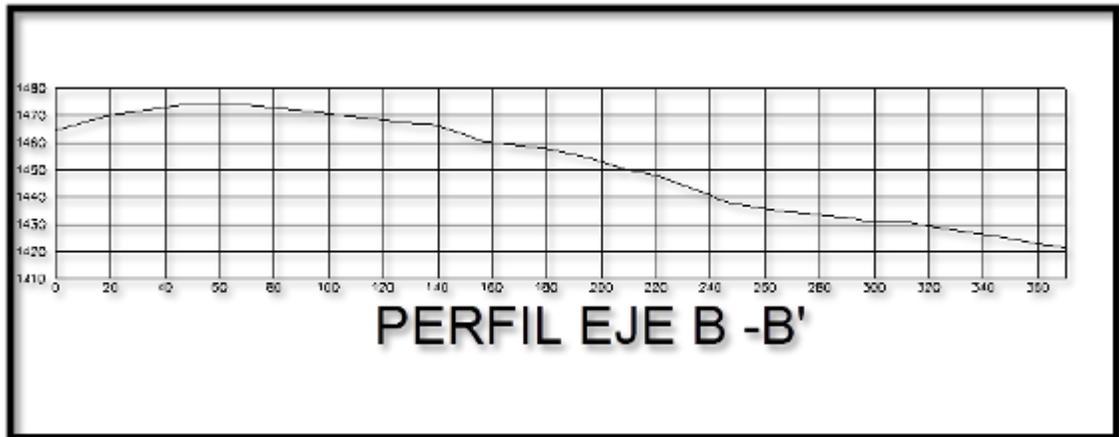
3.2.2.2 Secciones transversales. Se tomaron 3 secciones transversales típicas, donde se observan los diferentes escenarios para el análisis de estabilidad de taludes.

Figura 22. Corte A-A' del terreno



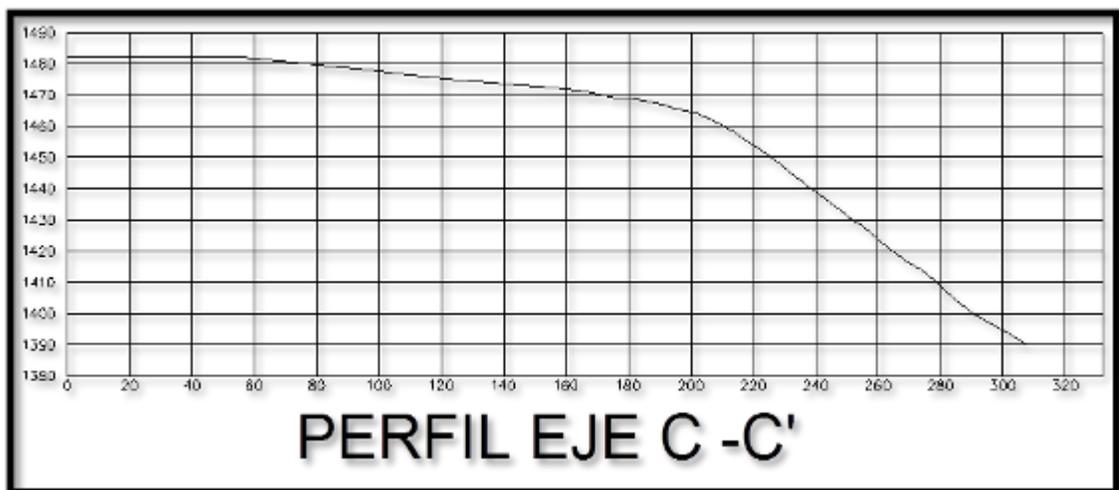
El perfil del eje A-A' (figura 21) representa la condición más crítica por la cercanía a los dos taludes que delimitan el sector donde se construirá el Monumento.

Figura 23. Corte B-B' del terreno



El perfil B-B' representa el sector donde va ubicado el monumento y el desarrollo de la plazoleta y graderías, presentando una pendiente mas leve.

Figura 24. Corte C-C' del terreno



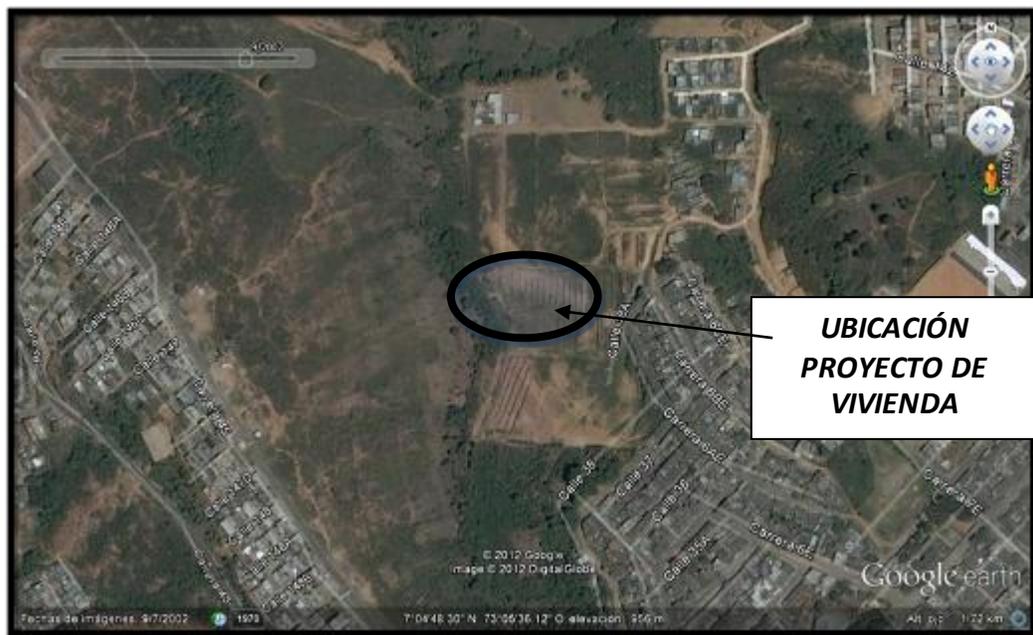
El perfil C-C' (figura 23) es importante, pues allí se proyecta la estación del teleférico.

3.3 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GETSEMANI DEL BARRIO LA CUMBRE

El proyecto de vivienda del Barrio la Cumbre representa el problema típico de zonificación por amenaza alta por remoción en masa donde el control y crecimiento demográfico es de difícil control, a su vez que es imposible frenar el avance de las construcciones, lo que hace necesario tomar medidas rápidas de mitigación del riesgo, ayudando a los propietarios a contrarrestar el peligro latente e informar a los mismos de los riesgos que se pueden presentar si no se adoptan estas medidas.

3.3.1 Fotos Satelitales. En la fotografía 24 tomada del google earth en el año 2002, se ve el avance y el movimiento de tierras sin ningún control, acelerando los fenómenos erosivos y ambientales.

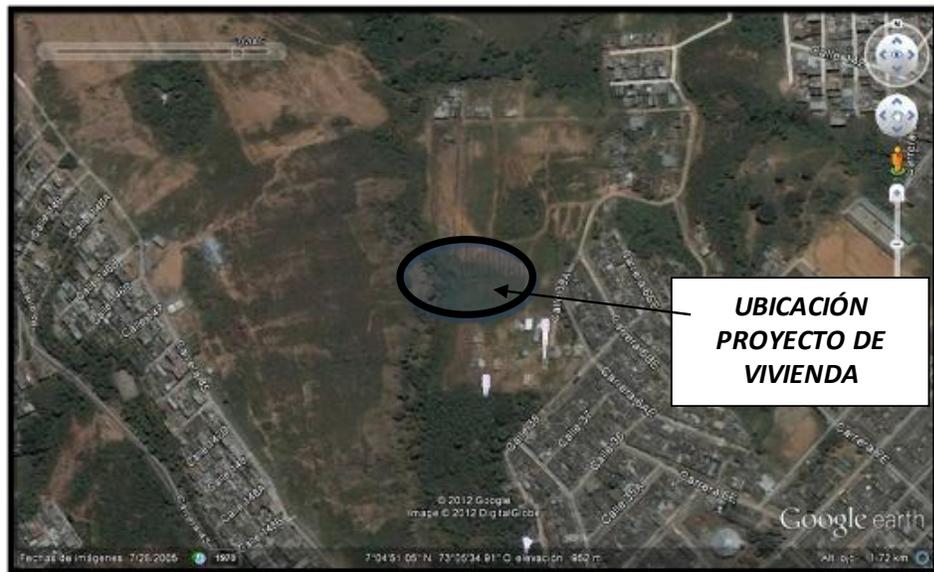
Figura 25. Imagen satelital del lote año 2002



Fuente: Google earth

En el año 2005 (figura 25) se ve el crecimiento de las viviendas vecinas del lote estudiado sin ningún control. En el año 2011 (figura 26) se ve el crecimiento que tuvo el sector, haciendo del lote en estudio el único que no se ha desarrollado.

Figura 26. Imagen satelital del lote año 2005



Fuente: Google earth

Figura 27. Imagen satelital del lote año 2011

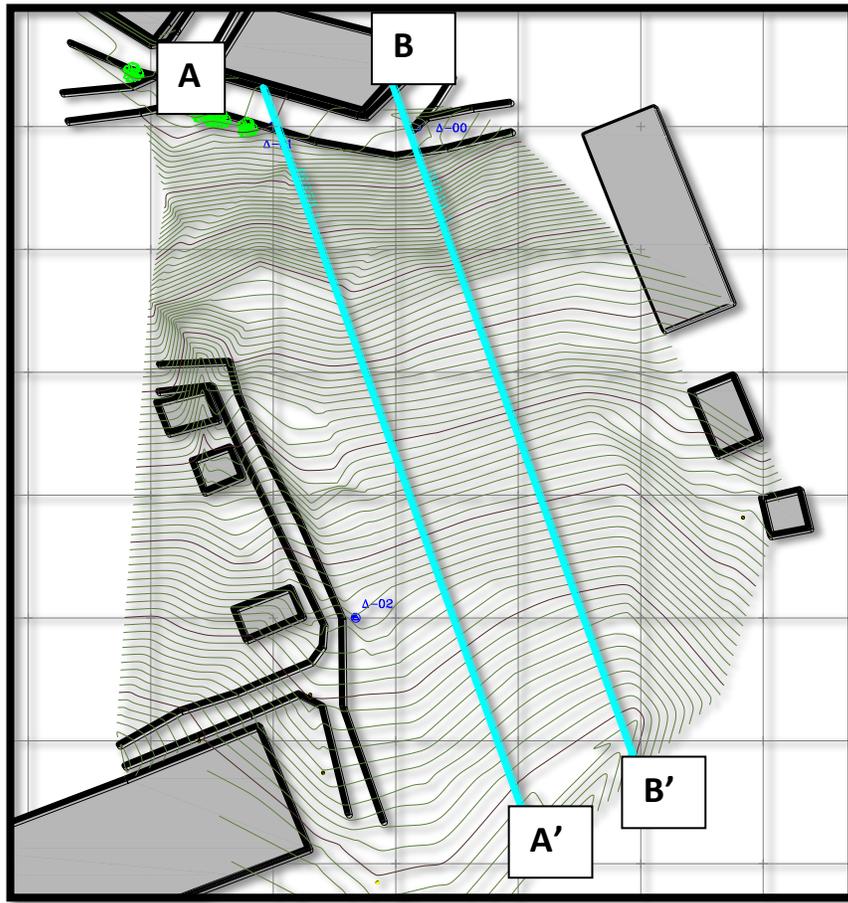


Fuente: Google earth

3.3.2 Topografía. Para la topografía del lote, se realizó un levantamiento general por nube de puntos, donde se sacaron 2 secciones típicas para el análisis geotécnico (figura 27, 28 y 29)

3.3.2.1 Topografía en planta

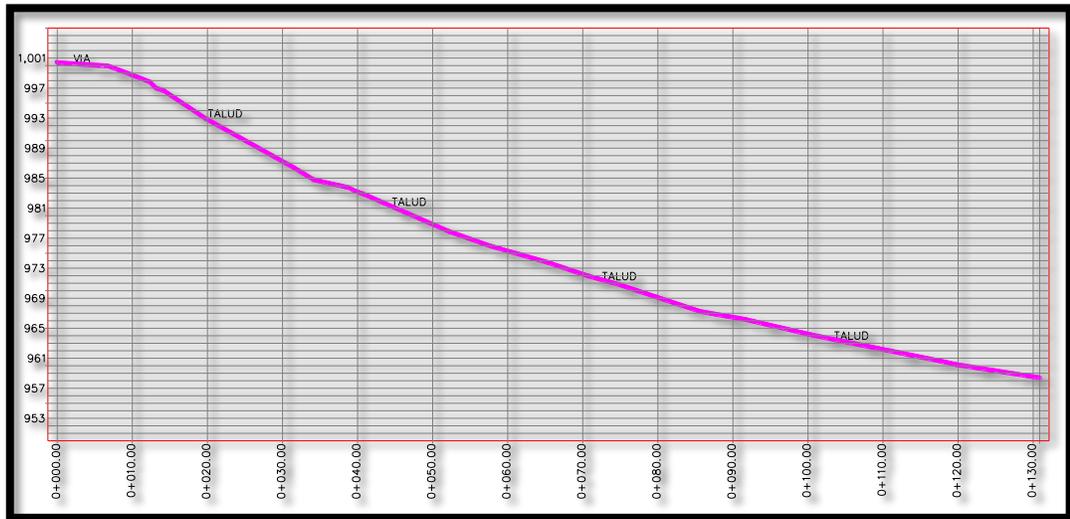
Figura 28. Levantamiento topográfico Proyecto de vivienda Barrio la Cumbre



Fuente: Equipo de trabajo

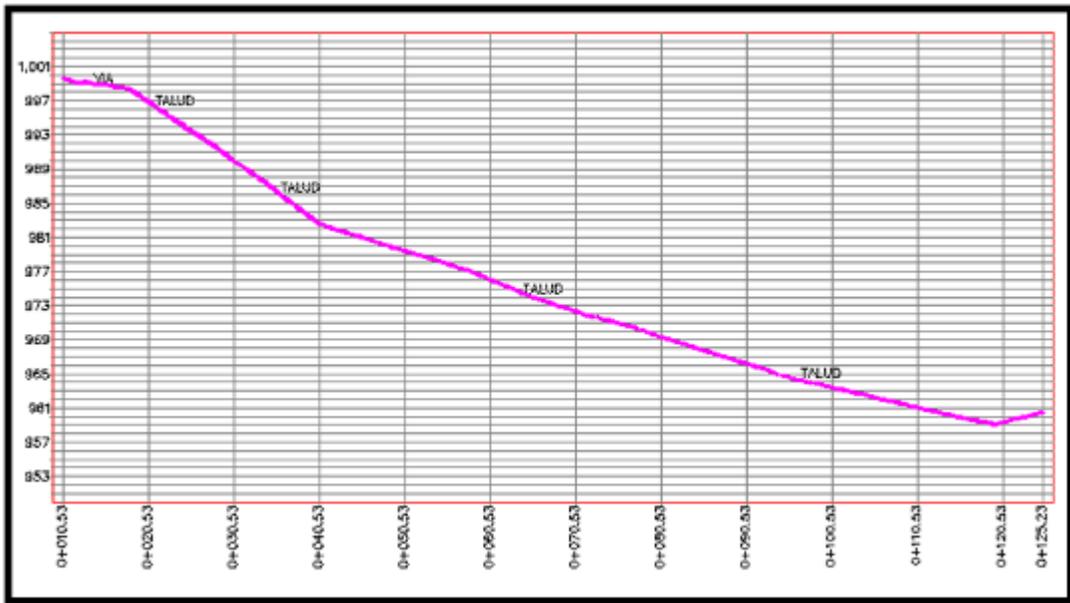
3.3.2.2 Secciones transversales

Figura 29. Corte A-A' del terreno



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 30. Corte B-B' del terreno



Fuente: Equipo de trabajo

4. ELABORACIÓN DE LOS MODELOS GEOTÉCNICOS

En el desarrollo de los modelos geotécnicos se tomó en cuenta cada uno de los escenarios descritos anteriormente, donde se analizaron las diferentes variables que se deben tener en cuenta en la evaluación de la amenaza por factores geotécnicos, estos son:

En el parque del agua, se realizó un modelo geotécnico basado en el análisis cinemático de estabilidad de taludes, donde se calculó la posible superficie de falla y los índices de calidad de la roca y así poder predecir el movimiento y analizarlo por los métodos de equilibrio límite.

En el Monumento al Santísimo se realizó en análisis de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite, donde se calcularon los factores de seguridad y los diferentes círculos de falla, enmarcados en la normatividad de la CDMB, en condiciones estáticas y dinámicas. Se correlacionó el ensayo de SPT, con los datos obtenidos en el ensayo de refracción sísmica y con los diferentes autores para evaluar las propiedades geomecánicas del suelo de fundación.

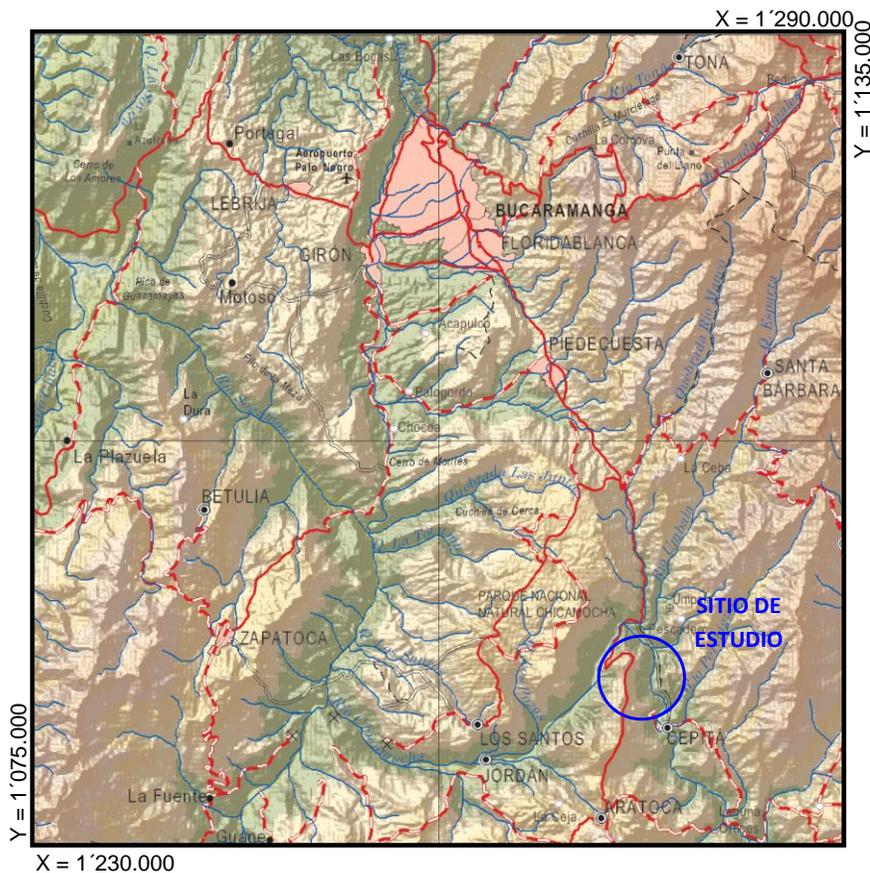
En el proyecto de vivienda del barrio la cumbre se analizó la vulnerabilidad del sector a fenómenos de remoción en masa y se correlacionaron los ensayos de SPT realizados con los datos de refracción sísmica, proponiendo obras de estabilidad para mitigar el riesgo y poder desarrollar el proyecto de vivienda propuesto.

Todos los proyectos anteriormente mencionados se analizaron desde el punto de vista geológico y geomorfológico, enmarcándolos en un ambiente general y local para así poder desarrollar los análisis de riesgo, amenaza y vulnerabilidad de cada uno de ellos.

4.1 PROYECTO PARQUE DEL AGUA UBICADO EN EL PARQUE NACIONAL DEL CHICAMOCHA DEL MUNICIPIO DE ARATOCA.

4.1.1 Localización del proyecto. El Parque del Agua, se construirá en el sitio denominado Caucayá, jurisdicción del Municipio de Aratoaca (ver figura 30), se localiza en el Km. 54 de la vía que de Bucaramanga conduce a la población de San Gil, en el cañón del Chicamocha. Las coordenadas geográficas del acceso al sitio del parque son $73^{\circ} 0' 15''$ W con $6^{\circ} 47' 22''$ N.

Figura 31. Localización del área de estudio.



Fuente: IGAC Plancha topográfica 5-06

4.1.2 Geología. El marco geológico regional, la zona de estudio se encuentra ubicada en la vecindad Norte del municipio de Aratoca, sobre la cordillera Oriental (área afectada por la Falla Bucaramanga – Santa marta), generando una expresión geomorfológica regional abrupta representada por una zona de valles profundos y colinas semi-redondeadas en la zona del gran Cañón del Chicamocha.

En su orden estratigráfico y parcialmente cubiertas por delgados cuerpos cuaternarios, se encuentra la Formación Silgará (ver Figura 30) del devónico suprayaciendo al Neis de Bucaramanga de edad Precámbrico.

Estas rocas de la Formación Silgará presentan en términos generales exposición aceptable, meteorización avanzada, observable a lo largo de las vías de comunicación y cañadas.

4.1.2.1 Formación Silgará (PDs). Nombre propuesto por Ward, D. et al. (1973) para referirse a una secuencia de rocas clásticas metamorizadas de estratificación delgada, compuesta por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea, cuya sección tipo se localiza en la Quebrada Silgará, afluente del Río Salamanca al Occidente de Cáchira.

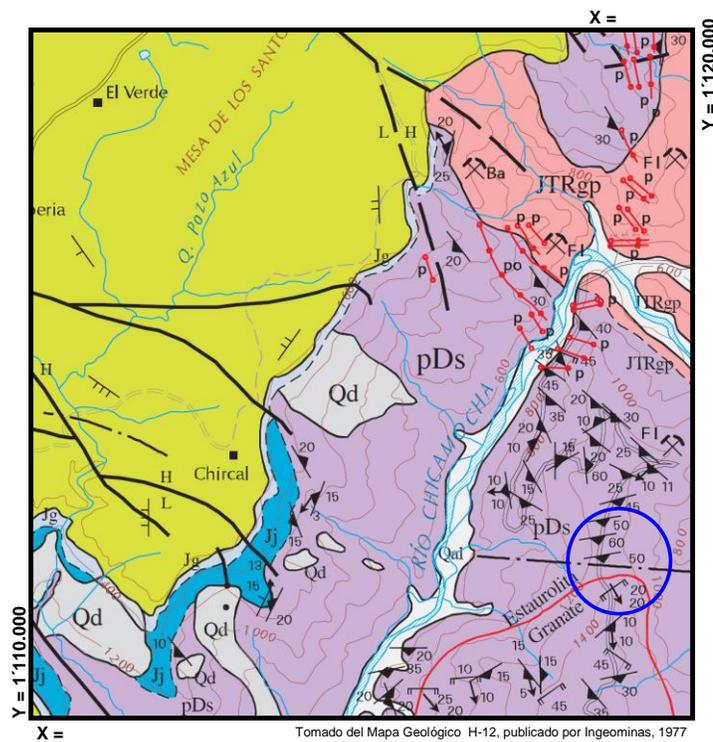
Las relaciones estratigráficas, las diferencias composicionales y algunos datos estructurales, por lo menos sugieren que la Formación Silgará suprayace al Complejo Bucaramanga e infrayace discordantemente a las formaciones El Tibet y Floresta del Devónico.

A la Formación Silgará le han asignado tentativamente una edad del Cámbrico al Ordovícico (WARD, D et al., 1973), equivalente en parte al Grupo Quetame (CAMPBELL, 1965), al Grupo Güejar (TRUMPY, 1943) y posiblemente es

comparable con la Serie de Perijá (RADDELLI, 1962; FORERO, 1969, 1970; TSCHANZ, CH. et al., 1969).

4.1.2.2 Granito de Pescadero (JRgp). Cuerpo ígneo de edad Jurásico, (Granito de Pescadero), el cual aflora a media pendiente del cauce del río Chicamocha y las instalaciones del parque. Se considera una variedad del Batolito de Mogotes. Presenta dos sectores composicionales bien diferenciados: Granito y Cuarzomonzonita. El Granito es de color rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico; está compuesto de plagioclasa (albita), ortoclasa, micropertita y cuarzo en cantidades casi iguales; los accesorios son óxidos de hierro, moscovita, biotita y zircón.

Figura 32. Mapa Geológico regional y de localización del área de estudio



- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qd Coluvión | Jj Formación Jordán |
| KIta Formación Tambor | pDs Formación Silgará |
| Jg Formación Girón | Sitio de Estudio |

La cuarzomonzonita es rosada, gris clara, biotítica, de grano mediano, equigranular a subporfírica, compuesta de cuarzo gris, plagioclasa blanca y feldespato potásico en cantidades más o menos iguales. El feldespato potásico es micropertita en vez de microclina y localmente presenta variaciones a granodiorita.

4.1.2.3 Depósitos Coluviales. Corresponden a depósitos de vertiente o por gravedad conformados por guijos y gujarros de hasta 40 centímetros de diámetro en matriz gravo limosa y arenosa, pertenecientes a la formación Silgará sobre la cual descansa, su espesor en el área de estudio varía entre pocos centímetros hasta 5 metros. Se localizan en pendientes con hasta 70 grados. Al llegar al río Chicamocha conforman abanicos.

4.1.2.4 Depósitos Aluviales. Son depósitos sin consolidar depositados por el río Chicamocha, en forma de barras o playa hasta de 20 m de espesor. En la Figura 31 se ilustra el mapa Geológico de la zona de estudio donde se pueden apreciar las anteriores unidades litoestratigráficas.

4.1.2.5 Geología estructural. En la zona del parque no hay evidencia de fallas, aunque se observan deslizamientos producto del fracturamiento de los esquistos y su fuerte pendiente. En el valle del río Chicamocha se han inferido lineamientos regionales debido a un posible control del cauce del río.

De acuerdo con el Estudio Ambiental del Parque, las rocas en el área de estudio han sido sometidas a moderado fracturamiento en diversos eventos geológicos, que generaron las variaciones en las inclinaciones de la foliación y las diaclasas. En general la inclinación de la foliación es hacia el sureste y varía entre 30° y 90° y las fracturas se presentan espaciadas entre 2 y 4 metros con planos hacia el noroeste.

El Nororiente Colombiano de los Andes es un territorio geológicamente complejo y tectónicamente dinámico; su conformación está relacionada a la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica. El área de Santander por encontrarse dentro de este dominio despierta gran interés y genera discusiones sobre su origen y su conformación geológica.

El territorio santandereano se caracteriza por presentar tres estilos estructurales diferenciables, los cuales identifican tres regiones estructuralmente bien definidas del Departamento: uno de fallamiento en bloques en la región oriental; otro de plegamientos en la región central, y el graben del Magdalena, en la región occidental.

La región Oriental comprende el Macizo de Santander en donde predomina un sistema de fallamiento en bloques de rumbo Norte-Sur a Noreste y un sector de pliegues anticlinales y sinclinales estrechos, ubicados en el extremo más oriental del departamento. La zona de estudio está ubicada en esta región; se destaca principalmente las siguientes fallas geológicas:

4.1.2.6 Falla Bucaramanga Santa Marta. La traza de falla es muy notoria, y continua, tanto en imágenes de satélite como en fotografías aéreas. Controla y enfila numerosos drenajes y su plano de falla sirve de contacto entre litologías con diferente resistencia a los procesos erosivos. A lo largo de la traza se encuentran entallados trayectos importantes de varios drenajes, sobresaliendo por su longitud los ríos Chicamocha, Cáchira, Cáchira sur, de Oro, San Pablo, Negro, San Alberto y la quebrada El Carmen.

Aunque la mayoría de las geoformas de probable origen neotectónico que se identificaron están asociadas a rocas antiguas del macizo de Santander, muchas de ellas están bien preservadas, excepto en el cañón Chicamocha, donde las tasas de erosión dificultan el reconocimiento de las mismas. También se

identificaron rasgos morfotectónicos en depósitos del Cuaternario. En general por ser una zona montañosa de clima tropical, los procesos denudativos destruyen rápidamente los rasgos de neotectónica.

Los rasgos de neotectónica encontrados consisten de lomos de obturación, ganchos de flexión, pasos de montaña en forma de silleta, interfluvios y drenajes desplazados, drenajes deflectados, facetas triangulares, cuaternarios confinados y represados, valles lineales, escarpes de falla, quiebres de pendiente y charcas de falla (sagpond).

4.1.2.7 Falla del Suárez. La traza de la falla es muy notoria y continua, tanto en imágenes de satélite como en fotografías aéreas. Se caracteriza por un marcado contraste topográfico en su lado oeste, resultado de su movimiento principalmente vertical que permite junto con la falla del Carmen la conformación de la serranía de los Cobardes, unido a este rasgo geomorfológico se destacan también el control del río Suárez, la disposición de un gran número de silletas, notorios escarpes, cambios bruscos de pendiente y un plano de falla que sirve de contacto entre unidades litológicas de edades jurásicas y cretáceas correspondiente a una amplia franja dispuesta en la parte central del departamento de Santander.

Los rasgos de neotectónica consisten en silletas, marcados cambios de pendiente, facetas triangulares, drenajes (desplazados, deflectados y alineados), valles lineales, cuaternarios basculados, escarpes de falla, lomos de obturación y ganchos de flexión.

La mayoría de rasgos morfotectónicos, observados, están asociados a rocas antiguas, preferencialmente de edad jurásica del flanco este del anticlinal de los Cobardes, en general con buen grado de preservación y continuidad, pero de escasa identificación en depósitos cuaternarios. En general por ser una zona

montañosa de clima tropical, los procesos denudativos destruyen rápidamente los rasgos de neotectónica.

4.1.2.8 Neotectónica. El término Neotectónica fue originalmente aplicado a la tectónica actuante a partir del Neógeno, es decir a partir del Mioceno. En el presente estudio el término se aplica al estudio de la tectónica en el Cuaternario, incluyendo tanto el Pleistoceno como el Holoceno.

Las fallas que más directamente están relacionadas con el área de estudio y que mayor influencia sísmica podrían tener en un momento dado son el sistema de fallas Bucaramanga- Santa Marta y la falla del Suárez, esto no quiere decir que sísmicamente no podría estar influenciada por otras fallas regionales como las de Boconó, Cimitarra, Frontal, Palestina, Puerto Rondón, Uribante Caparo y Salinas entre otras.

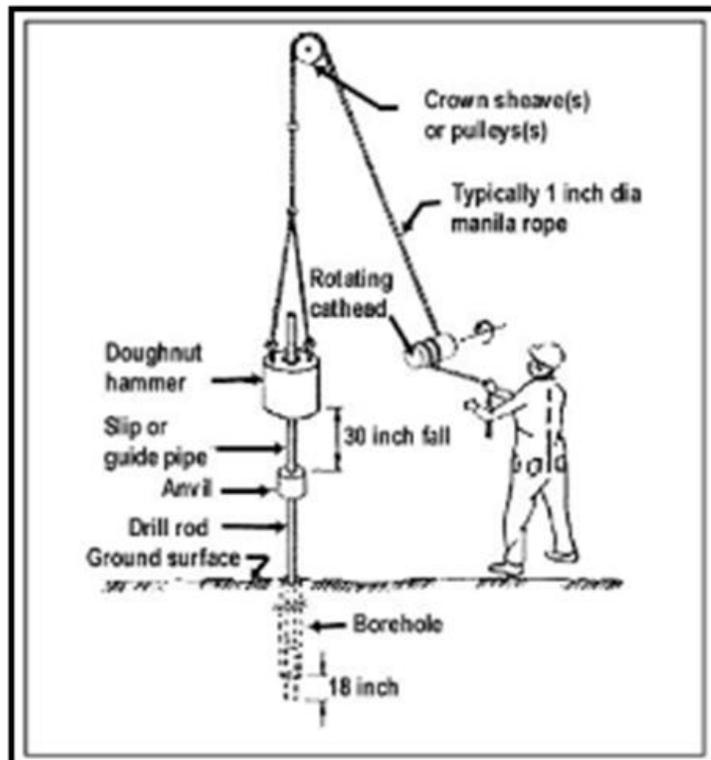
4.1.3 Ensayo de SPT. El ensayo de penetración estándar (SPT), es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se requiere realizar un estudio geotécnico. Siendo así, este ensayo uno de los más utilizados en la ingeniería consiste básicamente en medir el número de golpes necesario para hincar un muestreador (Figura 32) 45 cm en tres intervalos de 15 cm; para la hincada de dicho muestreador se emplea la energía generada por el impacto de un martillo de 63.6 Kg en caída libre desde una altura de 76 cm (Figura 33). Tomando el número de golpes para hincar los 30 cm finales como valor “N”. Este “N” es indicador de la resistencia del material muestreado.

Figura 33. Toma muestras normalizado utilizado en el ensayo SPT con muestra semialterada.



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 34. Esquema ensayo SPT



Fuente: Equipo de trabajo

De acuerdo con el plano de localización (Figura 34), en los sitios indicados en él se efectuaron (5) ensayos SPT, llevados hasta profundidades entre los 4 y 10 mts. La distribución de los sondeos en el predio obedeció a la facilidad de ejecución, teniendo en cuenta la existencia de futuras edificaciones, procurando abarcar toda el área objeto de estudio. A través de ellos se tomaron muestras semi-alteradas de subsuelo, con las que se describe la estratigrafía encontrada

Figura 35. Localización de los sondeos



Fuente: Equipo de trabajo

4.1.3.1 Sondeo 1. El sondeo No. 1 se realizó en la parte superior del talud junto a la entrada del parque, ver fotografía 1, en el cual se encontró un material de relleno de 6 mts de profundidad y después se encontró roca.

En la tabla 1 se presenta el perfil estratigráfico encontrado en el sondeo 1.

Tabla 1. Perfil estratigráfico del sondeo 1.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0'-0"	0'-6"	0'-12"								
0,00			1	8	5	7	12	GC GM	9,26	25,3	19,3	6	21,8	
	1,00			19	19	10	29							
1,00			2	6	9	7	16		5,51					
	2,00				10	11	13							24
2,00			3	12	12	15	27	GM	5,29	N.L.	N.P.	-	21,1	
	3,00				16	22	21							43
3,00			4	17	12	21	33		4,24					
	4,00				18	16	15							31
5,00			5	17	12	8	20	SC SM	5,37	24,6	18,1	6,5	28,1	
	5,00				12	18	35							53
6,00			6	32	45	45	90		4,94					
	6,00				42	44	48							92

Fotografía 1. Ejecución del sondeo No. 1.



La muestra encontrada está compuesta por grava limosa color amarillo azafrán, perteneciente a la formación Silgará (ver fotografía 2), la cual se recuperó y clasificó en el laboratorio (ver fotografía 3)

Fotografía 2. Material encontrado en el sondeo No. 1.



Fotografía 3. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 1.



4.1.3.2 Sondeo 2

Tabla 2. Resultados del sondeo 2.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.M.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0'-0"	0'-6"	0'-12"								
0,00			1	2	1	2	3	Muestra compuesta por grava mal gradada ligeramente arcillosa color amarillo miel	GP GC	6,53	25,9	20,8	5	10,1
	1,00			2	6	6	12							
1,00			2	3	2	3	5		7,68					
	2,00			2	1	3	4							
2,00			3	3	5	3	8	Muestra compuesta por grava mal gradada ligeramente limosa color amarillo azufre	GP GM	6,39	N.L.	N.P.	-	9,7
	3,00			3	3	3	6							
3,00			4	3	4	4	8		5,94					
	4,00			4	3	4	7							
4,00			5	5	5	10	15	Muestra compuesta por grava limosa color amarillo miel	GM	11,58	N.L.	N.P.	-	38,4
	5,00			10	13	12	25							
5,00			6	7	6	9	15		9,51					
	6,00			40	45	54	99							

Fotografía 4. Ejecución del sondeo No. 2.



Fotografía 5. Material encontrado en el sondeo No.2.



Fotografía 6. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 2.



4.1.3.3 Sondeo 3

Tabla 3. Resultados del sondeo 3.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCION	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			6 - 6"	7 - 9"	8 - 12"								
0,00			1	6	7	7	14	Muestra compuesta por grava limosa color amarillo cury	GM	3,58	N.L.	N.P.	-	29,2
	1,00			8	9	10	19							
1,00			2	22	31	36	67		4,17					
	2,00			35	37	48	85							

Fotografía 7. Ejecución del sondeo No. 3



Fotografía 8. Material encontrado en el sondeo No.3



Fotografía 9. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 3.



4.1.3.4 Sondeo 4

Tabla 4. Resultados del sondeo 4.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestras	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCION	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			L - 0'	L - 1'	M - 12"								
0,00			1	13	12	15	27	Muestra compuesta por grava arcillosa ligeramente limosa color amarillo oro	GC GM	5,6	26,6	19,8	6,8	29,5
	1,00			15	15	16	31							
1,00			2	16	18	35	53		5,32					
	2,00			34	46	48	94							

Fotografía 10. Ejecución del sondeo No. 4.



Fotografía 11. Material encontrado en el sondeo No.4.



Fotografía 12. Clasificación de las muestras en el laboratorio del sondeo No. 4.



4.1.3.5 Sondeo 5

Tabla 5. Resultados del sondeo 5.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACIÓN	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	SUCS	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0-5'	5'-10'	10'-15'								
0,00			1	10	11	11	22	Muestra compuesta por grava arcillosa color amarillo miel	GC	8,39	26,4	18,3	8,1	46,5
	1,00			12	12	14	26							
1,00			2	10	10	11	21			10,14				
	2,00			11	10	22	32							
2,00			3	23	30	41	71	Muestra compuesta por grava bien gradada ligeramente limosa color amarillo arena	GW GM	2,61	N.L.	N.P.	-	6,3
	3,00			45	48	56	104							

Fotografía 13. Ejecución del sondeo No. 5.



Fotografía 14. Material encontrado en el sondeo No.5.



4.1.3.6 Sondeo 6

Tabla 6. Resultados del sondeo 6.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCION	SUCS	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200	
DE	HASTA			0'-0"	0'-6"	0'-12"									
0,00		[Coloración de estratificación]	1	4	3	7	10	Muestra compuesta por grava limosa color amarillo pastel	GM	6,51	N.L.	N.P.	-	21,6	
	1,00			8	18	22	40								
1,00			2	18	17	17	34		Muestra compuesta por grava limosa color amarillo arena	GM	4,4	N.L.	N.P.	-	20
	2,00			26	40	28	68								
2,00			3	20	9	7	16		Muestra compuesta por grava limosa color amarillo arena	GM	4,4	N.L.	N.P.	-	20
	3,00			9	9	27	36								
3,00		4	15	13	14	27	Muestra compuesta por grava limosa color amarillo arena	GM	5,55	N.L.	N.P.	-	21,2		
	4,00		15	14	20	34									
4,00		5	26	45	48	93	Muestra compuesta por grava limosa color amarillo pastel	GM	4,4	N.L.	N.P.	-	21,2		
	5,00		46	45	58	103									

Fotografía 15. Ejecución del sondeo No. 6



Fotografía 16. Material encontrado en el sondeo No.6



4.1.3.7 Sondeo 7

Tabla 7. Resultados del sondeo 7.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	SUCES	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO	% PASA 200
DE	HASTA			6"-6"	6"-6"	6"-12"								
0,00			1	2	2	3	5	GC GM	9,07	25,7	19,2	6,5	20,5	
	1,00		3	3	4	7								
1,00			2	3	2	4	6		5,3					
	2,00		5	6	5	11								
2,00			3	7	5	6	11	GC GM	4,83	24,5	18,5	6,1	14,3	
	3,00		5	5	6	11								
3,00			4	5	6	4	10		5,41					
	4,00		3	5	5	10								
4,00			5	7	6	4	10	GC GM	5,33	24,6	18,3	6,3	28,6	
	5,00		4	5	5	10								
5,00			6	5	6	9	15		4,15					
	6,00		8	8	5	13								
6,00			7	17	17	15	32	GC GM	4,47	25,5	18,7	6,8	25,8	
	7,00		11	11	10	21								
7,00			8	6	9	7	16		5,23					
	8,00		14	27	35	62								
8,00			9	27	29	40	69	GM	4,04	N.L.	N.P.	-	19,1	
	9,00		48	22	15	37								
9,00			10	31	46	45	91		7,83					
	10,00		43	42	57	99								

Fotografía 17. Ejecución del sondeo No. 7.



Fotografía 18. Material encontrado en el sondeo No.7.



4.1.3.8 Sondeo 8

Tabla 8. Resultados del sondeo 8.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACIÓN	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0' - 6"	6" - 12"	12" - 18"								
0,00	1,00		1	4	4	5	9	Muestra compuesta por grava mal gradada ligeramente limosa color amarillo azafrañ	GP GM	7,4	N.L.	N.P.	-	10,1
				5	10	8	18							
1,00	2,00		2	5	4	2	6		5,94					
				4	2	2	4							
2,00	3,00		3	6	6	8	14	Muestra compuesta por grava limosa color amarillo miel	GM	10,64	N.L.	N.P.	-	22,9
				6	5	4	9							
3,00	4,00		4	2	3	5	8							
				2	3	5	8							
4,00	5,00		5	6	4	5	9	Muestra compuesta por grava mal gradada ligeramente limosa color amarillo miel	GP GM	6,81	N.L.	N.P.	-	10,8
				3	5	8	13							
5,00	6,00		6	10	25	28	53							
				32	36	41	77							

Fotografía 19. Ejecución del sondeo No. 8



Fotografía 20. Material encontrado en el sondeo No..



4.1.3.9 Sondeo 9

Tabla 9. Resultados del sondeo 9.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCION	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0'-0"	0'-6"	0'-12"								
0,00	1,00		1	11	14	14	28	Muestra compuesta por grava limosa color naranja puro	GM	8,5	N.L.	N.P.	-	13,7
				24	21	18	39							
1,00	2,00		2	14	20	36	56		7,33					
				37	39	47	86							
2,00	3,00		3	BARRENA				Muestra esta compuesta por fragmentos de roca fracturada, material escaso para realizar ensayos de limites de consistencia	-	8,87	-	-	-	18,7
		BARRENA												

Fotografía 21. Ejecución del sondeo No. 9



Fotografía 22. Material encontrado en el sondeo No.9



4.1.3.10 Sondeo 10

Tabla 10. Resultados del sondeo 10.

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0 - 5"	6" - 12"	12" - 18"								
0,00			1	19	15	15	30	Muestra compuesta por grava limosa color beige pardo	GM	5,75	N.L.	N.P.	-	14,9
	1,00			20	25	22	47							
1,00			2	12	12	13	25			4,27				
	2,00			16	18	25	43							
2,00			3	21	23	16	39	Muestra compuesta por arena limosa color amarillo miel	SM	6,26	N.L.	N.P.	-	19,1
	3,00			28	37	45	82							

Fotografía 23. Ejecución del sondeo No. 10



Fotografía 24. Material encontrado en el sondeo No.10



4.1.4 Ensayos de granulometría y clasificación. Para las muestras obtenidas a diferentes profundidades se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 11. Ensayos realizados a las muestras recuperadas

Ensayo	Norma
Granulometría (tamaño de granos)	ASTM D 421-58 y D 422-63
Contenido de humedad	NTC 1495 ASTM D 2216
Limite plástico e Índice de Plasticidad	NTC 1493 ASTM D 4318
Limite Líquido	NTC 1494 ASTM D 4318
Clasificación	NTC 1504 ASTM D 2487
Penetración Estándar	ASTM D-1586-99, INV E-111-07

En el anexo 1, se presentan los ensayos de clasificación de los materiales recuperados en el ensayo de SPT.

4.1.5 Ensayos Geofísicos. Se tomaron los ensayos geoelectricos realizados por el grupo de trabajo de la Corporación Parque Nacional del Chicamocha en el sector en estudio, los cuales se describen a continuación:

El método de prospección geoelectrica mediante la realización de sondeos eléctricos verticales (SEV's), consiste en determinar la resistividad del subsuelo a diferentes profundidades, para así establecer la composición litológica de mismo. Para llevar a cabo esto, se induce corriente eléctrica continua mediante dos electrodos de corriente (A y B), conectados a un amperímetro y se mide la diferencia de potencial mediante otros dos electrodos de potencial (M y N) conectados a un voltímetro.

Los electrodos se ubican de acuerdo a un arreglo ya previsto denominado como dispositivo de Schlumberger. La distancia media entre los electrodos de corriente es proporcional a la profundidad de investigación (al aumentar la distancia entre A y B, es mayor la profundidad de investigación).

Los valores de resistividad (ohm.m) obtenidos en el voltímetro son graficados en sistema bilogarítmico, contra la distancia (en metros) entre los electrodos de corriente. Finalmente estas curvas se interpretan, obteniendo así la resistividad y espesor de las diferentes capas que conforman el subsuelo

Se utilizó un equipo de lectura digital SYSCAL Junior. Para la interpretación de las curvas de resistividad aparente obtenidas en campo se utilizó el programa VES y se ajustó con la geología de la zona, tomada de las trincheras y afloramientos.

Los criterios de selección de los sitios para la realización de los sondeos fueron: distribución aérea, utilidad de la información, disponibilidad de espacio y facilidad de acceso.(Ver Figura 35). Se logró tomar los sondeos mencionados con los AB/2 expuestos en la Tabla 12 y cuya localización (Tabla 13) se hizo por medio de un GPS Marca GARMIN Modelo 12CX de 12 canales.

Tabla 12. Longitud de AB/2 e intensidad de corriente generada en SEV's.

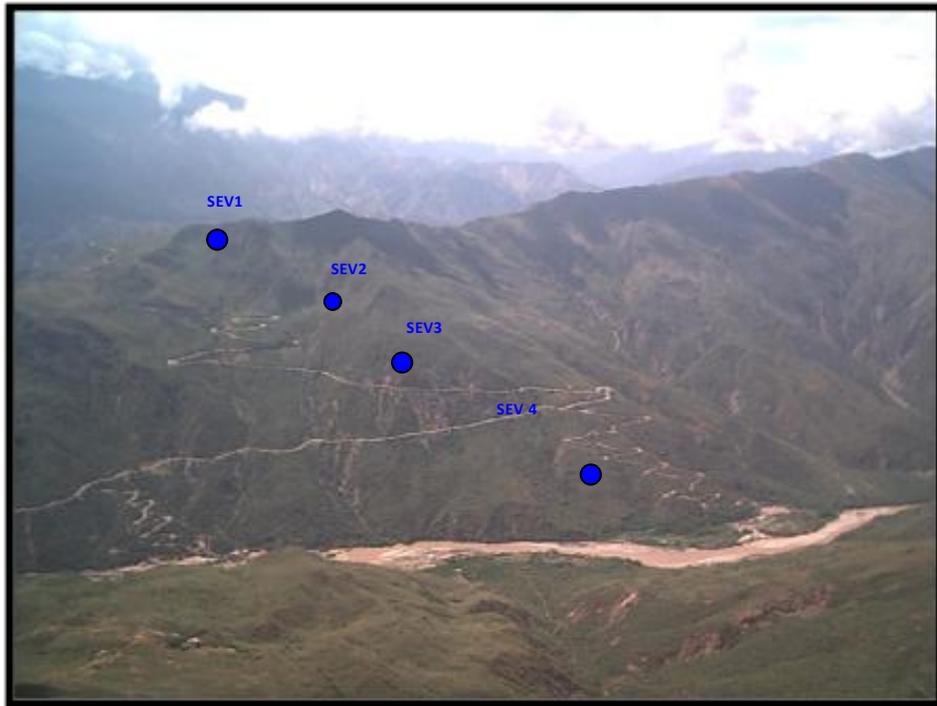
SEV	AB/2 (m)	Intensidad de Corriente (V)	Rumbo Grados
SEV-1	160	50	N35E
SEV-2	160	50	N45E
SEV-3	160	50	N30E
SEV-4	160	50	N40E

Tabla 13. Coordenadas Origen Bogotá de los SEV's

SEV	Coordenada Norte m GPS	Coordenada Este m GPS	Altitud msnm
SEV-1	1,243,049	1,118,691	1360

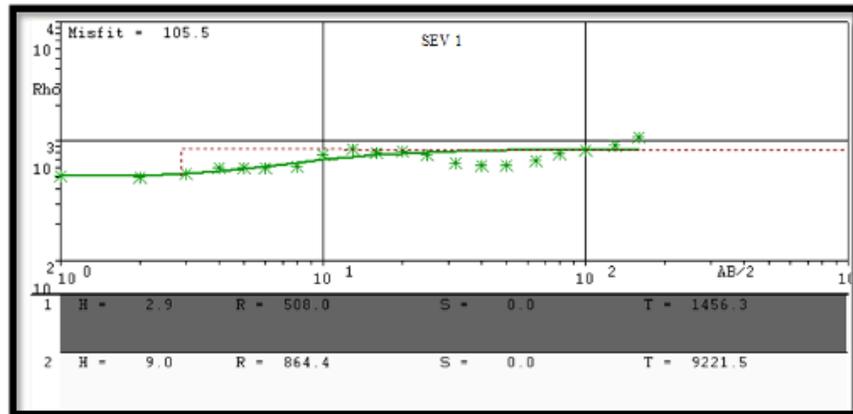
SEV	Coordenada Norte m GPS	Coordenada Este m GPS	Altitud msnm
SEV-2	1,242,912	1,118,020	1030
SEV-3	1,242,488	1,116,586	557
SEV-4			460

Figura 36. Localización de los sondeos geoelectricos



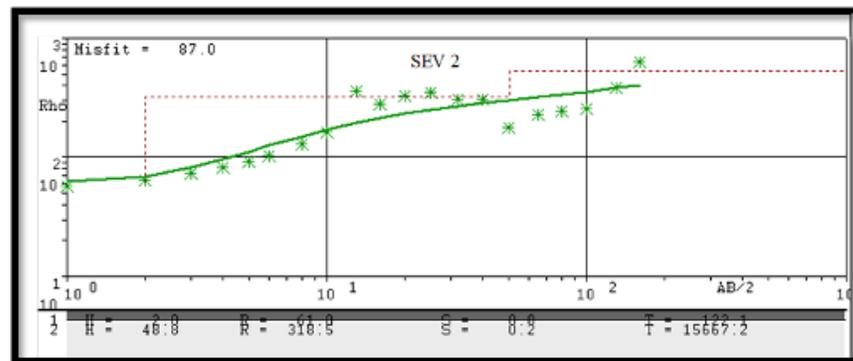
Las curvas obtenidas en los sondeos 1, 2, y 4 son del mismo tipo, indicando que la capa encontrada a mayor profundidad es de mayor resistividad (Figuras 36, 37, 38). Sin embargo en el sondeo 3, a mayor profundidad menor resistividad. Figura 39.

Figura 37. Curva de resistividad Sondeo 1



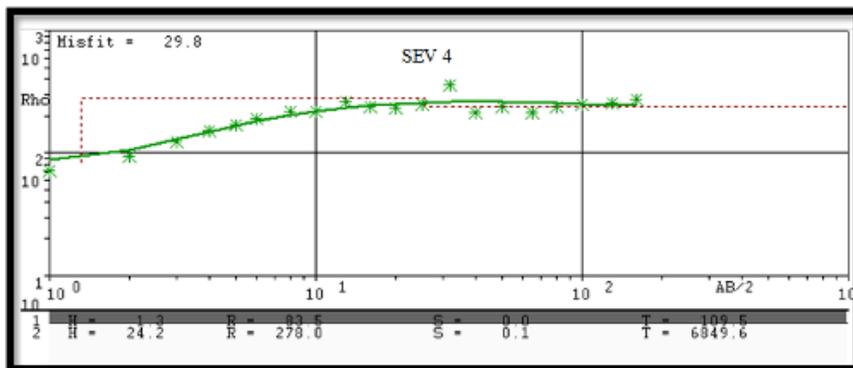
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 38. Curva de resistividad Sondeo 2



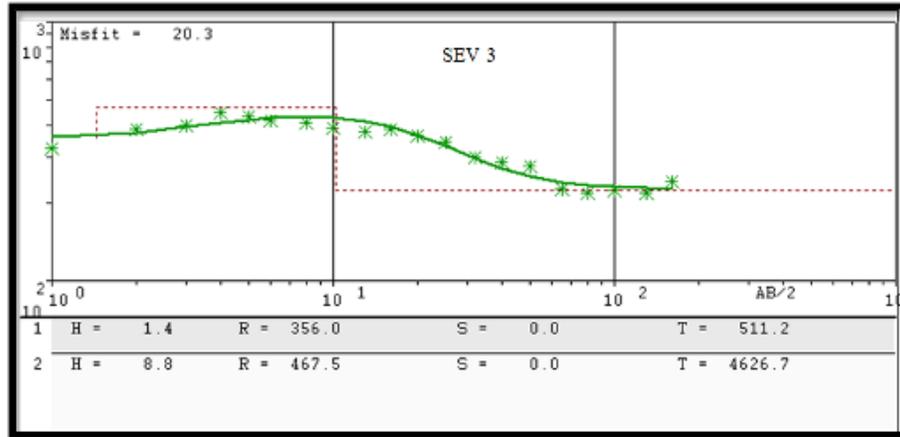
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 39. Curva de resistividad Sondeo 4



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 40. Curva de resistividad Sondeo 3



Fuente: Equipo de trabajo

4.1.5.1 Interpretación de los SEV's. Las curvas obtenidas en campo son sometidas al proceso de ajuste de los empalmes presentados al variar la distancia MN, luego se leen los nuevos valores de resistividad aparente definidos y se llevan a una hoja de cálculo, la cual es a su vez insertada en los programas de interpretación empleados para el presente estudio (VES). Para cada sondeo se ingresa un modelo hipotético y luego éste es refinado por medio de procesos matemáticos, ajustando la curva hasta alcanzar un valor de máxima precisión y obtener el modelo definitivo.

En general las curvas de resistividad obtenidas muestran 2 unidades geoelectricas. Una cobertura delgada de pocos centímetros descansando sobre un material cristalino seco. La interpretación de los sondeos se presenta en la Tabla 5.

Tabla 14. Interpretación de Sondeos

SEV-1 Localizado en el sitio del Monumento				
Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm.m)	Unidad Geoeléctrica	Interpretación
0,0 – 0.15	0,3	500	I	Suelo
0,15 – 2.9	2.6	600	IIA	Roca meteorizada húmeda
2.9 – 160	157	700	II	Roca metamórfica seca (Esquisto)
SEV-2 Localizado pendiente abajo de las instalaciones del parque				
Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm.m)	Unidad Geoeléctrica	Interpretación
0,0 – 2.0	2	60	I A	Material sin consolidar (Coluvión). Seco
2.0 – 160	158	700	II	Roca Metamórfica Seca (esquistos)
SEV-3 Localizado en el Abanico aluvial cercano al río				
Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm.m)	Unidad Geoeléctrica	Interpretación
0,0 – 1.4	1.4	350	I	Suelo
1.4 – 9.0	7.6	450	I A	Material sin consolidar. Coluvión Seco
9.0-160	151	250	III	Roca Cristalina Seca Granito
SEV-4 Localizado en la playa sobre el río				
Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm.m)	Unidad Geoeléctrica	Interpretación
0,0 – 3.0	3	80	IB	Material sin consolidar (Aluvial), húmedo
3.0 – 160	70	300	III	Roca Cristalina Seca?. Granito

4.1.5.2 Unidades Geoeléctricas. A partir de la resistividad de las capas, su interrelación y su posición en los cortes geoeléctricos, se definen dos (2) unidades geoeléctricas, con diferentes subdivisiones correspondientes con cambios en su composición como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Unidades geoelectricas

Unidad / Subunidad Geoelectrica	Característica	Correlación
I	Suelo. Material originado de la meteorización de la roca metamórfica.	Capa de Suelo
I.A	Material sin consolidar, Coluvión Seco.	Coluvión. Poco espesor. No hay evidencia de presencia de agua por la respuesta eléctrica o por inspección visual.
I.B	Material sin consolidar. Aluvión Húmedo.	Aluvión del Río Chicamocha. Parece contener agua subterránea, pero su poco espesor NO lo clasifica como acuífero
II	Roca metamorfica foliada (esquistos),	Fm. Sisgará. Esquistos Secos.
III	Roca cristalina. Granito	Granito de Pescadero. Seco?. - Húmedo

4.1.6 Correlaciones del ensayo de SPT. Se ejecutaron 10 perforaciones a percusión en las diferentes zonas del lote donde se va a construir el parque del agua, donde se pueden determinar 3 zonas diferentes, la primera corresponde a un sector geológicamente homogéneo compuestos por suelos residuales de dos metros de espesor donde se realizaron los sondeos 3, 4 y 5.

Otra zona donde se detectó un relleno antrópico variable de 5 a 8 metros donde el material se encontró muy suelto producto de mala compactación a la hora de realizar el terraplén, estos sondeos son los Nos. 2,6,7 y 8.

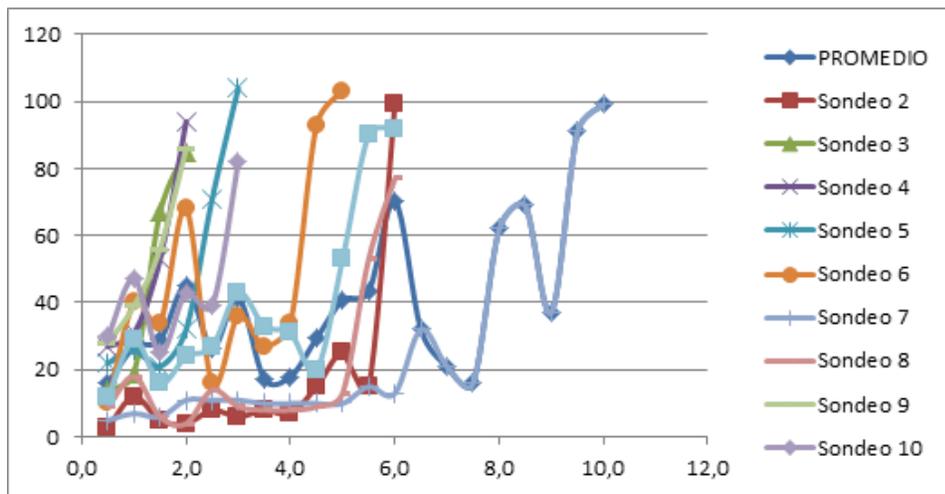
La tercera zona es la correspondiente al lugar donde se proyectó un puente peatonal desde la taquilla de Panachi hasta la entrada del parque del agua (proyectada).

Tabla 16. Resumen de los sondeos realizados

PROFUNDIDAD	PROMEDIO	Sondeo 2	Sondeo 3	Sondeo 4	Sondeo 5	Sondeo 6	Sondeo 7	Sondeo 8	Sondeo 9	Sondeo 10	Sondeo 1	
0,0	0,5	16	3	14	27	22	10	5	9	28	30	12
0,5	1,0	27	12	19	31	26	40	7	18	39	47	29
1,0	1,5	29	5	67	53	21	34	6	6	56	25	16
1,5	2,0	45	4	85	94	32	68	11	4	86	43	24
2,0	2,5	27	8			71	16	11	14		39	27
2,5	3,0	42	6			104	36	11	9		82	43
3,0	3,5	17	8				27	10	8			33
3,5	4,0	18	7				34	10	8			31
4,0	4,5	29	15				93	10	9			20
4,5	5,0	41	25				103	10	13			53
5,0	5,5	43	15					15	53			90
5,5	6,0	70	99					13	77			92
6,0	6,5	32						32				
6,5	7,0	21						21				
7,0	7,5	16						16				
7,5	8,0	62						62				
8,0	8,5	69						69				
8,5	9,0	37						37				
9,0	9,5	91						91				
9,5	10,0	99						99				

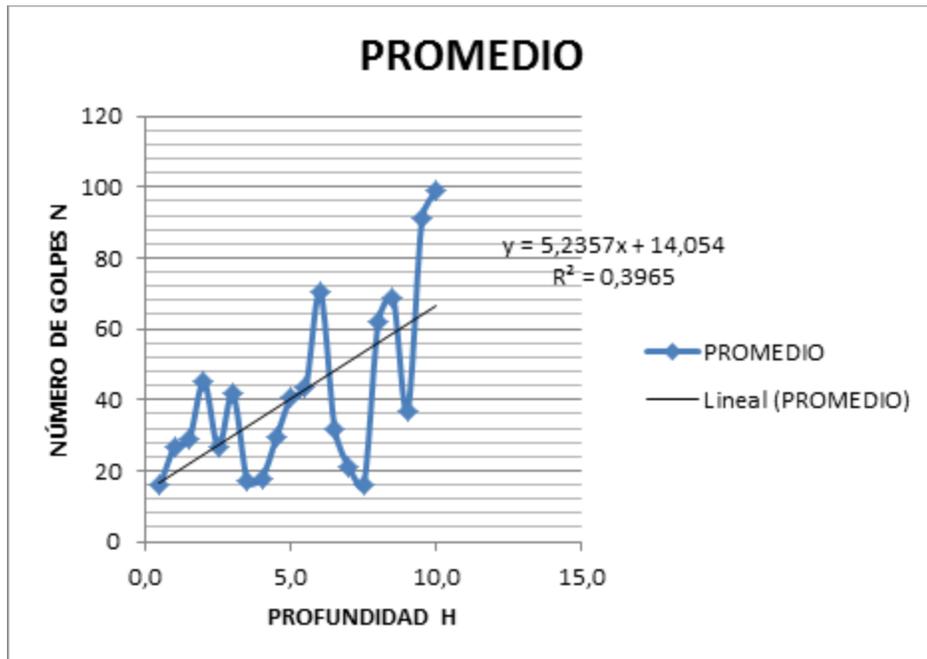
Se hizo un análisis espacial de los valores de N (figura 40), obtenidos en los diferentes sondeos, obteniendo un valor de 36 (figura 41). Se calculó el N60, teniendo en cuenta los parámetros de corrección representados en la tabla 17 y se obtuvo un valor para Ncorregido de 25.

Figura 41. Variación de N con respecto a la profundidad



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 42. Determinación del N promedio



Fuente: Equipo de trabajo

Tabla 17. Parámetros de corrección de N

factor	equipo variable	término	corrección	
relación de energía	martillo áonomat	$C_e = \frac{e}{60}$	0.5 a 1.0	0,85
	martillo de seguridad		0.7 a 1.2	
	martillo automático		0.8 a 1.5	
diámetro del sondeo	65 a 115 mm	C_b	1.00	1
	150 mm		1.05	
	200 mm		1.15	
método de muestreo	muestreo estándar	C_s	1.00	1
	muestreo no estándar		1.1 a 1.3	
longitud de varillas	3 a 4 m	C_r	0.75	0,8
	4 a 6 m		0.85	
	6 a 10 m		0.95	
	10 a > 30 m		1.00	

Los factores de corrección anteriormente enunciados se aplican a éste valor de número de golpes de diseño (N=25) obteniéndose los valores corregidos, tomando

como esfuerzo efectivo vertical el calculado para una profundidad de 5m con un peso unitario del suelo de fundación de 18kN/m3.

A partir de la estimación de N60 y del esfuerzo efectivo, se puede estimar el valor del ángulo de fricción del material de acuerdo a la siguiente Ecuación propuesta por Kulhawy y Mayne (1990). A partir de ésta ecuación, se obtiene una estimación para el ángulo de fricción de 40°. A éste valor se le aplica un factor de reducción que tenga en cuenta la incertidumbre asociada a los materiales presentes en el terreno. Por lo anterior, aplicando un factor de reducción de 0.75*% se obtiene un valor de 30° para el ángulo de fricción de diseño.

$$\phi' = \tan^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\sigma'_0}{P_a} \right)} \right]^{0.34}$$

Tabla 18. Parámetros de diseño obtenidos

Ndiseño	N60	N1(60)	Angulo de fricción (°)	Ø'diseño (°)
25	14	18,7	40	28

4.1.6.1 Cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación. Para el análisis de la capacidad portante del suelo se tienen en cuenta varias aproximaciones. Hay que anotar que a pesar de que el suelo es principalmente friccionante por el contenido de arena, el contenido de materiales relativamente finos como los limos ofrece cierto grado de cohesión aparente al suelo por su estado de saturación parcial.

En ese sentido se asume una valor de cohesión del terreno de c=5kN/m2 a tener en cuenta junto con el ángulo de fricción de diseño como parámetro de resistencia

drenados que definen convenientemente la envolvente de resistencia del suelo de fundación.

La primera de ellas es la propuesta de Meyerhof para el cálculo de capacidad portante en cimientos superficiales. Se pueden distinguir tres componentes; la componente cohesiva, la de sobrecarga del terreno y la del peso de la cuña de falla.

Asumiendo una profundidad de cimentación por debajo 1m del nivel de excavación del terreno, es decir a 2,5m desde la superficie actual, se presentan los valores de capacidad portante admisible para un factor de seguridad de 3.0 en la siguiente tabla teniendo en cuenta diferentes valores de ancho del cimiento. En este caso no se consideran factores de forma, inclinación y excentricidad de la carga pero sí de profundidad. Por otra parte, se considera el suelo como saturado, teniendo en cuenta que dicha condición representa un estado crítico.

$$q_{ult} = c'N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Bowles (1977) propuso unas ecuaciones modificadas para el cálculo de la capacidad portante admisible. A partir de la siguiente ecuación y teniendo en cuenta un asentamiento admisible de $S_e = 25\text{mm}$ se estiman los siguientes valores de capacidad portante admisible neta para un ancho del cimiento $B > 1.33\text{m}$

$$q_{neta(adm)} = 11.98(N_1)_{60} \left(\frac{3.28B+1}{3.28B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25} \right)$$

Donde

$$F_d = \left[1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \right] \leq 1.33$$

Tabla 19. Cálculo de q_a .

Ancho del cimiento, B (m)	$q_{\text{admisible}}$ (kN/m ²)
1,0	270
1.5	300
2.0	320
3	370

4.1.7 Determinación de los datos de entrada del modelo geotécnico. Con base en los estudios de Geología, Geofísica y Geotecnia, se definieron los perfiles del subsuelo típicos que se pudieron establecer, los cuales se presentan a continuación siendo el punto de partida para la modelación de la respuesta dinámica local en el área de estudio.

4.1.7.1 Perfil 1: Rocas Metamórficas. Definido por la presencia de rocas metamórficas de esquistos esquistos cuarzo – moscovítico color pardo amarillento subyaciendo a una capa de poco espesor de suelo residual. Este perfil es característico de las zonas de mayor pendiente, particularmente donde se proponen las obras del mirador y teleférico.

Tabla 20. Modelo usado para el Perfil 1, Rocas Metamórficas.

Descripción	Espesor	Peso Unitario (kN/m ³)	Vs (m/s)	Curva de Degradación usada
Suelo Residual	1.0	19.5	600	Limos
Roca	-	22.0	2000	Roca

4.1.7.2 Perfil 2: Suelo Residual. Definido por la presencia de un perfil de meteorización de unos pocos metros de espesor suprayaciendo rocas metamórficas de esquistos esquistos cuarzo – moscovítico color pardo amarillento. Este perfil es característico de las zonas de moderada a baja pendiente,

particularmente donde se proponen las obras del estacionamiento, pueblito y monumento.

Tabla 21. Modelo usado para el Perfil 2, Suelo Residual.

Descripción	Espesor	Peso Unitario (kN/m ³)	Vs (m/s)	Curva de Degradación usada
Suelo Residual	2.0	19.5	600	Limos
Saprolito	5.0	20.0	800	Gravoso
Roca	-	22.0	2000	Roca

4.1.7.3 Perfil 3: Deposito aluvial. Definido por la presencia de un deposito aluvial de unos pocos metros de espesor suprayaciendo rocas cristalinas posiblemente granitos. Este perfil es característico de los conos aluviales en la parte baja en cercanías del río Chicamocha.

Tabla 22. Modelo usado para el Perfil 3: Deposito aluvial.

Descripción	Espesor	Peso Unitario (kN/m ³)	Vs (m/s)	Curva de Degradación usada
Suelo Aluvial	5.0	18.0	50	Arenas
Roca	-	22.0	1800	Roca

4.1.8 Elaboración del modelo geotécnico. Para la elaboración del modelo geotécnico, se realizó la identificación y clasificación del macizo rocoso, identificando 3 secciones típicas del talud para realizar el análisis cinemático como se muestra en las fotografías 25, 26 y 27

Fotografía 25. Sección del Talud a analizar No 1.



Fotografía 26. Sección del Talud a analizar No 2.



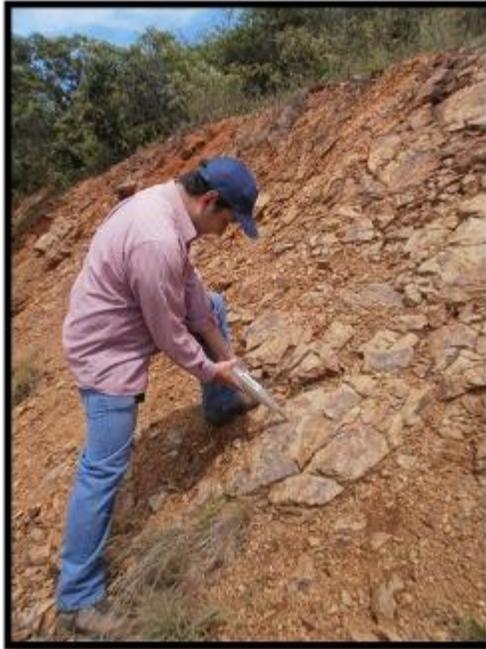
Fotografía 27. Sección del Talud a analizar No 3.



Fotografía 28. Recolección de Datos de Campo



Fotografía 29. Ensayo de Esclerómetro



4.1.8.1 Resultados de campo. Los datos recopilados en campo de la geología estructural presente en los taludes a estudiar se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 23. Datos de dirección y buzamiento para el talud No 1

No.	DIRECCIÓN	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN	BUZAMIENTO
1	357	64	54	67
2	62	50	42	30
3	61	57	298	50
4	64	60	94	64
5	16	53	328	70
6	319	56	255	90
7	28	16	334	58
8	39	51	54	54
9	324	79	43	51
10	73	54	14	51
11	324	82	320	53
12	131	80	284	90
13	31	51	173	50

No.	DIRECCION	BUZAMIENTO	DIRECCION	BUZAMIENTO
14	235	62	76	55
15	55	66	14	54
16	37	60	18	64
17	60	28	70	80
18	24	76	45	50
19	35	46	304	87
20	150	82	62	38
21	54	67	197	77
22	42	30	45	28
23	298	50	19	45

Tabla 24. Datos de dirección y buzamiento para el talud No 2

No.	DIRECCION	BUZAMIENTO	DIRECCION	BUZAMIENTO
1	77	64	248	82
2	330	73	340	55
3	260	89	242	57
4	35	68	356	57
5	12	39	355	55
6	68	84	84	78
7	316	83	71	62
8	12	70	337	58
9	15	62	75	80
10	16	63	57	45
11	25	78	10	51
12	286	25	355	75
13	245	74	81	62
14	6	62	348	45
15	260	90	275	77
16	22	60	290	25
17	300	54	261	85
18	57	56	351	54
19	200	48	0	63

Tabla 25. Datos de dirección y buzamiento para el talud No 3

No.	DIRECCIÓN	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN	BUZAMIENTO
1	148	84	123	84
2	56	16	176	84
3	55	33	95	67
4	138	83	38	28
5	168	74	162	84
6	340	85	147	36
7	185	85	155	84
8	26	12	72	54
9	324	64	88	80
10	149	85	94	70
11	24	50	280	69
12	154	89	15	61
13	316	68	190	86
14	332	84	23	24
15	70	72	18	49
16	156	86	170	90

Tabla 26. Datos obtenidos en el ensayo esclerométrico en el talud 1

No.	TALUD No 1 - PARTE BAJA					
1	24	30	14	25	20	13
2	30	23	18	27	26	13
3	30	31	21	21	12	11
4	31	25	14	18	17	13
5	25	25	21	15	15	13
6	29	29	13	11	21	13
MEDIA	28,17	27,17	16,83	19,5	18,5	12,67
					mediana	19

Tabla 27. Datos obtenidos en el ensayo esclerométrico en el talud 2

No.	TALUD No 2 - SECTOR CARRETERA					
1	20	14	30	20	17	
2	24	24	32	19	13	
3	19	20	33	19	21	
4	20	15	27	15	26	
5	16	13	31	19	14	
6	14	13	24	14	24	
media	18,83	16,5	29,5	17,67	19,17	
					mediana	18,83

Tabla 28. Datos obtenidos en el ensayo esclerométrico en el talud 3

No.	TALUD No 3 - SECTOR CASA					
1	14	16	21	25	19	17
2	12	25	22	18	19	18
3	11	22	48	25	15	16
4	11	26	57	19	24	15
5	10	28	17	23	27	17
6	11	17	33	19	21	14
Media	11,5	22,33	33	21,5	20,83	16,17
					Mediana	21,17

$$210 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} \rightarrow 3000 \text{ PSI}$$

$$110 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} \rightarrow x$$

$$X = (110 * 3000)/210 \implies X = 1571.43 \text{ PSI}$$

Los datos obtenidos en campo se montaron en el software Dips, donde se realizó en análisis estereográfico y cinemático del talud.

4.1.8.2 Análisis y modelación cinemática con el software dips del talud.

Figura 43. Tabla de datos para la modelación en software.

ID	Type	Plunge	Geometry	Size
1	101	84	1	2
2	102	59	1	2
3	101	57	1	2
4	101	80	1	2
5	101	83	1	2
6	101	56	1	1
7	101	58	1	2
8	101	51	1	2
9	101	79	1	4
10	101	84	1	2
11	101	82	1	4
12	101	85	1	4
13	101	51	1	2
14	101	43	1	2
15	101	86	1	2
16	101	80	1	2
17	101	78	1	2
18	101	76	1	4
19	101	46	1	2
20	101	82	1	4
21	101	87	1	2
22	101	38	1	2
23	101	58	1	2
24	101	84	1	2
25	101	70	1	2
26	101	46	1	2
27	101	58	1	1
28	101	54	1	2
29	101	51	1	2
30	101	81	1	2
31	101	83	1	1
32	101	85	1	1
33	101	58	1	2
34	101	58	1	2
35	101	84	1	2
36	101	86	1	4
37	101	58	1	2
38	101	87	1	2
39	101	78	1	3
40	101	59	1	2
41	101	59	1	2

Figura 44. Diagrama de polos generado por el Software DIPS.

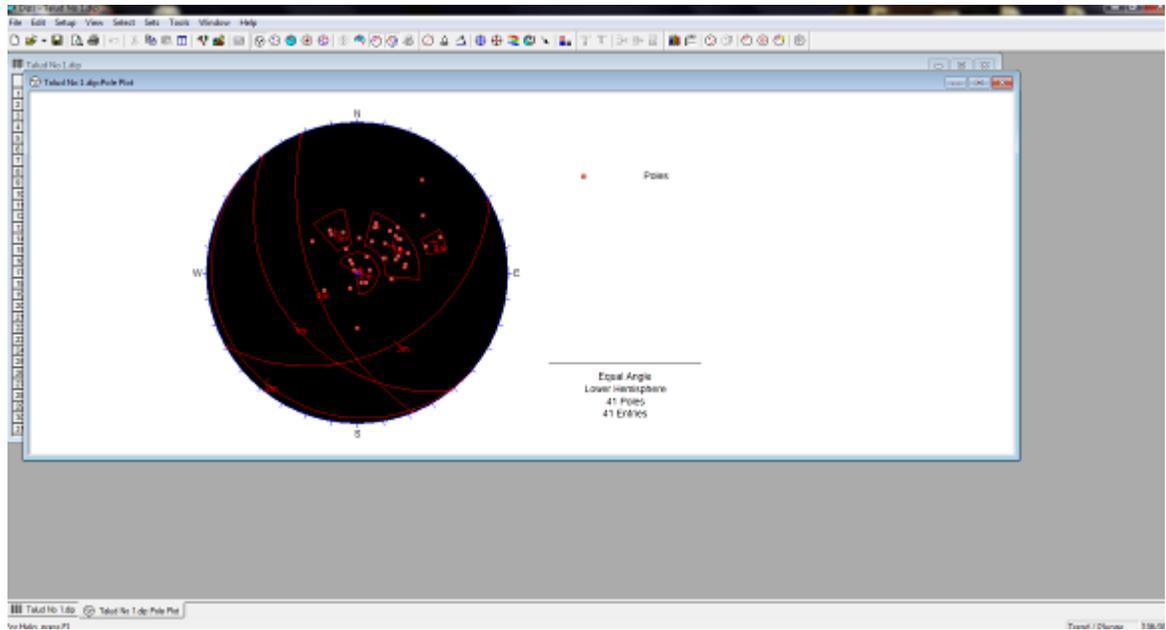
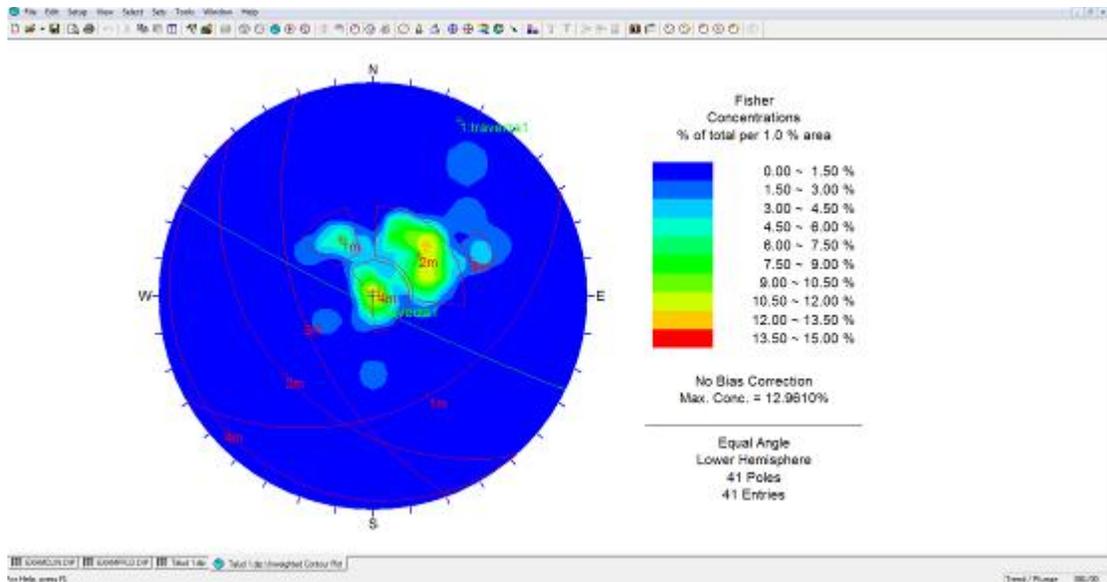


Figura 45. Plano de contorno de polos con las líneas de intersección indicando el tipo de falla.



RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD DEL TALUD

Dips Document Information

Document Name:

Talud panachi

Document Setup:

Traverses: 1

Data is TREND/PLUNGE format

Magnetic Declination (E pos): 7 degrees

Multiple Data Flag (Quantity) is ON

1 Extra Data Columns

41 Poles from 41 Entries

Global Mean Vector:

Unweighted TREND/PLUNGE = 42.1602/68.6759

Weighted TREND/PLUNGE = 42.1602/68.6759

Set Planes (via Add Set Options):

ID TREND/PLUNGE TREND/PLUNGE LABEL

1m 50.5024/56.7599 50.5024/56.7599

1w 50.5024/56.7599 50.5024/56.7599

2m 40.3119/86.6044 40.3119/86.6044

2w 40.3119/86.6044 40.3119/86.6044

3m 331.044/55.8509 331.044/55.8509

3w 331.044/55.8509 331.044/55.8509

4m 67.9432/33.004 67.9432/33.004

4w 67.9432/33.004 67.9432/33.004

Set Statistics

Set: 1m (UNWEIGHTED)

18 Poles from 18 Entries

Fisher's K = 41.042

68.26% Variability Limit = 13.5811 degrees

95.44% Variability Limit = 22.3673 degrees

99.74% Variability Limit = 31.2434 degrees

68.26% Confidence Limit = 3.23142 degrees

95.44% Confidence Limit = 5.30183 degrees

99.74% Confidence Limit = 7.36346 degrees

Set: 1w (WEIGHTED)

18 Poles from 18 Entries

Fisher's Kw = 41.0422

68.26% Variability Limit = 13.5811 degrees

95.44% Variability Limit = 22.3672 degrees

99.74% Variability Limit = 31.2433 degrees

68.26% Confidence Limit = 3.23142 degrees

95.44% Confidence Limit = 5.30181 degrees

99.74% Confidence Limit = 7.36344 degrees

Set: 2m (UNWEIGHTED)

7 Poles from 7 Entries

Fisher's K = 68.8396

68.26% Variability Limit = 10.4765 degrees

95.44% Variability Limit = 17.226 degrees

99.74% Variability Limit = 24.0016 degrees

68.26% Confidence Limit = 3.9799 degrees

95.44% Confidence Limit = 6.53061 degrees

99.74% Confidence Limit = 9.07162 degrees

Set: 2w (WEIGHTED)

7 Poles from 7 Entries

Fisher's Kw = 68.8396

68.26% Variability Limit = 10.4765 degrees

95.44% Variability Limit = 17.226 degrees

99.74% Variability Limit = 24.0016 degrees

68.26% Confidence Limit = 3.9799 degrees

95.44% Confidence Limit = 6.53061 degrees

99.74% Confidence Limit = 9.07162 degrees

Set: 3m (UNWEIGHTED)

3 Poles from 3 Entries

Fisher's K = 235.827

68.26% Variability Limit = 5.65472 degrees

95.44% Variability Limit = 9.28205 degrees

99.74% Variability Limit = 12.9003 degrees

68.26% Confidence Limit = 3.2685 degrees

95.44% Confidence Limit = 5.36268 degrees

99.74% Confidence Limit = 7.44803 degrees

Set: 3w (WEIGHTED)

3 Poles from 3 Entries

Fisher's Kw = 235.827

68.26% Variability Limit = 5.65472 degrees

95.44% Variability Limit = 9.28205 degrees

99.74% Variability Limit = 12.9003 degrees

68.26% Confidence Limit = 3.2685 degrees

95.44% Confidence Limit = 5.36268 degrees

99.74% Confidence Limit = 7.44803 degrees

Set: 4m (UNWEIGHTED)

2 Poles from 2 Entries

Fisher's K = 127.823

68.26% Variability Limit = 7.6834 degrees

95.44% Variability Limit = 12.6195 degrees
 99.74% Variability Limit = 17.5539 degrees
 68.26% Confidence Limit = 5.44161 degrees
 95.44% Confidence Limit = 8.93178 degrees
 99.74% Confidence Limit = 12.4125 degrees

Set: 4w (WEIGHTED)

2 Poles from 2 Entries

Fisher's Kw = 127.824

68.26% Variability Limit = 7.68334 degrees
 95.44% Variability Limit = 12.6194 degrees
 99.74% Variability Limit = 17.5538 degrees
 68.26% Confidence Limit = 5.44157 degrees
 95.44% Confidence Limit = 8.93171 degrees
 99.74% Confidence Limit = 12.4124 degrees

Set Window Limits

<i>ID</i>	<i>TREND1/PLUNGE1</i>	<i>TREND2/PLUNGE2</i>	<i>WRAPPED</i>
1	14/45	96/69	NO
2	300/74	179/87	NO
3	318/43	348/68	NO
4	62/39	75/27	NO

4.1.8.3 Cálculo de RMR para el talud

Datos de las discontinuidades presentes en el talud.

DATO	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO (cm)	PERSISTENCIA (cm)	ABERTURA (cm)	RELLENO (cm)	ASPEREZA (cm)	HUMEDAD %
1	103	64	23	35	1	Arena seca	Ondulado Rugoso	0
	11	52						
2	36	12	17	12	0,2	Arena seca	Ondulado Rugoso	0
	26	33						
3	114	44	18	20	1	Ausente	Ondulado Rugoso	0
	109	58						
4	98	61	14	22	0,1	Nada	Plana Rugoso	0
	78	54						
5	184	83	3	30	0,1	Arena seca	Ondulado Rugoso	0
	176	74						
6	129	81	25	12	5	Arena seca	Plana Rugoso	0
	97	61						
7	184	64	20	25	0,5	Arena seca	Ondulado Rugoso	0
	192	72						
8	84	67	15	15	0,2	Arena seca	Plana Rugoso	0
	91	77						
9	331	24	10	13	0,2	Arena seca	Plana Rugoso	0

Calculo del RQD

VALOR	DISTANCIA TRAMO		%
60	120		50,0
40	120		33,3
20	120		16,7
50	120		41,7
45	120		37,5
30	120		25,0
45	120		37,5
			34,5

Calculo del RMR para el Talud

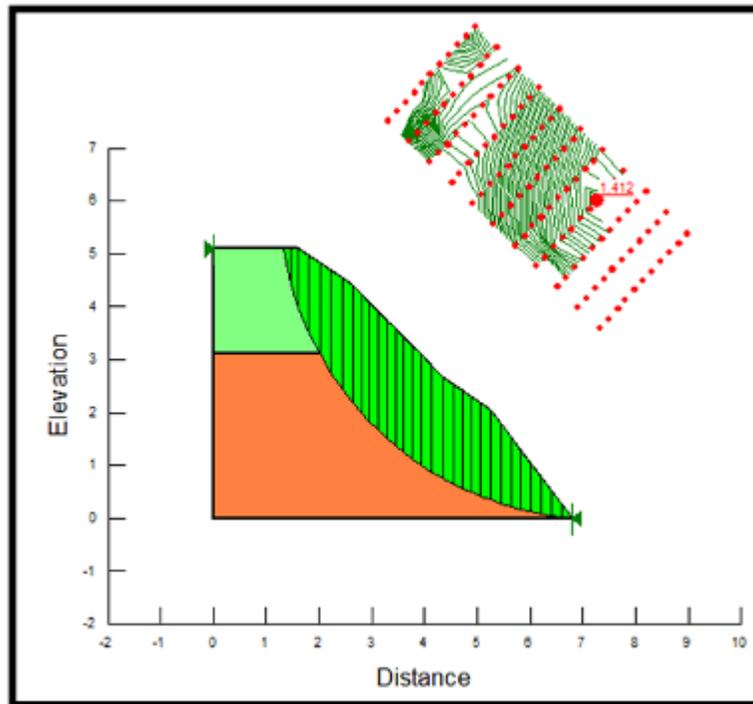
RMR (Bieniavsky 1989)								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
TENSION DEL MATERIAL ROCOSO INTACTO	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MARTILLO SMITH)	>10MPa	4-10MPa	2-4MPa	1-2MPa	para este rango es mejor la compresion uniaxial		
	ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL	>250MPa	100-250MPa	50-100MPa	25-50MPa	5-25MPa	1-5MPa	<1MPa
RANGO		15	12	7	4	2	1	0
RQD EN PERFORACIONES		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
RANGO		20	17	13	8	3		
ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES		>2m	0,6-2m	200-600mm	60-200mm	<60mm		
RANGO		20	15	10	8	5		
CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES		SUPERFICIES MUY RUGOSAS, NO CONTINUAS, NO SEPARADAS SUPERFICIES INALTERADAS	SUPERFICIES POCO RUGOSAS, SEPARACION <1mm, SUPERFICIES LEVEMENTE ALTERADAS	SUPERFICIES POCO RUGOSAS, SEPARACION <1mm, SUPERFICIES FUERTEMENTE ALTERADAS	SUPERFICIES LISAS O MILONITA <5mm DE ESPESOR O SEPARACION CONTINUA ENTRE 1-5mm	MILONITA SUAVE >5mm o SEPARACION CONTINUA >5mm		
RANGO		30	25	20	10	0		
AGUA SUBTERRANEA	NO SE PRESENTA FLUJO EN 10m DEL TUNEL	NINGUNO	<10L/min	10-25L/min	25-125L/min	>125L/min		
	RELACION: PRESION DE AGUA EN LAS JUNTAS/ESFUERZO PRINCIPAL	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
	CONDICIONES GENERALES	COMPLETAMENTE SECO	HUMEDO	MOJADO	GOTEA	FLUYE		
RANGO		15	10	7	4	0		
DETERMINACION RMR								
RANGO		100-91	90-61	60-41	40-21	<21		
TIPO DE MACIZO		I	II	III	IV	V		
DESCRIPCION		MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE	MUY POBRE		

- Se realizó la corrección por orientación de las discontinuidades, no Favorable -10.
- Clasificación del macizo rocoso para la unidad litológica analizada muestra condiciones regulares según la clasificación RMR Bieniavsky 1989, con un valor del 44.

4.1.8.4 Procesamiento De Datos Por Software Geoslope

Condiciones Estáticas Sección No 1.

Figura 46. Modelo en slide de la sección 1 del talud



RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD NO 1.

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

FILE INFORMATION

Revision Number: 8

Date: 25/06/2012

Time: 09:07:56 a.m.

File Name: talud 1.gsz

Directory: D:\DOCUMENTOS\Desktop\Nueva carpeta\

PROJECT SETTINGS

Length(L) Units: meters

Time(t) Units: Seconds

Force(F) Units: kN

Pressure(p) Units: kPa

Strength Units: kPa

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

View: 2D

ANALYSIS SETTINGS

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions Source: (none)

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slice Width: 0.1 m
Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 100

MATERIALS

material 1

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 3 kPa
Phi: 25 °
Phi-B: 0 °

material 2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18 kN/m³

Cohesion: 6 kPa

Phi: 32 °

Phi-B: 0 °

SLIP SURFACE GRID

Upper Left: (4.9755556, 9.3019445) m

Lower Left: (3.3088889, 7.5102778) m

Lower Right: (7.3227778, 3.5936111) m

Grid Horizontal Increment: 10

Grid Vertical Increment: 10

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

SLIP SURFACE RADIUS

Upper Left Coordinate: (1.1213889, 4.1838889) m

Upper Right Coordinate: (4.3783333, 0.82972222) m

Lower Left Coordinate: (0.41305556, 3.6422222) m

Lower Right Coordinate: (3.4963889, 0.28805556) m

Number of Increments: 3

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

SLIP SURFACE LIMITS

Left Coordinate: (3.5680188e-009, 5.1) m

Right Coordinate: (6.8, 2.6387568e-009) m

REGIONS

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	material 1	1,2,3,4,5,6	5.7506334
Region 2	material 2	7,8,9,10,11,12,2,1	17.121295

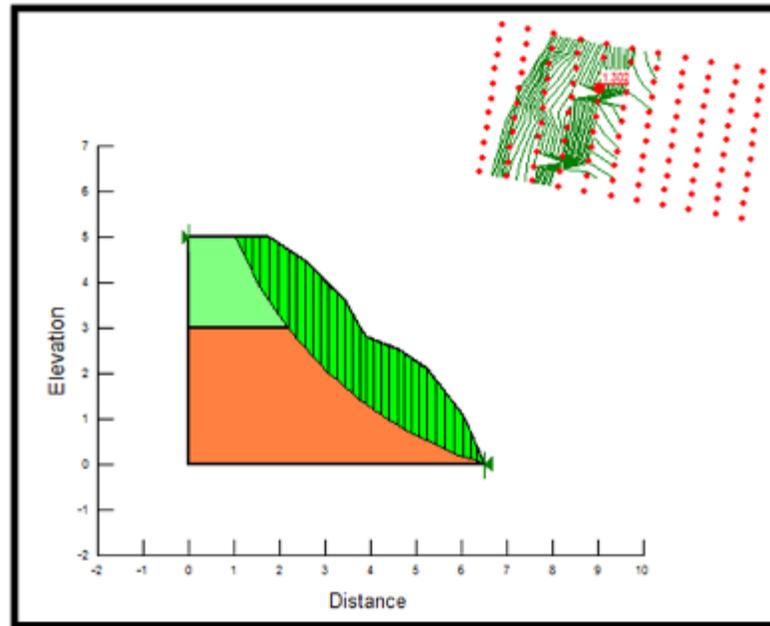
POINTS

	X (m)	Y (m)
Point 1	3.5680188e-009	3.1
Point 2	3.9272363	3.1
Point 3	3.2844248	3.7463313
Point 4	2.6416134	4.3926627
Point 5	1.6137257	5.1
Point 6	3.5680188e-009	5.1
Point 7	-2.9240709e-008	2.6387568e-009
Point 8	6.8	2.6387568e-009
Point 9	6.0240215	1.0318483
Point 10	5.248043	2.0636965
Point 11	4.3704015	2.6544081
Point 12	4.1488189	2.877204

Applied Lambda 0.7965
Weight (incl. Vert. Seismic) 0.70168 kN
Base Normal Force 1.1605 kN
Base Normal Stress 1.7132 kPa
Base Shear Res. Force -1.491 kN
Base Shear Res. Stress -2.2011 kPa
Base Shear Mob. Force -1.0556 kN
Base Shear Mob. Stress -1.5583 kPa
Left Side Normal Force 0 kN
Left Side Shear Force 0 kN
Right Side Normal Force 1.3745 kN
RightSideShearForce 0.088938 kN
Horizontal Seismic Force 0 kN
Point Load 0 kN
Reinforcement Load Used 0 kN
Reinf. Shear Load Used 0 kN
Surface Pressure Load 0 kN
Polygon Closure 0.02749 kN
Top Left Coordinate 1.3313m, 5.1m
Top Right Coordinate 1.4725m, 5.1m
Bottom Left Coordinate 1.3313m, 5.1m

Condiciones estáticas sección No 2.

Figura 47. Modelo en slide de la sección 2 del talud



RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD NO 2.

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

FILE INFORMATION

Revision Number: 16

Date: 25/06/2012

Time: 09:27:12 a.m.

File Name: talud 1.gsz

Directory: D:\DOCUMENTOS\Desktop\Nueva carpeta\

Last Solved Date: 25/06/2012

Last Solved Time: 09:27:14 a.m.

PROJECT SETTINGS

Length(L) Units: meters

Time(t) Units: Seconds

Force(F) Units: kN

Pressure(p) Units: kPa

Strength Units: kPa

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

View: 2D

ANALYSIS SETTINGS

Prueba

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

SETTINGS

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions Source: (none)

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 100

MATERIALS

material 1

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 15 kN/m³

Cohesion: 3 kPa

Phi: 25 °

Phi-B: 0 °

material 2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18 kN/m³

Cohesion: 6 kPa

Phi: 32 °

Phi-B: 0 °

SLIP SURFACE GRID

Upper Left: (6.89, 9.66) m

Lower Left: (6.4, 6.42) m

Lower Right: (12.15, 5.4) m

Grid Horizontal Increment: 10

Grid Vertical Increment: 10

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

SLIP SURFACE RADIUS

Upper Left Coordinate: (0.88, 4.3) m

Upper Right Coordinate: (5.75, 0.32) m

Lower Left Coordinate: (0.39, 3.6) m

Lower Right Coordinate: (4.62, 0.21) m

Number of Increments: 2

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle: 45 °

UsePoints: 0

SLIP SURFACE LIMITS

Left Coordinate: (3.2808728e-008, 5) m

Right Coordinate: (6.5, 1.3193784e-009) m

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

VertSeismic Load: 0

REGIONS

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	material 1	1,2,3,4,5,6	5.8856116
Region 2	material 2	7,8,9,10,11,12,2,1	16.529583

POINTS

	X (m)	Y (m)
Point 1	3.2808728e-008	3
Point 2	3.7732279	3
Point 3	3.424057	3.5894379
Point 4	2.547227	4.4654643
Point 5	1.751585	5
Point 6	3.2808728e-008	5
Point 7	3.2808728e-008	1.3193784e-009
Point 8	6.5	1.3193784e-009
Point 9	6.0383093	1.0749177
Point 10	5.2264296	2.0969485
Point 11	4.576926	2.5349617
Point 12	3.8949471	2.794525

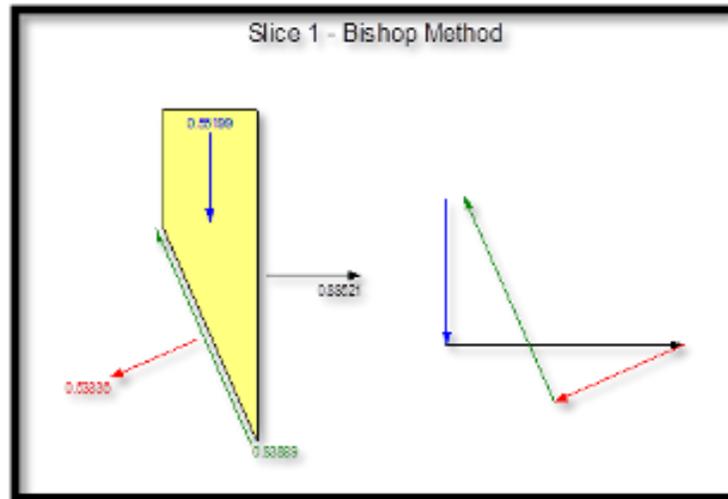
CRITICAL SLIP SURFACES

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	245	1.302	(9.043, 8.28)	8.657	(1.03185, 5)	(6.49736, 0.00614688)

SLICES OF SLIP SURFACE: 245

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	245	1.121817	4.7954825	0	-1.1935676	-0.55656971	3
2	245	1.3017505	4.4109575	0	2.4657377	1.1497924	3
3	245	1.481684	4.0693895	0	5.9825499	2.7897088	3
4	245	1.661618	3.76088	0	9.3588447	4.364101	3
5	245	1.8594585	3.4533815	0	12.194195	5.6862466	3
6	245	2.075205	3.146416	0	14.417968	6.723209	3
7	245	2.2741155	2.885763	0	13.121364	8.1991384	6
8	245	2.45619	2.6647375	0	15.063787	9.4128988	6
9	245	2.63491	2.461383	0	16.553833	10.343983	6
10	245	2.810276	2.273827	0	17.585872	10.988872	6
11	245	2.985642	2.0969365	0	18.478848	11.546866	6
12	245	3.161008	1.929818	0	19.240093	12.022545	6
13	245	3.336374	1.771717	0	19.874665	12.419069	6
14	245	3.5113495	1.6223055	0	19.741938	12.336132	6
15	245	3.685935	1.4809975	0	18.817908	11.758734	6
16	245	3.8340875	1.3663645	0	17.696241	11.057838	6
17	245	3.9801945	1.2590395	0	17.638056	11.021481	6
18	245	4.1506895	1.1391635	0	18.737054	11.708211	6
19	245	4.321184	1.0252749	0	19.763876	12.34984	6
20	245	4.4916785	0.9170957	0	20.720092	12.94735	6
21	245	4.658114	0.81670065	0	21.252905	13.280289	6
22	245	4.82049	0.72363265	0	21.354469	13.343753	6
23	245	4.982866	0.6351463	0	21.380956	13.360304	6
24	245	5.145242	0.5510841	0	21.332298	13.329899	6
25	245	5.327915	0.46191555	0	20.315904	12.694785	6
26	245	5.5308845	0.36863825	0	18.277455	11.421021	6
27	245	5.733854	0.28159875	0	16.083844	10.050301	6
28	245	5.936824	0.2005953	0	13.736283	8.5833821	6
29	245	6.1148175	0.1340766	0	10.299337	6.43574	6
30	245	6.2678345	0.08067916	0	5.7813387	3.6125814	6
31	245	6.4208515	0.030465399	0	1.1328426	0.70787862	6

Slice 1 - Bishop Method



Factor of Safety 1.3016
 Phi Angle 25 °
 C (Strength) 3 kPa
 C (Force) 1.3406 kN
 Pore Water Pressure 0 kPa
 Pore Water Force 0 kN
 Pore Air Pressure 0 kPa
 Pore Air Force 0 kN
 Phi B Angle 0 °
 Slice Width 0.17993 m
 Mid-Height 0.20452 m
 Base Length 0.44686 m
 Base Angle -66.255 °
 Anisotropic Strength Mod. 1
 Applied Lambda 0
 Weight (incl. Vert. Seismic) 0.55199 kN
 Base Normal Force 0.53336 kN

Base Normal Stress	1.1936 kPa
Base Shear Res. Force	-1.0919 kN
Base Shear Res. Stress	-2.4434 kPa
Base Shear Mob. Force	-0.83889 kN
Base Shear Mob. Stress	-1.8773 kPa
Left Side Normal Force	0 kN
Left Side Shear Force	0 kN
Right Side Normal Force	0.88521 kN
Right Side Shear Force	0 kN
Horizontal Seismic Force	0 kN
Point Load	0 kN
Reinforcement Load Used	0 kN
Reinf. Shear Load Used	0 kN
Surface Pressure Load	0 kN
Polygon Closure	0.066391 kN
Top Left Coordinate	1.0318m, 5m
Top Right Coordinate	1.2118m, 5m
Bottom Left Coordinate	1.0318m, 5m
Bottom Right Coordinate	1.2118m, 4.591m

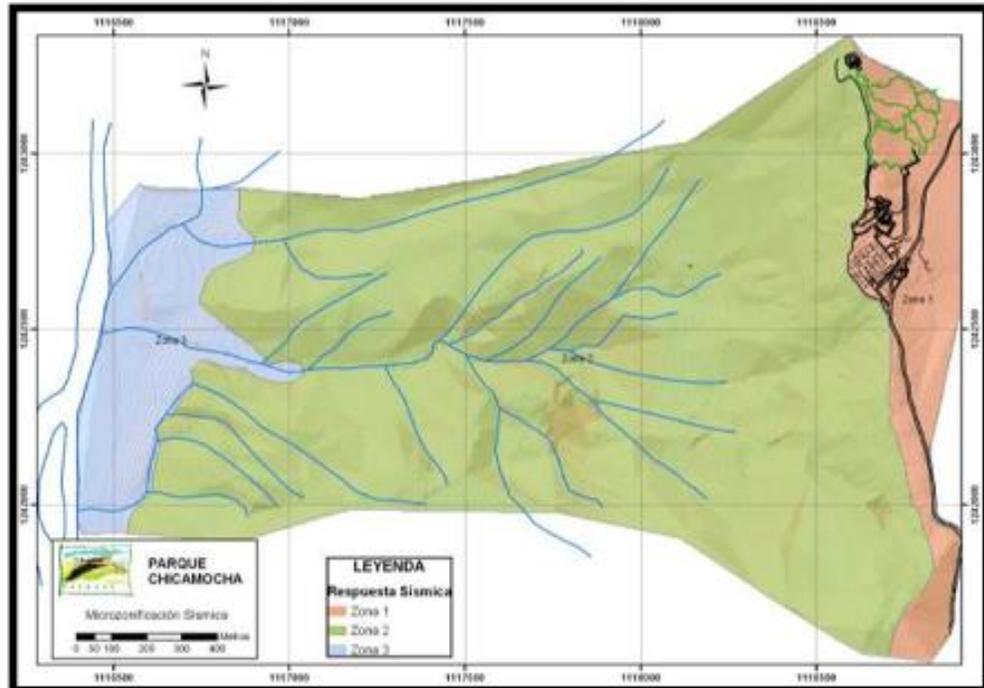
4.1.9 Conclusiones del modelo geotécnico. El área de estudio es una zona montañosa donde la presencia de depósitos de suelo se limita a la presencia de perfiles de meteorización, depósitos coluviales y aluviales con espesores no mayores de 10 m. Realizar una caracterización dinámica detallada de los depósitos de suelo no es necesario debido a que la respuesta sísmica estará dominada por la señal en roca, y a que la realización de pruebas o ensayos dinámicos para caracterizar estos materiales es compleja debido a la heterogeneidad del perfil de meteorización.

De modo que las propiedades dinámicas como la degradación del módulo de corte, el amortiguamiento y la velocidad de onda de corte se obtienen a partir de extrapolar sus propiedades índices descritas en el estudio de geotecnia. De esta manera se propone utilizar curvas teóricas o evaluadas en otros estudios, seleccionadas de acuerdo a criterios geológicos y geotécnicos.

La zona de ladera debe seguir consideraciones adicionales por la posible caída de bloques durante un sismo.

Los diseños en la de la divisoria de aguas (creta del cerro), debe tener consideraciones especiales por posibles efectos topográficos y en general por la susceptibilidad de desprendimiento de material de las laderas durante un evento sísmico.

Figura 48. Mapa de Microzonificación Sísmica Propuesta



- Se modelaron los diferentes taludes del parque acuático de Panachi, según las características geotécnicas y geológicas encontradas, dando como resultado la necesidad de elaborar dos modelos diferentes de análisis, el primero por el método cinemático para determinar la posible superficie de falla y el segundo por el método de equilibrio límite, utilizando el software Slope/W y Dips.
- Los valores de factor de seguridad son aceptables teniendo en cuenta los criterios de la CDMB donde define valores mínimos de 1.5 metros para condiciones estáticas y 1.2 para condiciones de carga sísmica, concluyendo que la vulnerabilidad del sector por remoción en masa media-baja.
- El modelo presenta dos estratos de suelo que aunque tienen baja cohesión presentan valores de factor de seguridad aceptables (mayores a 1.4) teniendo en cuenta que el suelo no se encuentra saturado. Sin embargo, bajo condiciones de saturación este perfil de suelo puede fallar o estar muy cerca a la falla, aún más en condiciones de carga sísmica.
- La pendiente del talud es adecuada con los parámetros de resistencia de los suelos y las condiciones óptimas de drenaje.
- Las condiciones de estabilidad de la zona en general son buenas. Los principales problemas están relacionados con la erosión debido a las condiciones áridas de la zona y el pastoreo de los chivos que imposibilita el crecimiento de la vegetación
- Para que el talud siga teniendo las condiciones de saturación actual se deben diseñar obras de subdrenaje y drenaje superficial como filtros, corta corrientes y cunetas.

- Para el control de la erosión superficial, se pueden revegetalizar los taludes con biomantos con semillas nativas del sector.
- Se debe diseñar una zanja de coronación en cada uno de los taludes para captar el flujo de escorrentía

4.2 PROYECTO MONUMENTO AL SANTÍSIMO EN LA VEREDA HELECHALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA

El proyecto ubicado en la Vereda Helechales – Floridablanca, consisten en la imagen de Jesucristo, tendrá una altura de 35 metros, similar a un edificio de 12 pisos. Es 3 metros más alta que la del corcovado en Brasil. Al monumento los turistas podrán subir utilizando ascensores panorámicos, y contará con un mirador donde se podrá divisar parte del área metropolitana.

En el sitio también se adecuara el “Centro de conservación de Biodiversidad de Los Andes”, que le ofrecerá a los turistas una mirada a la fauna silvestre cautiva que existe en región

4.2.1 Localización del proyecto

Figura 49. Localización General del Proyecto



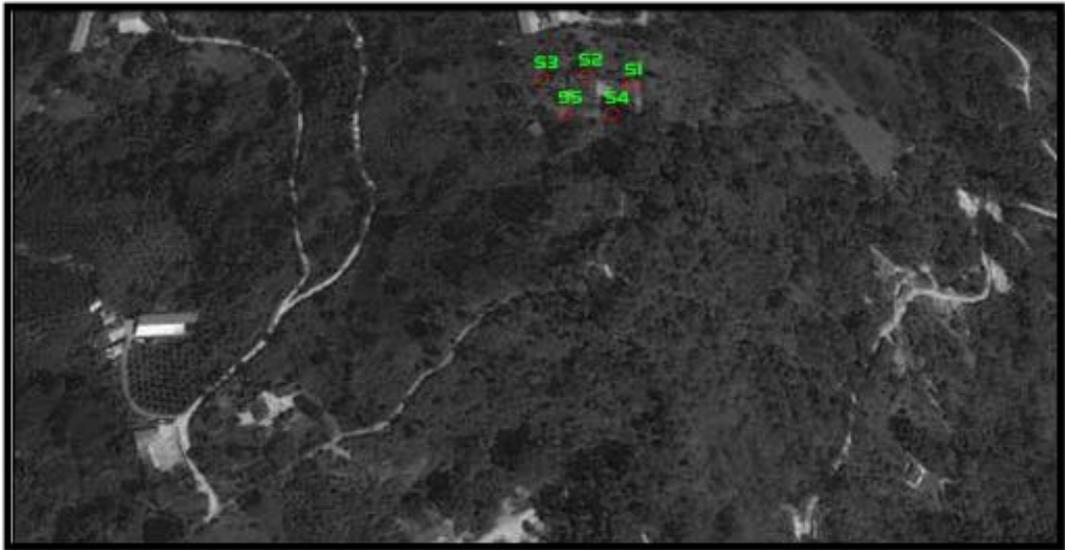
Fuente: Google Maps

El Megaproyecto “Cerro el Santísimo” se realizara en el sitio conocido actualmente como Cerro la Judía que se encuentra ubicado sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental de los Andes, en el departamento de Santander. Pertenece a la jurisdicción del municipio de Floridablanca, en la vereda Helechales. Forma parte del complejo de remanentes de bosque andino de las cuencas de los ríos Frío y Lato localizados al nororiente de Santander.

Las coordenadas geográficas basadas en la estación matriz: “Finca la Esperanza” son: (7°04'04,8"N y 73°04'03,9"O). La estación Finca la Esperanza cuenta con 149 ha con una topografía que varía desde los 1000 hasta los 2400 metros donde estará situado el monumento a la imagen de Jesucristo

4.2.2 Ensayo de SPT

Figura 50. Localización de los sondeos



A continuación se describe cada uno de los 5 sondeos realizados con una breve descripción del perfil estratigráfico (Tabla 29)

Tabla 29. Descripción de los perfiles encontrados en los sondeos

SONDEO	MATERIAL	REGISTRO FOTOGRAFICO		OBSERVACIONES
1	De los materiales encontrados se puede deducir que los primeros 10 mts están conformados por limos plásticos y ligeramente limosos; la resistencia a la penetración aumenta linealmente con la profundidad			Este sondeo se hizo a 22 mts, se hizo spt y en ocasiones se mostró rechazo debido a la tipología del suelo
2	Al igual que el primer sondeo se detectaron suelos limosos los primeros 6 mts, después de esta profundidad los parámetros de resistencia y compacidad del suelo característicos de una arena limosa mejoraron con la profundidad			Este sondeo se hizo a 15 mts, se hizo SPT y en ocasiones se mostró rechazo debido a la tipología del suelo

SONDEO	MATERIAL	REGISTRO FOTOGRAFICO		OBSERVACIONES
3	Los estratos de limo se disminuyen y se encuentran solo 4 mts de profundidad, después de los 10 mts aflora estratos se suelo competente mostrando rechazo al SPT	 	 	Este sondeo se hizo a 15 mts, se hizo spty en ocasiones se mostró rechazo debido a la tipología del suelo
4				Este sondeo se hizo a 35 mts, se hizo SPT y en ocasiones se mostró rechazo debido a la tipología del suelo

4.2.3 Perfiles Estratigráficos

4.2.3.1 Sondeo 1

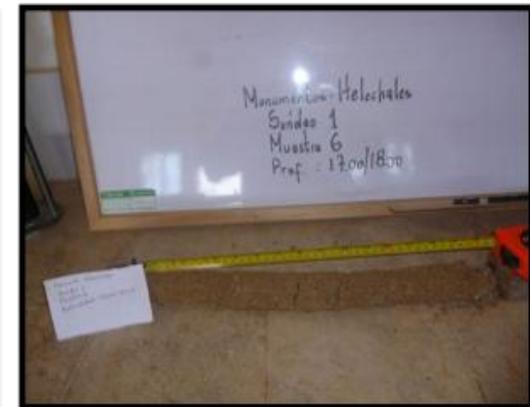




Tabla 30. Perfil estratigráfico sondeo 1

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.L.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA			0'-6"	6"-8"	8'-12"								
0,00			1	3	5	8	13	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color pardo oliva; Material escaso, no se realizo ensayo limites de consistencia	ML	23,28	-	-	-	62
	1,00			9	9	10	19							
1,00			2	8	10	11	21	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo sol	ML	18,05	40,8	30,7	10,1	74,7
	2,00			12	14	14	28							
4,00			3	5	7	9	16	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color cobre perlado; Material escaso, no se realizo ensayo limites de consistencia	ML	34,19	-	-	-	77,4
	5,00			11	12	13	25							
5,00			4	10	10	9	19	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color naranja intenso	ML	31,58	46,2	42,1	4,1	75,8
	6,00			10	10	10	20							
6,00							NQ	Se amplio, no se recupero muestra						
	8,00													
8,00			5	9	8	10	18	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color beige; Material escaso, no se realizo ensayo limites de consistencia	ML	20,37	-	-	-	64,5
	9,00			13	15	14	29							
9,00			6	9	15	17	32	Muestra compuesta por un limo plastico color pardo anaranjado	MH	34,6	50,6	43,7	6,9	60,7
	10,00			22	18	20	38							
10,00			7	13	13	14	27	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo pastel	ML	31,63	39,8	34,9	4,9	65,1
	11,00			16	21	20	41							
11,00								Se amplio no se recupero muestra						
	12,00													
12,00			8	9	13	14	27	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo pastel; Material escaso, no se realizo ensayo limites de consistencia	ML	24,35	-	-	-	53
	13,00			15	17	19	36							
13,00			9	13	13	14	27	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo naranja	ML	37,44	41	33,1	7,9	68,7
	14,00			20	18	20	38							
14,00			10	11	17	18	35	Muestra compuesta por una arena limosa color amarillo azafran	SM	18,87	32,7	28,8	3,9	33,7
	15,00			20	22	21	43							
15,00								Se amplio no se recupero muestra						
	16,00													
16,00			11	15	18	25	43	Muestra compuesta por una arena arcillosa ligeramente limosa color marfil claro	SC-SM	14,7	25	20,9	4,1	32,5
	17,00			25	29	34	63							
17,00			12				NQ	Muestra compuesta por una arena mal gradada ligeramente limosa color marfil claro	SP-SM	22,21	N.L	N.P	-	8,2
	18,00						NQ							
18,00			13	34	20	20	40	Muestra compuesta por una arena arcillosa ligeramente limosa color marfil claro	SC-SM	13,16	27,2	20,6	6,7	22
	19,00			33	37	42	79							
19,00			14				NQ	Muestra compuesta por una arena limosa color marfil	SM	18,57	N.L	N.P	-	23,9
	20,00						NQ							
20,00			15	19	22	27	49	Muestra compuesta por una arena limosa color pardo cobre	SM	12,92	N.L	N.P	-	32,3
	21,00			32	35	29	64							
21,00			16				NQ	Muestra compuesta por una arena mal gradada ligeramente limosa color marfil	SP-SM	23,96	N.L	N.P	-	7,1
	22,00						NQ							

4.2.3.2 Sondeo 2



Tabla 31. Perfil estratigráfico sondeo 2

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200	NIVEL FREÁTICO
DE	HASTA			0 - 6"	6" - 8"	8 - 12"									
0,00			1	3	6	6	12	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo naranja	ML	32,68	40	29,3	10,7	54,8	
	1,00			8	8	7	15								
1,00			2	8	10	9	19	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo azafrañ	ML	12,95	34,8	25,5	9,3	68,9	
	2,00			9	8	9	17								
2,00				CONO				Se amplio con cono, no se recupero muestra							
	4,00			CONO											
4,00			3	4	3	4	7	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo sol	ML	26,33	36,8	27	9,9	71,1	
	5,00			6	7	8	15								
5,00			4	3	4	7	11	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color naranja intenso	ML	26,28	45	37,5	7,5	83,6	
	6,00			17	13	17	30								
6,00				CONO				Se amplio con cono, no se recupero muestra							
	8,00			CONO											
8,00			5	12	16	21	37	Muestra compuesta por una arena limosa color rojo beige	SM	12,35	34	28,5	5,5	49,4	
	9,00			27	28	30	58								
9,00			6	20	18	16	34	Muestra compuesta por una arena limosa color amarillo azafrañ	SM	18,67	30,2	25,7	4,5	49,4	
	10,00			17	16	18	34								
10,00				CONO				Se amplio con cono, no se recupero muestra							
	11,50			CONO											
11,50			7	14	17	21	38	Muestra compuesta por una arena limosa color marfil claro	SM	11,44	35,1	26,1	8,9	42,8	
	12,50			24	25	25	50								
12,50			-	CONO				Se amplio con cono, no se recupero muestra							
	14,00			CONO											
14,00			8	16	14	17	31	Muestra compuesta por una arena limosa color amarillo pastel	SM	14,63	33,6	25,1	8,5	47,3	
	15,00			20	19	25	44								

4.2.3.3 Sondeo 3



Tabla 32. Perfil estratigráfico sondeo 3

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N SPT	DESCRIPCIÓN	S.U.C.S	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200	NIVEL FREÁTICO
DE	HASTA			0 - 6"	6" - 9"	8 - 12"									
0,00			1	3	5	5	10	Muestra compuesta por un limo inorganico color pardo ocre	ML	36,52	44,3	33,6	10,7	64,1	
	1,00			4	5	5	10								
1,00			-	CONO				Se amplio con cono, no se recupera muestra							
	3,00			CONO											
3,00			2	5	6	7	13	Muestra compuesta por un limo inorganico color anarillo azafran	ML	13,59	35,5	32,9	2,6	69,9	
	4,00			7	8	8	16								
4,00			3	9	8	13	21	Muestra compuesta por una arena limosa color amarillo pastel	SM	28,31	36,1	32,6	3,5	42,7	
	5,00			13	14	12	26								
5,00				CONO			0	Se amplio con cono, no se recupera muestra							
	6,00			CONO			25								
6,00			4	13	12	13	23	Muestra compuesta por una arena limosa color amarillo azafran	SM	21,61	33,6	30,1	3,5	36,2	
	7,00			14	12	11	0								
7,00				CONO			0	Se amplio con cono, no se recupera muestra							
	9,00			CONO			40								
9,00			5	10	17	23	40	Muestra compuesta por una arena limosa color marfil claro	SM	15,07	27,4	23,5	3,9	40,5	
	10,00			13	14	26	40								
10,00				CONO				Se amplio con cono, no se recupera muestra							
	11,00			CONO											
11,00			6	26	30	30	60	Muestra compuesta por una arena limosa color beige	SM	17,21	28,1	24,6	3,5	43,2	
	12,00			32	33	32	65								
12,00			-	CONO				Se amplio con cono, no se recupera muestra							
	13,00			CONO											
13,00			7	26	30	33	55	Muestra compuesta por una arena limosa color amarillo azafran	SM	18,05	26,6	24,8	1,8	43,8	
	14,00			27	31	29	61								
14,00			8	28	25	30	55	Muestra compuesta por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo azafran	ML	17,73	33,3	28,8	4,4	52,4	
	15,00			31	29	32	61								

4.2.4 Ensayos de granulometría, límite líquido, límite plástico y porcentaje de humedad. Las muestras representativas obtenidas de los sondeos se sometieron a una serie de ensayos que conto con pruebas de Humedad Natural I.N.V. E – 122, Límites de Atterberg I.N.V. E – 125 y I.N.V. E-126 , Granulometría por tamizado con lavado I.N.V. E -123 y ensayos de Corte directo I.N.V. E – 154. Todas ellas se clasificaron por el Sistema Unificado de Suelos (USCS).

Los resultados y cada una de las clasificaciones se encuentran en el anexo 2 del informe y a medida de resumen se pueden observar los datos en cada una de las fichas de los perfiles estratigráficos de cada sondeo

4.2.5 Ensayos Geofísicos. El estudio sísmico de refracción se llevó a cabo con el sismógrafo ES-3000. Un sistema de Ordenador portátil (LAPTOP) que se conecta a la caja de adquisición, que se utiliza para controlar el sistema de registro de los datos.

Una batería de 12V como fuente para la caja de adquisición y una placa de acero con un martillo de 16Lb con los cuales se genera una señal buena captada por los geófonos.

Se usa el Seismodule Controller Software (SCS) para la adquisición de los registros de las señales captadas por los geófonos, este programa viene como parte del paquete enviado por GEOMETRICS en la compra del equipo SISMOGRAFO ES-3000.

4.2.5.1 Especificación del sismógrafo ES-3000, (Tomado Geometrics ES-3000 Specifications)

- Configuración: Seismodule de 8 ó 12 canales impermeables para despliegue en campo. Seismodule ES-3000 es operado desde Windows TM

98/NT4/ME/ 2000/XP basado en PC's. el sistema incluye ES-3000 Operating Software (ESOS) con el software opcional software para sensor de vibración, explosivos y monitoreo de terremotos.

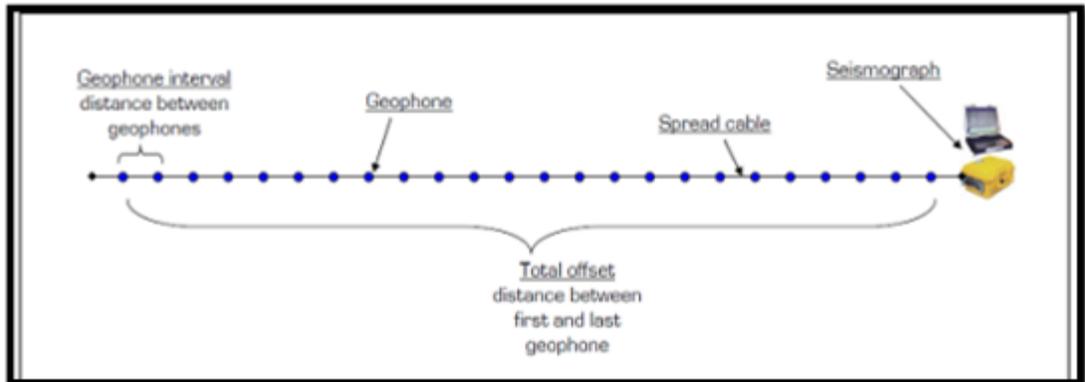
- Software del sistema: el software de operación básico (ESOS) incluye un complemento completo de adquisición, filtrado, graficas, y funciones de almacenamiento.
- Convertidor A/D: resulta al usar un Semiconductor de 24-bit Crystal sigmadelta convertidor propiedad de geometrics. Rango Dinámico: 144 dB (Para el sistema); 110 dB (instantáneo, medido) en 2 ms, 24 dB.
- Línea de Prueba: Un monitor de Ruido en tiempo real nos muestra en la pantalla todo lo captado por el geófono en uso.
- Distorsión: 0.0005% @ 2 ms, 1.75 a 208 Hz.
- Ancho de Banda: 1.75 Hz hasta 820 kHz. 0.6 y DC opción válida para frecuencias bajas.
- Almacenamiento de datos: Se almacenan los datos en formato SEG2.
- Rechazo de modo común: $>100\text{dB}$ at ≤ 100 Hz, 36 dB. □ Interferencias: -125 dB a 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.
- Ruido del suelo: 0.20 uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 hasta 208 Hz.
- Aplicado preciso de disparo: 1/32 de muestreo por intervalo.

- Ambiente: -30 a 70 grados Celsius. Impermeable y sumergible.
- Máxima Señal de salida: 177 mV2.8V P-P, 24 dB.
- Ganancia de preamplificadores: 24 a 36 dB, seleccionable desde el software.
- Impedancia de salida: 20 kOhm, 0.02 uf.
- Filtros Anti-alias: hasta 3 dB en el 83% de la frecuencia de Nyquist, hasta 90 dB \geq frecuencia de Nyquist.

4.2.5.2 Metodología. Se realiza un tendido de 24 geófonos espaciados entre sí para una longitud variable dependiendo del sector. Sobre este tendido se realizaron lecturas de ida y vuelta, con disparos separados una distancia aproximadamente de 1m del primer y último geófono.

Se realiza una configuración de tal manera que el primer geófono está ubicado en $x=-1m$ y el último en $x=+1m$. La configuración de geófonos y disparos se determinó en campo según la disponibilidad actual del espacio libre para este arreglo experimental.

Figura 51. Distribución de geófonos



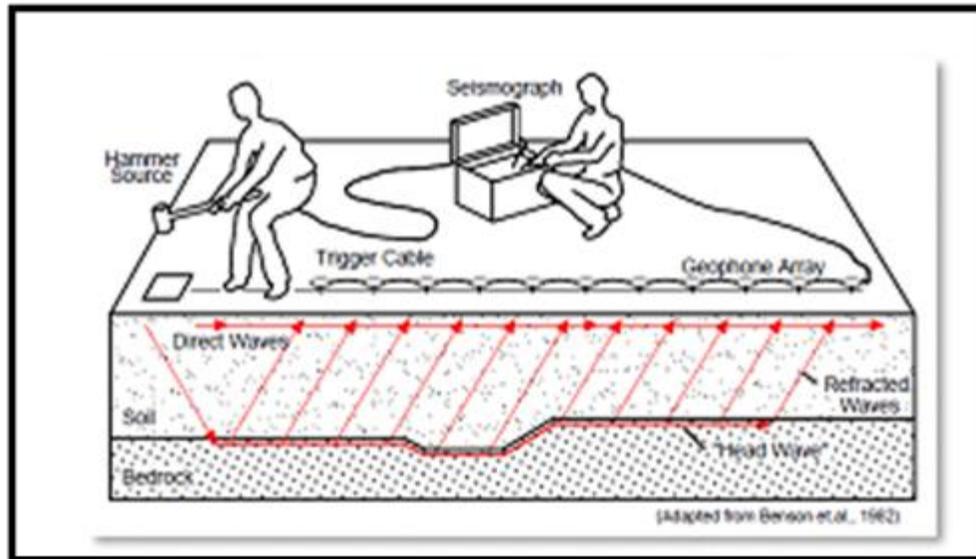
Fuente: Geometrics, Inc. www.geometrics.com – september 2009 r4a

La anterior distribución se realiza teniendo en cuenta el principio físico de la sismica de refracción.

4.2.5.3 Principio físico de refracción sísmica. Una fuente impulsiva crea una sismica de onda (ondas sonoras) que viaja a través de la tierra. Cuando el frente de onda alcanza un nivel de mayor velocidad (por ejemplo, roca) una porción de la energía se refracta, o se dobla, y viaja a lo largo del refractor como "frente de onda" a la velocidad del refractor (BedRock).

La energía a partir de la propagación de los frentes de onda deja el refractor en el "ángulo crítico" de refracción y vuelve a la superficie, donde su llegada es detectada por una serie de geófonos y registrada en un sismógrafo. El ángulo de refracción depende de la relación de velocidades en los dos materiales (Ley de Snell). Los tiempos de viaje de los impulsos generados por los frentes de onda son captados por cada geófono y registrados en el sismógrafo. De estos tiempos de recorrido podemos calcular las velocidades de cada capa, su profundidad y podemos inferir sus propiedades físicas.

Figura 52. Esquema de ejecución de refracción sísmica



Fuente: Benson et.al., 1982

Para cada sitio inicial y final de disparo se repitieron 3 veces, con lo cual se tienen señales para comparar y mediante inspección del ruido de la señal se tomó la mejor muestra para cada disparo en su respectiva posición.

Cabe anotar que en este sector se hace una excavación con máquinas y personal activo todo el tiempo, además de su cercanía con las vías de acceso y principales, cables de alta tensión y otras fuentes que pueden provocar ruido en nuestra señal captada. Por lo anterior se optan los siguientes parámetros:

Filtros: 15Hz y 60Hz, Ambos de baja frecuencia.

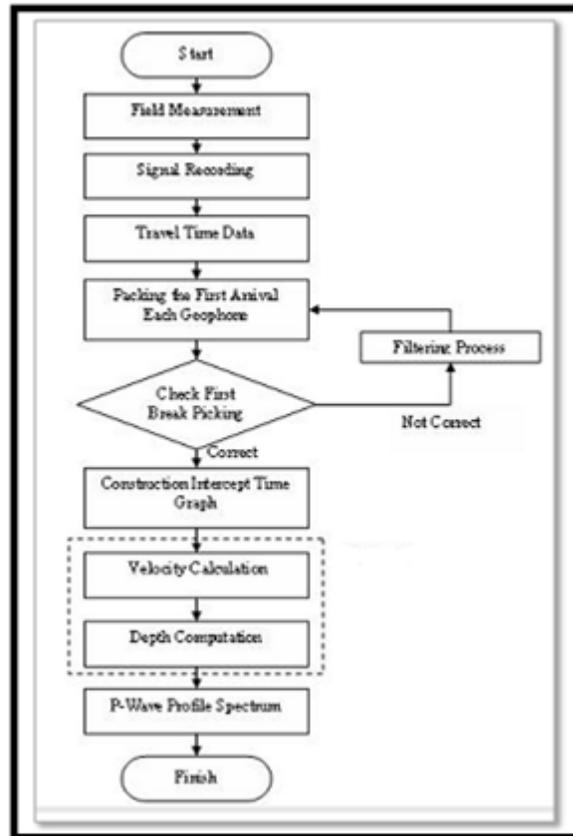
Intervalo de muestreo de 0.25ms;

Tiempo de grabación de 0.25s;

Delay de 0s.

4.2.5.4 Procesamiento de datos. La técnica de procesamiento de los datos sísmicos se explica en la siguiente figura.

Figura 53. Diagrama de flujo para procesamiento de datos



Fuente: Palmer, D., 1986, Refraction Seismics. Geophysical Press

Los datos análogos de propagación de la onda sísmica son resultado directo de las mediciones en campo hechas por el equipo. La unidad de adquisición del sismógrafo transmite datos análogos a los datos digitales. La información importante de estos datos digitales para la sísmica de refracción es la información de las primeras llegadas de las ondas P que se propagan hacia los geófonos.

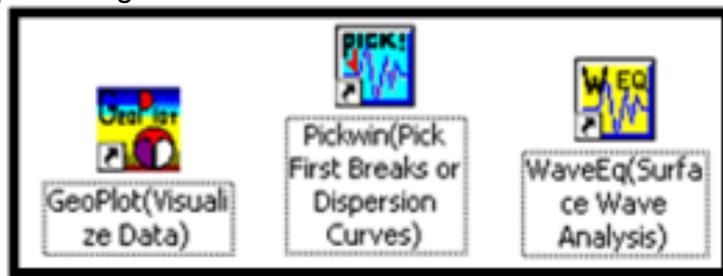
Los datos de tiempo para los primeros arribos en cada geófono se trazan gráficamente relacionando el número del geófono o su posición relativa versus el tiempo de los primeros arribos de las ondas P para cada punto de disparo, en

nuestro caso son dos puntos de disparo, en la forma habitual de dromocronas. Con esto se inicia la interpretación y análisis de dicha información.

4.2.5.5 Selección de las primeras llegadas. La detección de la primera llegada se realiza sobre la base del cambio producido por la señal captada, cuando la traza pasa de contener solo ruido a contener ruido y señal (Boschetti et al. 1996). En el análisis de selección de los primeros arribos, son necesarios los conocimientos de propagación de las ondas sísmicas con el fin de diferenciar las ondas P de llegada de la refracción de otras ondas sísmicas como la Rayleigh y las ondas S. El proceso final es calcular la velocidad de las Ondas P y el espesor de cada capa en base a los datos de la gráfica Tiempo-recorrido.

Para la selección de las primeras llegadas y el posterior análisis se usa el paquete **SEISIMAGER** desarrollado por Geometrics. En el cual se usa los módulos Pickwin (Pick First Break or Dispersion Curves), Plotrefa (Refraction Analysis), WaveEq (Surface Wave Analysis).

Figura 54. Paquete de geometrics

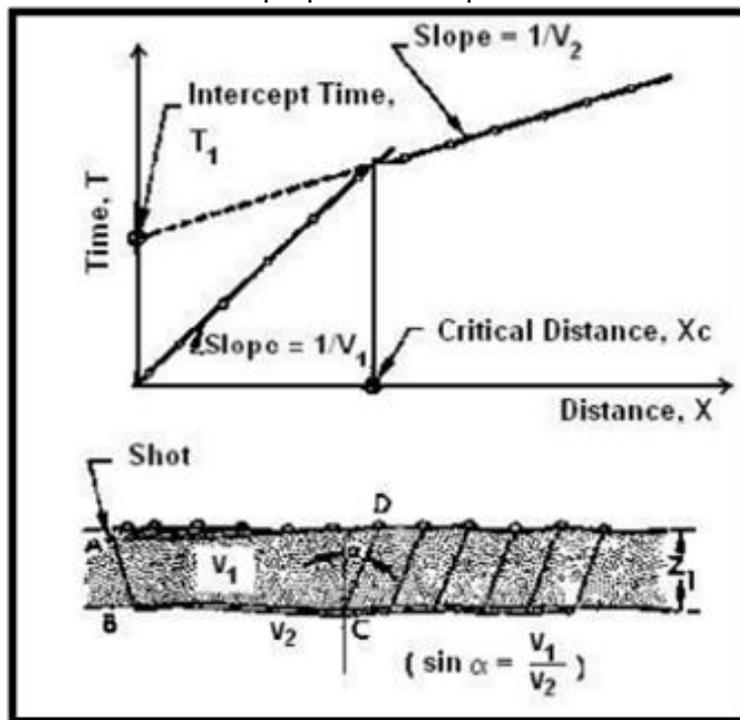


Fuente: Seisimager, Geometrics

4.2.5.6 Curvas camino-tiempo. Estas curvas son generadas a partir de los tiempos de las primeras llegadas de las ondas, a cada uno de los geófonos, y la distancia o ubicación que hay entre cada geófono y el punto de disparo.

Estos tiempos pueden ser obtenidos directamente del sismógrafo, como también es posible imprimir el registro para un análisis detallado, ó descargar los datos del registro a un computador para visualizarlo y realizar la selección, como se. Es posible también usar programas para realizar la selección de manera automática. En la siguiente figura se muestra una curva camino-tiempo y parte de la terminología usada en la sismica de refracción. En ella se esquematiza la llegada de la onda directa, la onda refractada y los procesos de reflexión.

Figura 55. Curva Camino – Tiempo para un disparo de refracción



Fuente: Palmer, D., 1986, Refraction Seismics. Geophysical Press

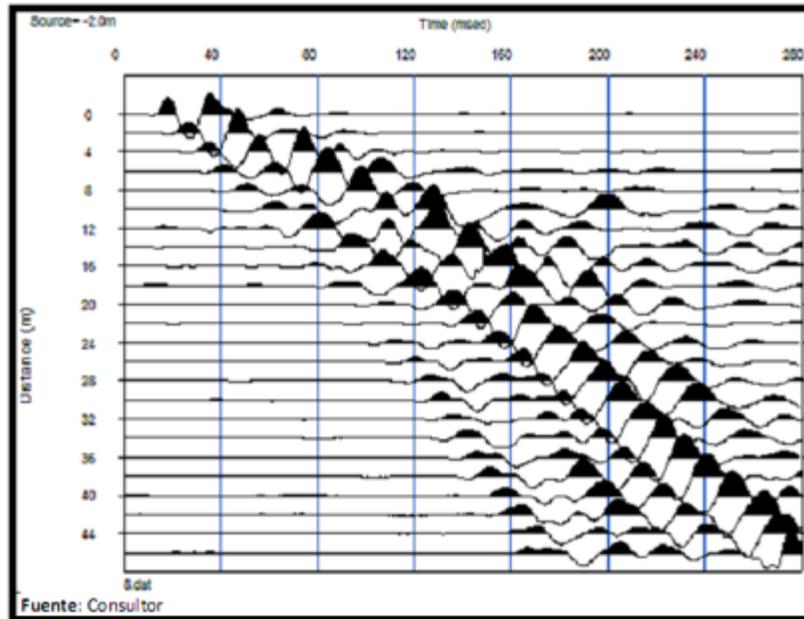
En la figura anterior se muestra una curva de tiempo-recorrido para un disparo que está a la izquierda del tendido. Las ondas recorren entonces de izquierda hacia la derecha (donde está ubicado el último geófono), la distancia X representa la posición relativa del geófono.

4.2.5.7 Línea sísmica.



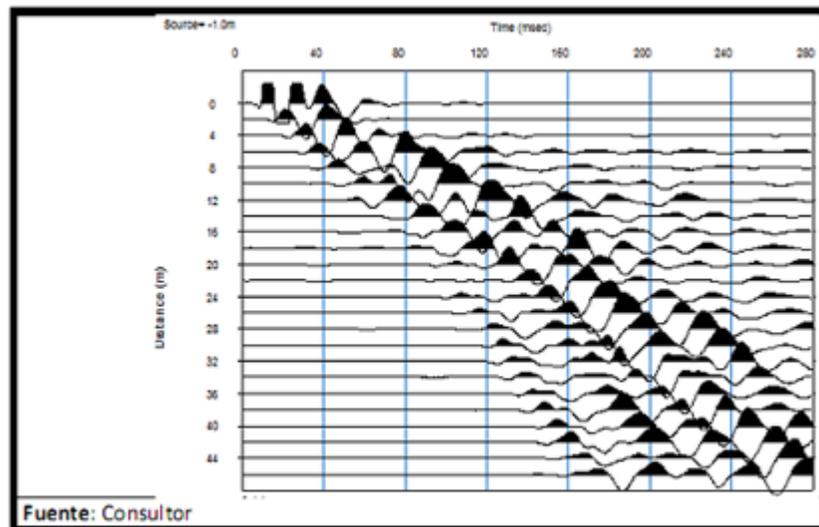


Figura 56. Dromocronas – Línea Sísmica , -2.0m



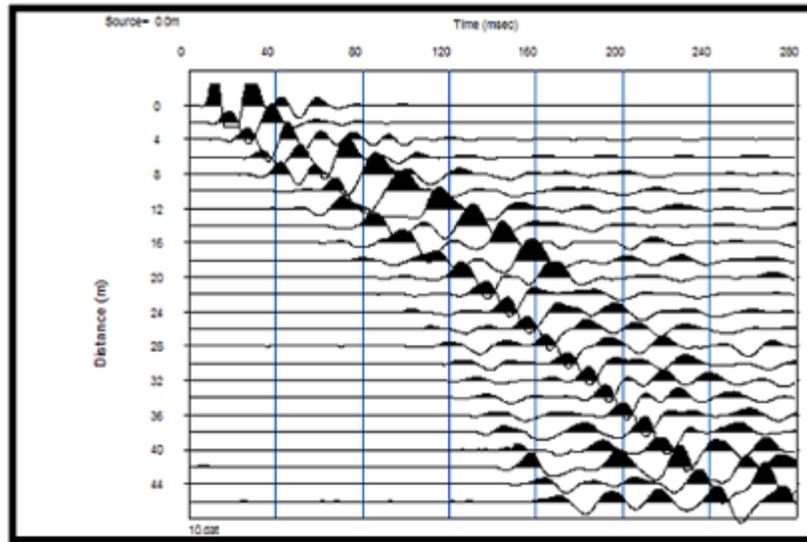
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 57. Dromocronas – Línea Sísmica , -1.0m



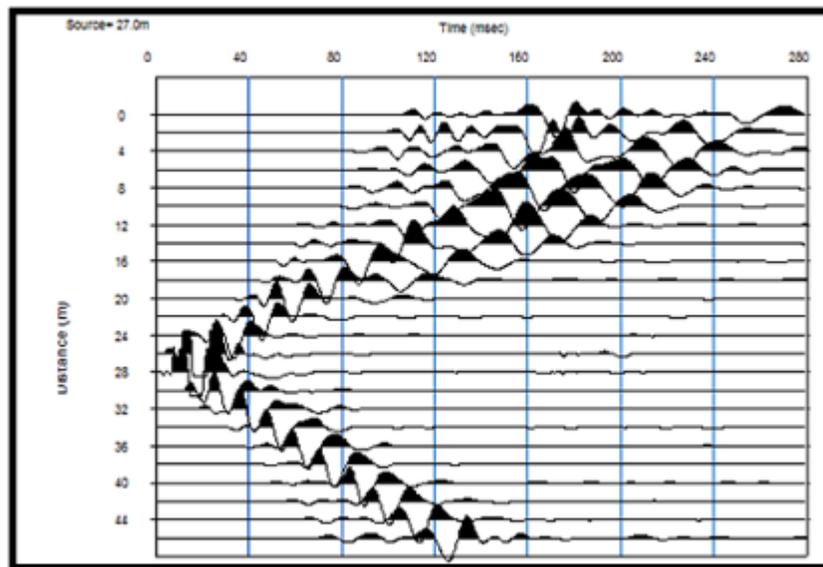
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 58. Dromocronas – Línea Sísmica , -0.0m



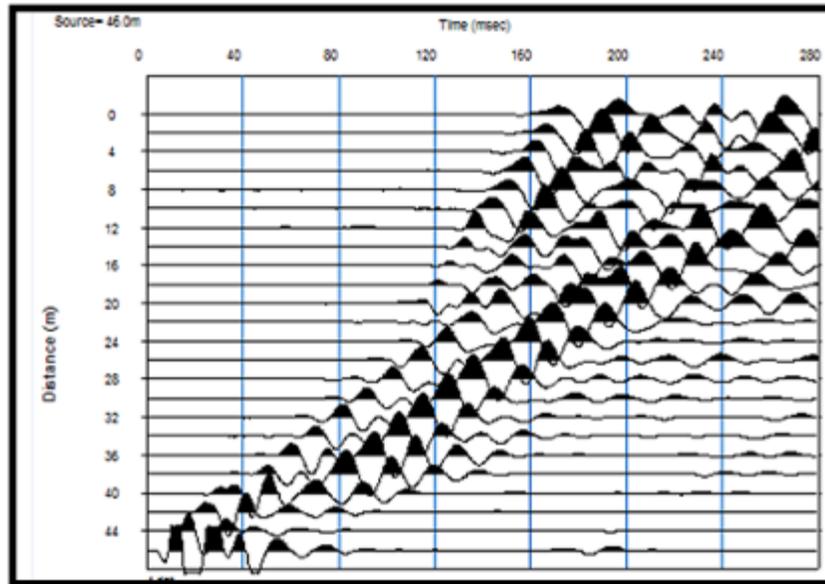
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 59. Dromocronas – Línea Sísmica , 27.0m



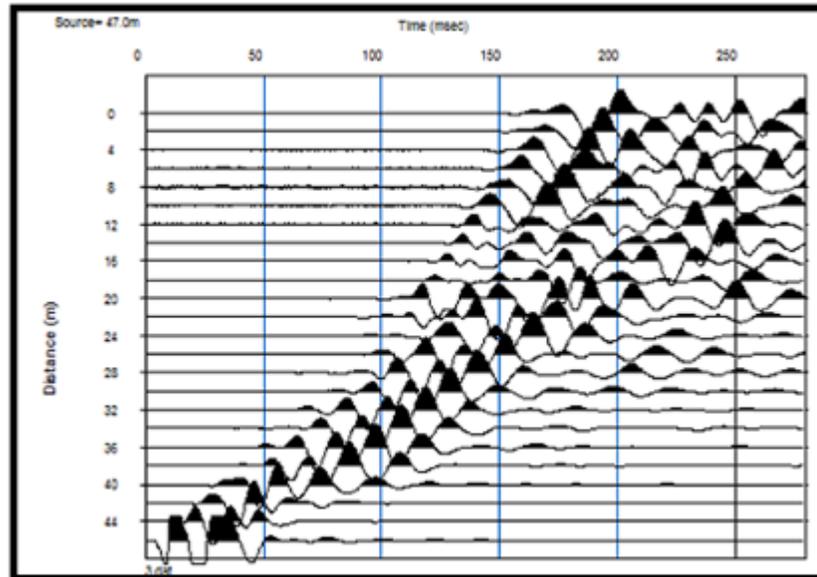
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 60. Dromocronas – Línea Sísmica , 46.0m



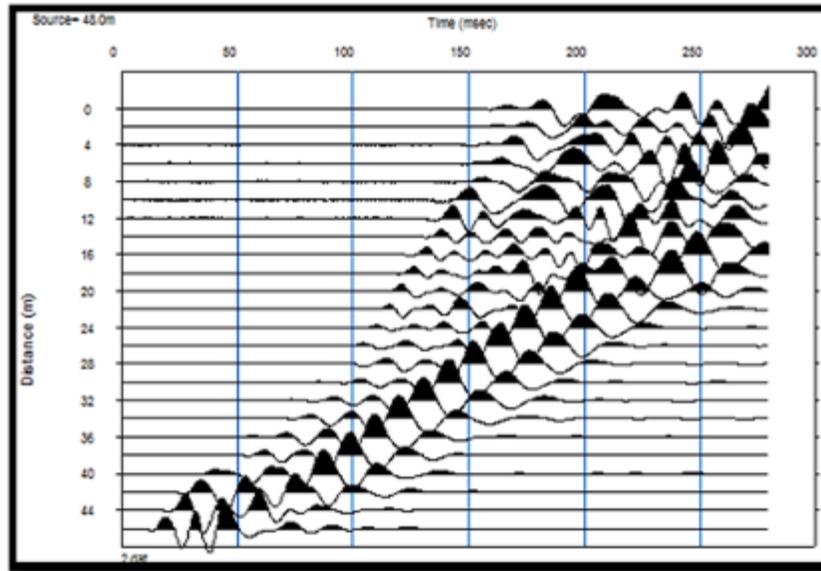
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 61. Dromocronas – Línea Sísmica , 47.0m



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 62. Dromocronas – Línea Sísmica , 48.0m



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 63. Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica

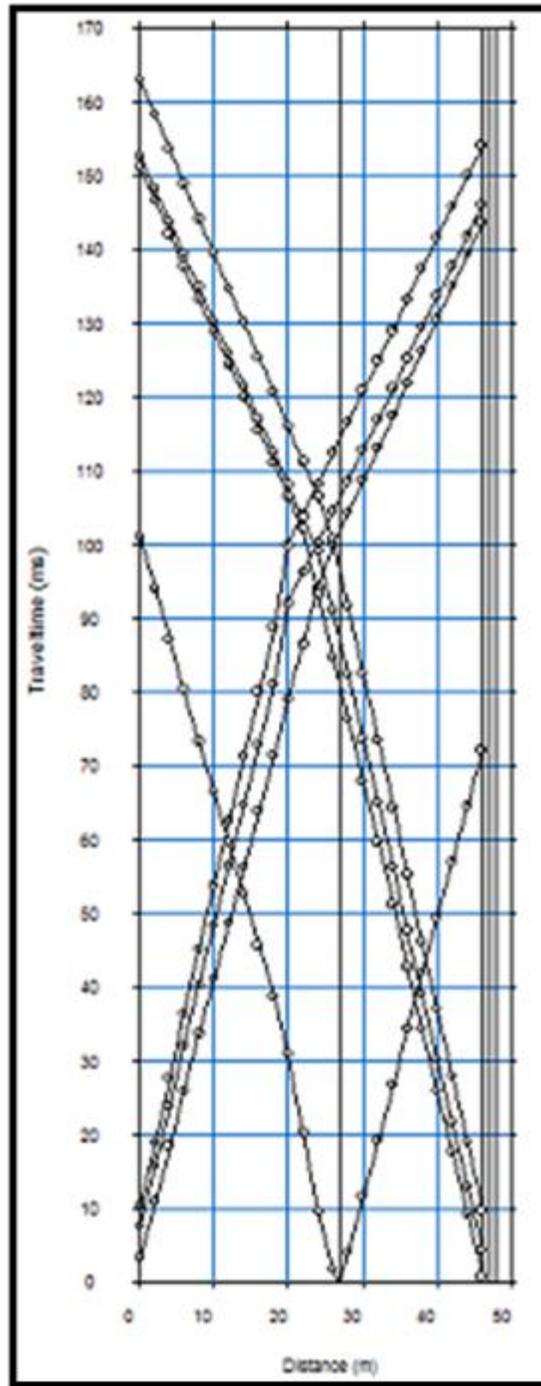
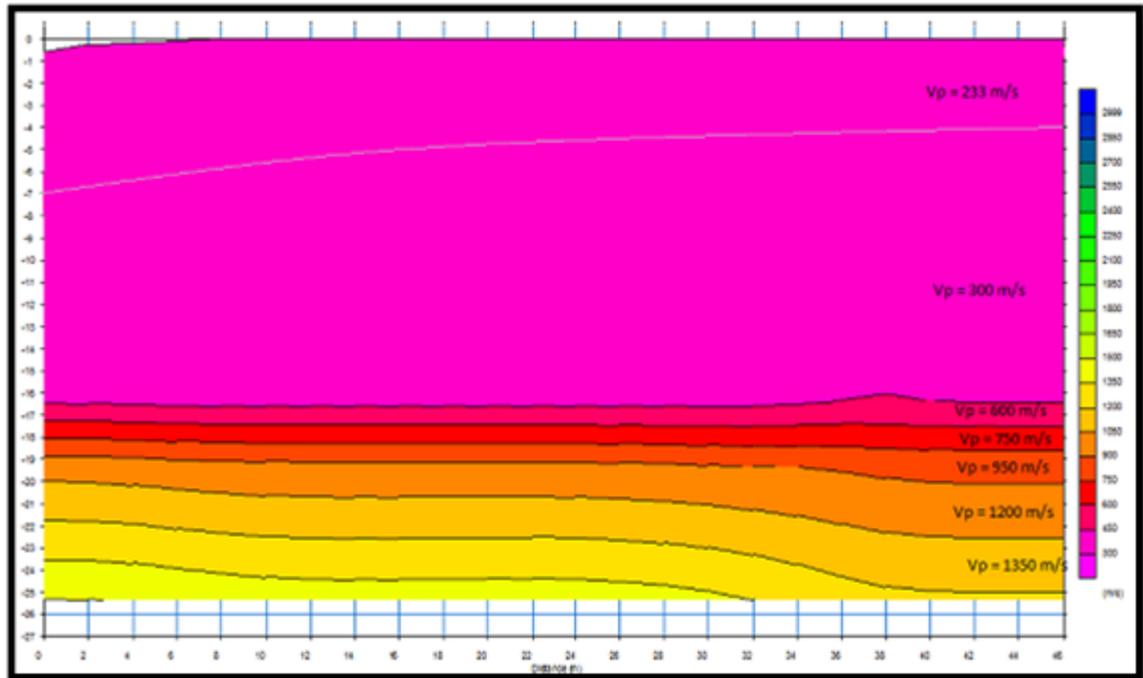


Figura 64. Tomografía Línea Sísmica



No. Geófonos = 24

Offset = 2m

Longitud= 46m

Disparos = 10

Profundidad Máxima = 24m

- **Color magenta CAPA 1**

Vp = 454 m/s

$$V_s = 254.11 \text{ m/s}$$

Corresponde a material de relleno poco compactado. Interface = -3 m

- **Color Amarillo CAPA 2**

$$V_p = 1967 \text{ m/s}$$

$$V_s = 1125.64 \text{ m/s}$$

Qbg miembro gravoso de la formación Bucaramanga. Interface = -13m

Cálculos a partir de las velocidades de onda

$w(\%) = -2.23 V_p + 11.6$	(1) PRESIÓN EFECTIVA DE POROS
$\rho_{dry} = 0.19 V_p + 1.61 [g / cm^3]$	(2) PESO UNITARIO
$\rho_{sat} = 0.14 V_p + 1.88 [g / cm^3]$	(3) PESO UNITARIO SATURADO

(1)(2)(3) P-wave velocity test for assessment of geotechnical properties of some rock materials. Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Pamukkale University, Denizli, Turkey

Donde según la inversión sísmica,

$$w(\%) = 7.13 \%$$

$$\rho_{dry} = 19.83 \text{ [KN/m}^3\text{]}$$

$$\rho_{sat} = 21.55 \text{ [KN/m}^3\text{]}$$

- **Color Azul CAPA 3**

$$V_p = 3329 \text{ m/s}$$

$$V_s = 1824.99 \text{ m/s}$$

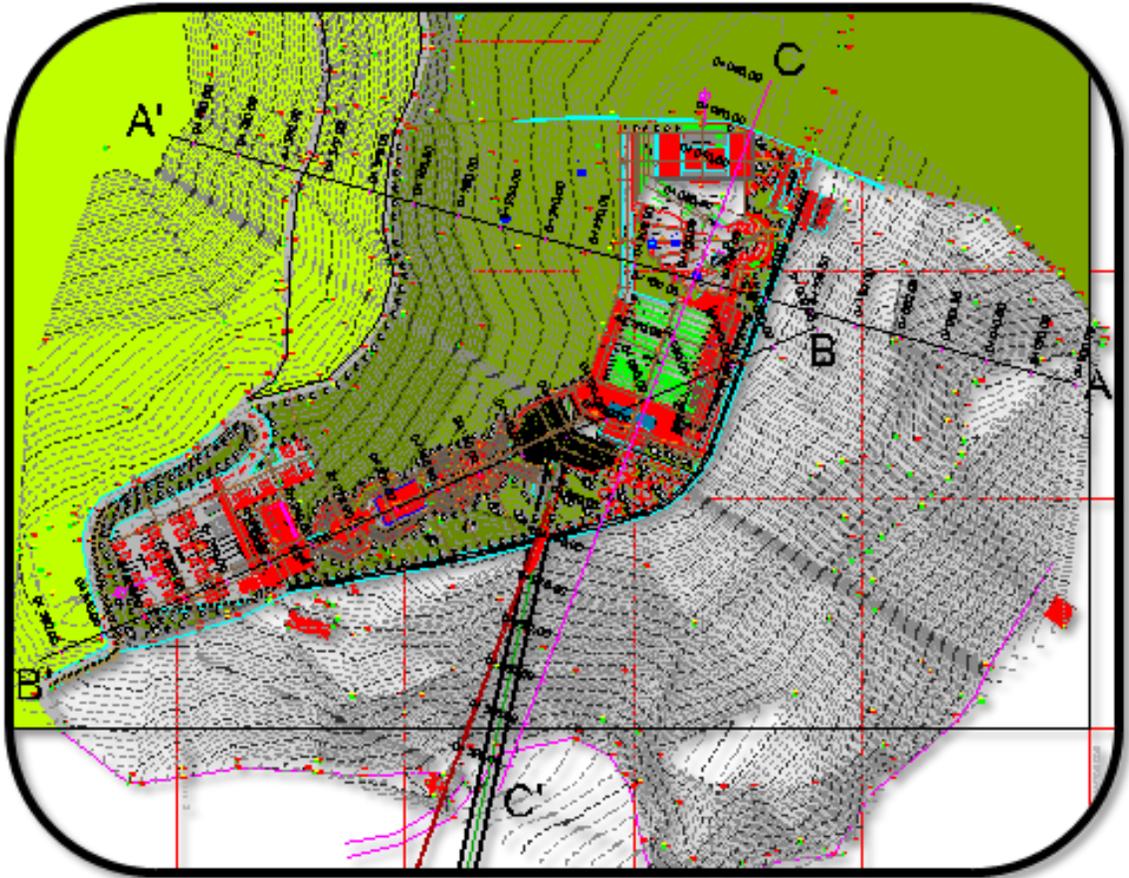
Formación Girón.

4.2.6 Correlaciones del ensayo de SPT

4.2.7 Determinación de los datos de entrada del modelo geotécnico

4.2.8 Elaboración del modelo geotécnico

Figura 65. Plano en planta del terreno



TALUD AA'

Figura 66. Análisis de estabilidad sección A-A

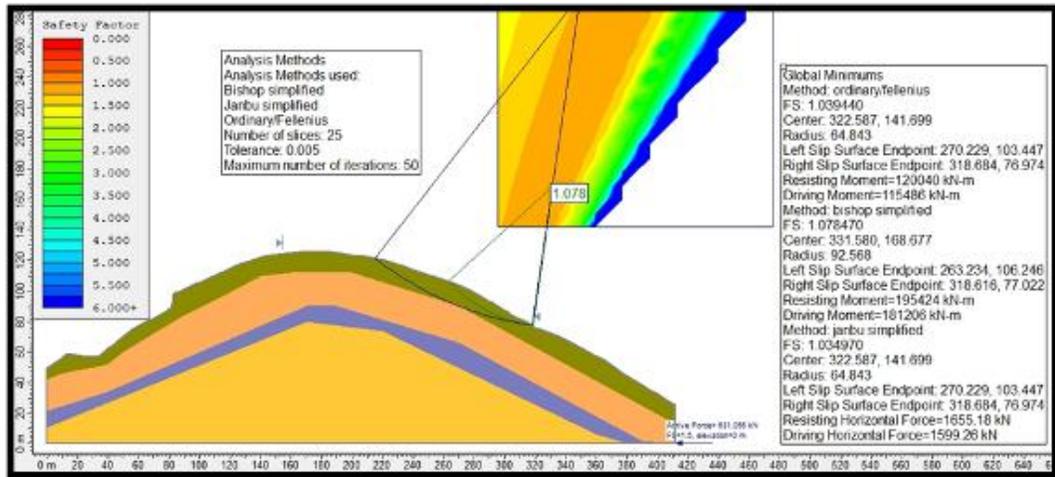


Figura 67. Análisis de estabilidad con carga sección A-A

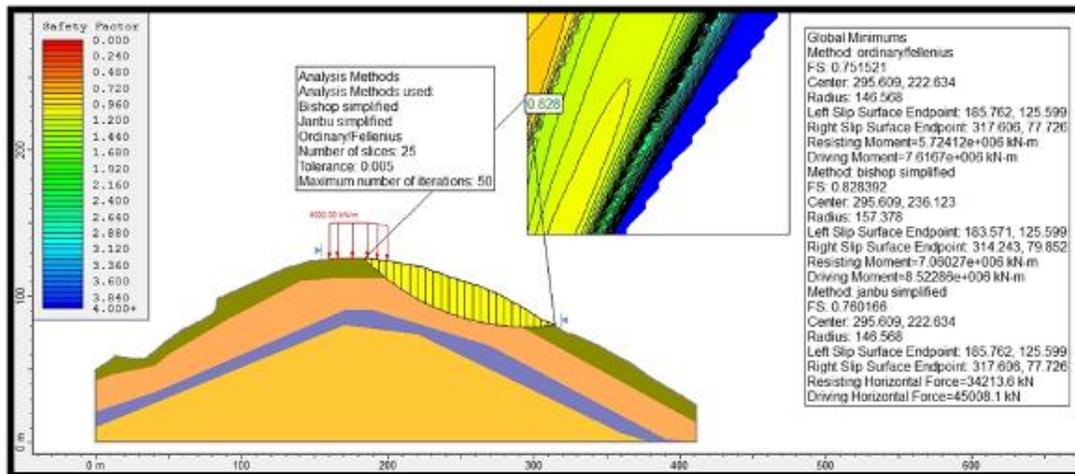
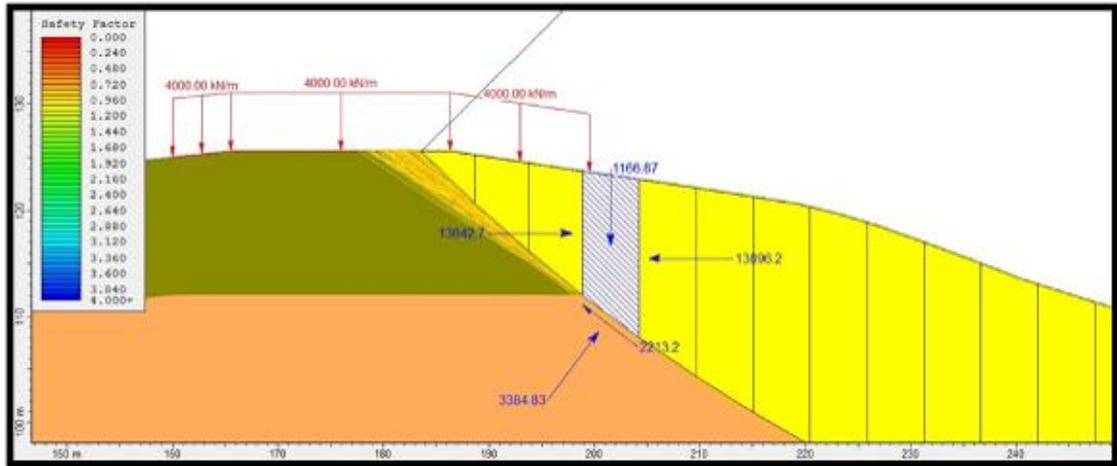


Figura 68. Análisis Dovela típica sección A-A



Slice Number: 4 (bishop simplified)
 Factor of Safety: 0.828392
 Base Friction Angle: 28 degrees
 Base Cohesion: 5 kPa
 Slice Width: 5.39598 m
 Base Length: 6.73103 m
 Angle of Slice Base: -36.7113 degrees
 Slice Weight: 1166.87 kN
 Frictional Strength: 267.38 kPa
 Cohesive Strength: 5 kPa
 Shear Strength: 272.38 kPa
 Mobilized Shear Resistance: 328.806 kPa
 Base Shear Force: 2213.2 kN
 Base Normal Force: 3384.83 kN
 Base Normal Stress: 502.87 kPa
 Effective Normal Stress: 502.87 kPa
 Pore Pressure: 0 kPa
 Positive Pore Pressure: 0 kPa
 Matric Suction: 0 kPa

Excess Pore Pressure: 0 kPa
 Initial Pore Pressure: 0 kPa
 Left Side Normal Force: 13642.7 kN
 Left Side Shear Force: 0 kN
 Left Side Resultant Force: 13642.7 kN
 Left Side Force Angle: 0 degrees
 Right Side Normal Force: 13896.2 kN
 Right Side Shear Force: 0 kN
 Right Side Resultant Force: 13896.2 kN
 Right Side Force Angle: 0 degrees
 Horizontal Seismic Force: 0 kN
 Vertical Seismic Force: 0 kN
 Resultant Seismic Force: 0 kN
 M-Alpha: 1.18442
 Y coordinate - Bottom: 112 m
 Y coordinate - Top: 123.706 m

Figura 69. Análisis Dovela típica sección A-A

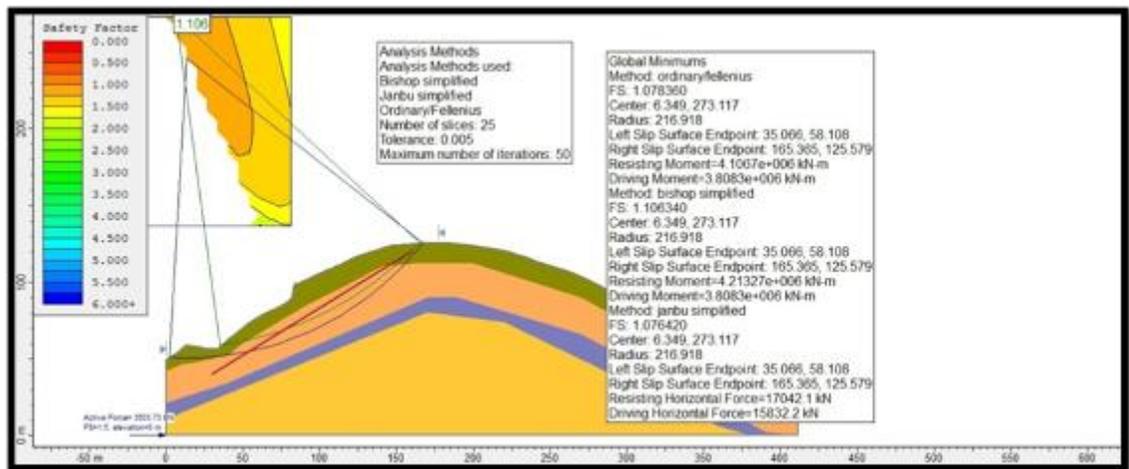
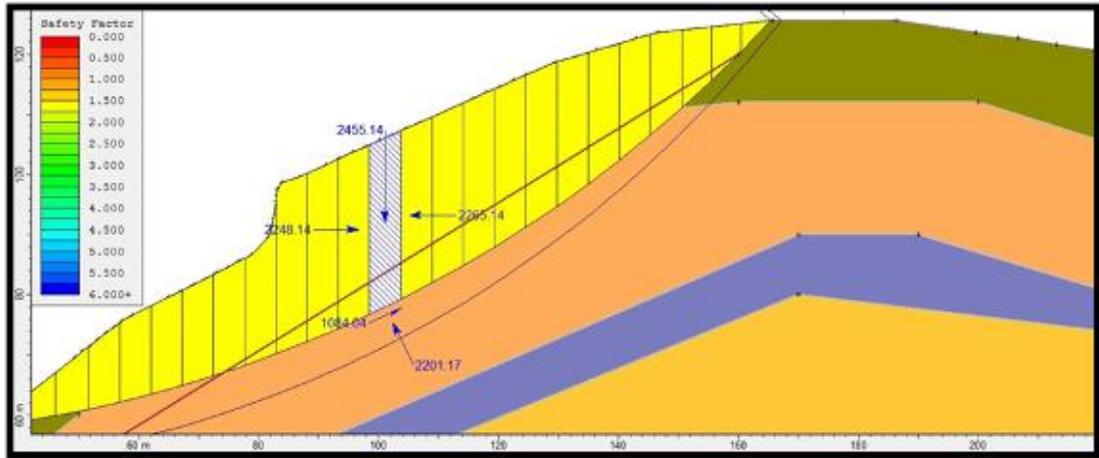
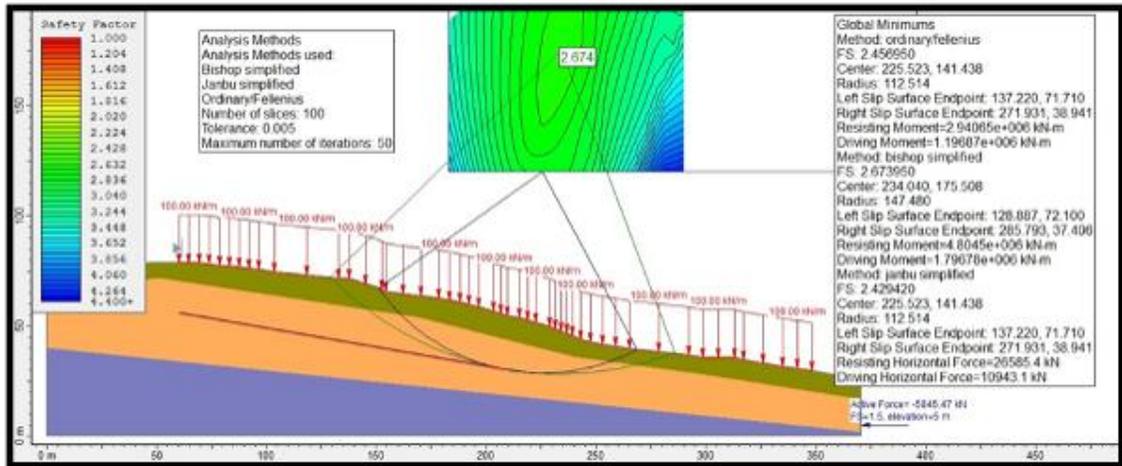


Figura 70. Análisis Dovela típica sección A-A



TALUD BB'

Figura 71. Análisis de estabilidad sección B-B



Document Name

File Name: talud bb

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Ordinary/Fellenius

Number of slices: 100

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 100
kN/m

Back Analysis

Required Factor of Safety: 1.5

Reinforcement Load Elevation: 5 m

bishop simplified Active Force: -5845.47 kN

Center (225.523, 120.144) Radius 91.471

bishop simplified Passive Force: -8768.2 kN

Center (225.523, 120.144) Radius 91.471

janbu simplified Active Force: -6772.14 kN

Center (225.523, 120.144) Radius 91.471

janbu simplified Passive Force: -10158.2 kN

Center (225.523, 120.144) Radius 91.471

Material Properties

Material: SUELO TIPO 1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 16 kN/m³

Cohesion: 5 kPa

Friction Angle: 25 degrees

Water Surface: None

Material: SUELO TIPO 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 28 degrees
Water Surface: None

Material: SUELO TIPO 3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius
FS: 2.456950
Center: 225.523, 141.438
Radius: 112.514
Left Slip Surface Endpoint: 137.220, 71.710
Right Slip Surface Endpoint: 271.931, 38.941
Resisting Moment=2.94065e+006 kN-m
Driving Moment=1.19687e+006 kN-m

Method: bishop simplified
FS: 2.673950
Center: 234.040, 175.508
Radius: 147.480
Left Slip Surface Endpoint: 128.887, 72.100

Right Slip Surface Endpoint: 285.793, 37.406

Resisting Moment=4.8045e+006 kN-m

Driving Moment=1.79678e+006 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 2.429420

Center: 225.523, 141.438

Radius: 112.514

Left Slip Surface Endpoint: 137.220, 71.710

Right Slip Surface Endpoint: 271.931, 38.941

Resisting Horizontal Force=26585.4 kN

Driving Horizontal Force=10943.1 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: ordinary/fellenius

Number of Valid Surfaces: 10975

Number of Invalid Surfaces: 17636

Error Codes:

Error Code -103 reported for 1554 surfaces

Error Code -1000 reported for 16082 surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 10975

Number of Invalid Surfaces: 17636

Error Codes:

Error Code -103 reported for 1554 surfaces

Error Code -1000 reported for 16082 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 10975

Number of Invalid Surfaces: 17636

Error Codes:

Error Code -103 reported for 1554 surfaces

Error Code -1000 reported for 16082 surfaces

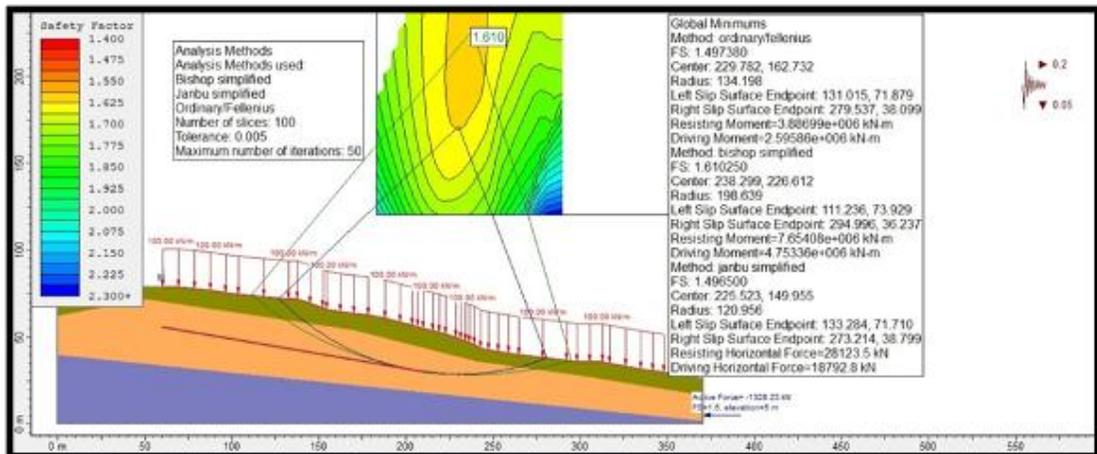
Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

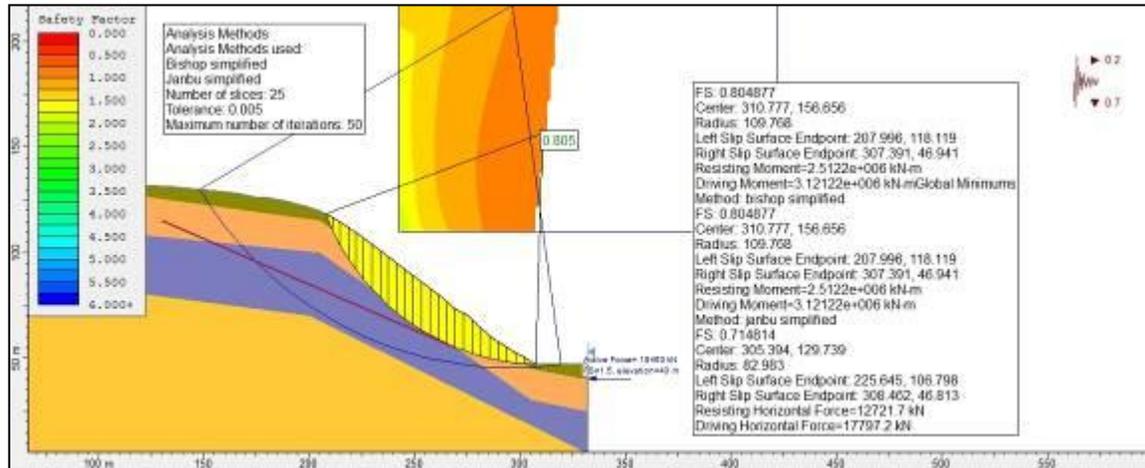
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Figura 72. Análisis de estabilidad en condiciones dinámicas sección B-B



TALUD CC'

Figura 73. Análisis de estabilidad en condiciones dinámicas sección C-C



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: talud cc

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.2

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.7

Back Analysis

Required Factor of Safety: 1.5

Reinforcement Load Elevation: 40 m

bishop simplified Active Force: 18463 kN
Center (296.421, 217.669) Radius 172.378

bishop simplified Passive Force: 27694.5 kN
Center (296.421, 217.669) Radius 172.378

janbu simplified Active Force: 30763.2 kN
Center (287.449, 160.245) Radius 119.807

janbu simplified Passive Force: 46144.8 kN
Center (287.449, 160.245) Radius 119.807

Material Properties

Material: SUELO TIPO 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None

Material: SUELO TIPO 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 28 degrees
Water Surface: None

Material: SUELO TIPO 3
Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: SUELO TIPO 4
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 0.804877
Center: 310.777, 156.656
Radius: 109.768
Left Slip Surface Endpoint: 207.996, 118.119
Right Slip Surface Endpoint: 307.391, 46.941
Resisting Moment=2.5122e+006 kN-m
Driving Moment=3.12122e+006 kN-m

Method: janbu simplified
FS: 0.714814
Center: 305.394, 129.739
Radius: 82.983
Left Slip Surface Endpoint: 225.645, 106.798
Right Slip Surface Endpoint: 308.462, 46.813
Resisting Horizontal Force=12721.7 kN

Driving Horizontal Force=17797.2 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 46549

Number of Invalid Surfaces: 65662

Error Codes:

Error Code -109 reported for 3 surfaces

Error Code -1000 reported for 65659 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 46549

Number of Invalid Surfaces: 65662

Error Codes:

Error Code -109 reported for 3 surfaces

Error Code -1000 reported for 65659 surfaces

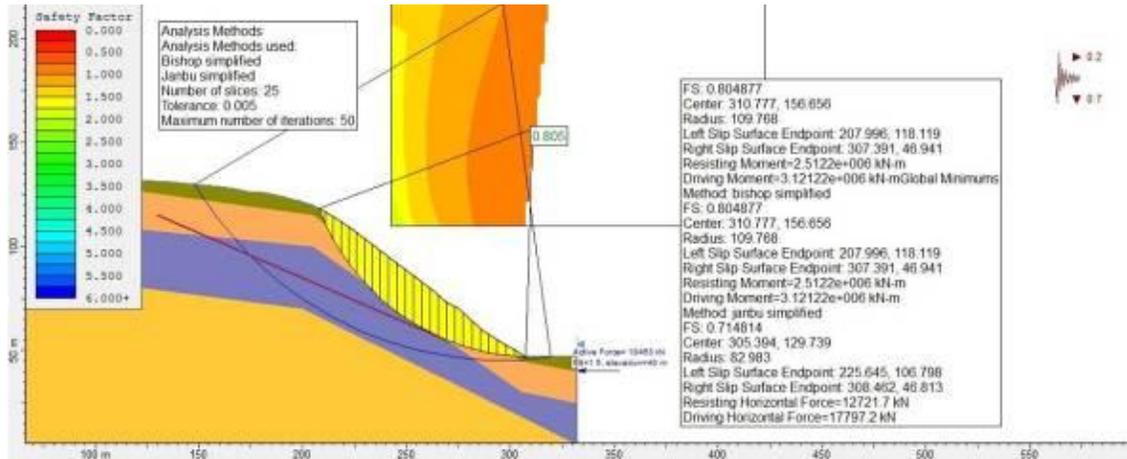
Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Figura 74. Análisis de estabilidad en condiciones dinámicas sección B-B



4.2.9 Conclusiones del modelo geotécnico.

4.2.9.1 Cálculo de la capacidad portante para cimentación a 5 mts de profundidad. De acuerdo a la investigación del subsuelo encontramos suelos areno-limosos (SM) no plásticos y gravas limosas (GM) no plásticas. Teniendo cuenta que durante el ensayo de penetración estándar (SPT en inglés) se obtuvo rechazo con niveles entre 22m y 23m de profundidad, se supone que los materiales por debajo de tal profundidad se encuentren con un grado de rigidez igual al mayor a los estratos superiores. Calculamos el $N_{correctado}$, trabajando con una corrección del 65%

Este valor "N" depende del tipo de suelo, el nivel de confinamiento y la densidad del terreno, pero también está influenciado por el procedimiento de realización del ensayo y el equipo. De acuerdo con lo anterior, el valor de resistencia "N" debe corregirse en función de la energía aplicada. La siguiente expresión corrige este valor al 65% de la energía según el equipo utilizado.

factor	equipo variable	término	corrección		
relación de energía	martillo <i>donut</i>	Ce = er/60	0.5 a 1.0	0,6	
	martillo de seguridad		0.7 a 1.2		
	martillo automático		0.8 a 1.5		
diámetro del sondeo	65 a 115 mm	Cb	1.00	1	
	150 mm		1.05		
	200 mm		1.15		
método de muestreo	muestreo estándar	Cs	1.00	1,2	
	muestreo no estándar		1.1 a 1.3		
longitud de varillas	3 a 4 m	Cr	0.75		
	4 a 6 m		0.85		
	6 a 10 m		0.95	0,9	
	10 a > 30 m		1.00		
					0,65

PROFUNDIDAD	N	N(CORREG)	DR (%)	Cu (KN/M2)	ϕ	ϕ'
0,5	7	5	28	89	28	21
1	9	6	31	103	28	21
2	12	8	36	128	30	22
3	15	10	41	151	31	23
4	18	12	45	173	32	24
5	22	14	48	194	33	25
6	25	16	52	214	34	26
7	28	18	55	233	35	26
8	31	20	58	252	36	27
9	34	22	61	270	36	27
10	37	24	64	288	37	28
11	40	26	66	305	38	28
12	44	28	69	322	39	29
13	47	30	71	338	39	29
14	50	32	73	355	40	30
15	53	34	76	371	41	30
16	56	36	78	386	41	31
17	59	39	80	402	42	31
18	62	41	82	417	42	32
19	66	43	84	432	43	32
20	69	45	86	447	43	33
21	72	47	88	462	44	33
22	75	49	90	476	44	33
23	78	51	92	490	45	34
24	81	53	94	504	45	34
25	84	55	96	518	46	34
26	88	57	97	532	46	35
27	91	59	99	546	47	35
28	94	61	101	560	47	36
29	97	63	103	573	48	36
30	100	65	104	586	48	36
31	103	67	106	599	49	37
32	106	69	107	613	49	37
33	110	71	109	626	50	37
34	113	73	110	638	50	37
35	116	75	112	651	50	38
36	119	77	114	664	51	38
37	122	79	115	676	51	38
38	125	81	117	689	52	39
39	128	83	118	701	52	39
40	132	86	119	714	52	39
41	135	88	121	726	53	40

Los factores de corrección anteriormente enunciados se aplican a éste valor de número de golpes de diseño (N=25) obteniéndose los valores corregidos mostrados en la siguiente Tabla tomando como esfuerzo efectivo vertical el calculado para una profundidad de 10m con un peso unitario del suelo de fundación de 18kN/m³. A partir de la estimación de N₆₀ y del esfuerzo efectivo, se puede estimar el valor del ángulo de fricción del material de acuerdo a la siguiente Ecuación propuesta por Kulhawy y Mayne (1990).

A partir de ésta ecuación, se obtiene una estimación para el ángulo de fricción de 40°. A éste valor se le aplica un factor de reducción que tenga en cuenta la incertidumbre asociada a los materiales presentes en el terreno. Por lo anterior, aplicando un factor de reducción de 0.75*Ø, se obtiene un valor de 30° para el ángulo de fricción de diseño.

$$\phi' = \tan^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\sigma'_0}{P_a} \right)} \right]^{0.34}$$

Ndiseño	N60	N1(60)	Angulo de fricción (°)	Ø 'diseño (°)
25	14	18,7	40	30

Para el análisis de la capacidad portante del suelo se tienen en cuenta varias aproximaciones. Hay que anotar que a pesar de que el suelo es principalmente friccionante por el contenido de arena, el contenido de materiales relativamente finos como los limos ofrece cierto grado de cohesión aparente al suelo por su estado de saturación parcial.

En ese sentido se asume una valor de cohesión del terreno de $c=10\text{kN/m}^2$ a tener en cuenta junto con el ángulo de fricción de diseño como parámetro de resistencia drenados que definen convenientemente la envolvente de resistencia del suelo de fundación.

La primera de ellas es la propuesta de Meyerhof para el cálculo de capacidad portante en cimientos superficiales. Se pueden distinguir tres componentes; la componente cohesiva, la de sobrecarga del terreno y la del peso de la cuña de falla. Asumiendo una profundidad de cimentación por debajo 10m del nivel de excavación del terreno, se presentan los valores de capacidad portante admisible para un factor de seguridad de 3.0 en la siguiente tabla teniendo en cuenta diferentes valores de ancho del cimiento. En este caso no se consideran factores de forma, inclinación y excentricidad de la carga pero sí de profundidad. Por otra parte, se considera el suelo como saturado, teniendo en cuenta que dicha condición representa un estado crítico.

$$q_{ult} = c'N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Ancho del cimiento, B (m)	Longitud, L (m)	q_ult (kN/m ²)	q_admisible (kN/m ²)
1,5	1,5	1061	353
2	2	1049	349
2,5	2,5	1054	351
3	3	1069	356

Alternativamente la capacidad portante admisible se puede estimar a través de correlaciones. Meyerhof (1956) planteó la siguiente ecuación para estimar la capacidad portante neta a partir del número de golpes corregido (N1)60

considerando un ancho del cimiento $B > 1.22\text{m}$. Como se puede observar ofrece valores bastante conservativos de la capacidad portante.

$$q_{neta(adm)} = 7.99(N_1)_{60} \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2$$

Ancho del cimiento, B (m)	q_admisible (kN/m2)
1,5	215
2	200
2,5	187
3	180

Bowles (1977) propuso unas ecuaciones modificadas para el cálculo de la capacidad portante admisible. A partir de la siguiente ecuación y teniendo en cuenta un asentamiento admisible de $S_e = 25\text{mm}$ se estiman los siguientes valores de capacidad portante admisible neta para un ancho del cimiento $B > 1.33\text{m}$

$$q_{neta(adm)} = 11.98(N_1)_{60} \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25} \right)$$

Donde

$$F_d = \left[1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \right] \leq 1.33$$

Ancho del cimiento, B (m)	q_admisible (kN/m2)
1,5	394
2	345
2,5	318
3	301

Teniendo en cuenta los resultados estimados para la capacidad admisible se acoge como capacidad portante admisible el valor mínimo determinado por la Ecuación propuesta por Bowles (1977), por lo tanto la capacidad admisible es de $q_{adm} = 300\text{kN/m}^2$. Teniendo en cuenta estos aspectos, se espera que el asentamiento inmediato del terreno esté alrededor de los 25mm tal y como se utilizó para la ecuación de capacidad portante. Por otra parte, no se esperan asentamientos por consolidación del terreno, teniendo en cuenta que los materiales asociados al nivel de cimentación tienen componente arenoso y gravoso. Por tanto, ante la aplicación de los incrementos de esfuerzos, no se espera que se desarrollen incrementos en la presión de agua en los poros.

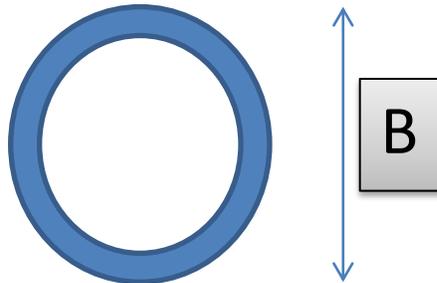
Una aproximación básica para el cálculo del módulo de deformación elástico E_s en condiciones drenadas se puede obtener asumiendo un promedio de los valores típicos para el tipo de materiales encontrados. Según Das (2010), el módulo elástico para suelos areno-limosos está entre 10.75 y 17.25 MPa, por otra parte para materiales que tienen combinación de arena y grava este intervalo de valores está entre 69 y 172 MPa. Teniendo cuenta que el suelo de fundación es una combinación de ambos tipos de materiales pero predominando los suelos arenolimosos, se asume un valor de módulo elástico de $E_s=20\text{MPa}$. Este valor y tomando como esfuerzo sobre el terreno una sobrecarga aproximada por la edificación de 135kPa (15kN/m² por piso x 9 niveles)

4.2.10 Calculo del Caisson. Para las condiciones de diseño, los cálculos en la base del caisson se realizaron asumiendo que se cimentaría sobre un suelo homogéneo conformado por suelo limo arenoso, no plásticos, de compacidad media a compacta.

Se evalúa la capacidad de carga de los caissons para condiciones de diseño, asumiendo que el estrato portante está conformado por suelo limo arenoso, no plástico y de compacidad media a compacta.

4.2.10.1 Metodología para el cálculo de la capacidad admisible de caissons.

Las ecuaciones que se emplearon para calcular la capacidad de carga son las mismas que se utilizan para los pilotes hincados, pero haciendo uso de tablas con parámetros correspondientes a este tipo de cimentación. Los tipos de caissons que fueron diseñados para la cimentación fueron caissons abiertos pre excavados, el detalle del caisson abierto empleado en la cimentación se aprecia en la Fig. siguiente:



4.2.10.2 Condiciones de Diseño. Con los parámetros determinados en base a los estudios geotécnicos se procedió al cálculo de la capacidad de carga de diseño del caisson. En la evaluación de la capacidad de carga en la base del caisson se consideró que se cimentará sobre suelo limo arenoso, no plástico y de compactación media a compacta a una profundidad de 11.0 mts. Los cuadros siguientes muestran las evaluaciones de la capacidad de carga por fricción y por punta para las condiciones de diseño encontradas.

PROF.	NPROM	MATERIAL
0,50	12	ML
1	15	
1,50	20	
2,00	23	
2,50	18	
3	14	
3,50	13	
4,00	16	
4,50	15	
5	22	
5,50	15	
6,00	25	
6,50	25	
7	23	
7,50	24	SM
8,00	26	
8,50	28	
9	44	
9,50	35	
10,00	37	
10,50	37	
11	41	
11,50	49	
12,00	58	
12,50	40	
13	36	
13,50	41	
14,00	50	
14,50	40	
15	49	SC-SM
15,50	45	
16,00	44	
16,50	43	
17	63	
17,50	60	
18,00	70	
18,50	75	
19	79	
19,50	75	
20,00	80	
20,50	70	
21	70	

4.2.10.3 Metodo 1

Fórmulas de capacidad última en la base		
Suelos Friccionantes		Suelos Cohesivos
Método 1	Método 2	
$Q_{p(net)} = A_p (N'_s - 1) \sigma'_v$ $A_p = \pi D^2/4$	$Q_{p(net)} = A_p ((1+2K_o) N'_c / 3 - 1) \sigma'_v$ $I_{rr} = (ES/2(1+u_s) \sigma'_v T_g \phi)$ $ES = 78.2 N_{SP\tau} \quad u_s = 0.3$	$Q_{p(net)} = A_p C_u N'_c$ $N'_c = 9$

4.2.10.4 Cálculo de la carga última en la base

TIPO	D	NSPT	ϕ	Nq	Ap(M2)	σ'_v2	Qp(net) (Ton)	Ko=1-sen ϕ	Es(ton/M2)	tg(ϕ)	Irr	N'c	Qp(net) (Ton)	Qu
1	10	25	27	13	78,54	17	16022,12	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	19148,40	5024,36
2	9	25	27	13	63,62	17	12977,92	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	15510,21	4069,73
3	8	25	27	13	50,27	17	10254,16	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	12254,98	3215,59
4	7	25	27	13	38,48	17	7850,84	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	9382,72	2461,94
5	6	25	27	13	28,27	17	5767,964	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	6893,42	1808,77
6	5	25	27	13	19,63	17	4005,531	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	4787,10	1256,09
7	4	25	27	13	12,57	17	2563,54	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	3063,74	803,90
8	3	25	27	13	7,07	17	1441,991	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	1723,36	452,19
9	2	25	27	13	3,14	17	640,8849	0,5460095	1955	0,510	86,81	22	765,94	200,97

En la tabla anterior se resumen las diferentes posibilidades de caissons a 11 mts de profundidad donde encontramos suelos limo arenosos, no plástico y de compacidad media a compacta.

Se recomienda diseñar caissons de 6 mts de diámetro, los cuales pueden soportar una carga Qu= 1800 ton.

4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DEL BARRIO LA CUMBRE DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA

El desarrollo de proyectos urbanísticos en el Área Metropolitana de Bucaramanga es un proceso que debe ceñirse a la normatividad establecida con el fin de dar cumplimiento a las políticas oficiales encaminadas a planificar y utilizar de manera

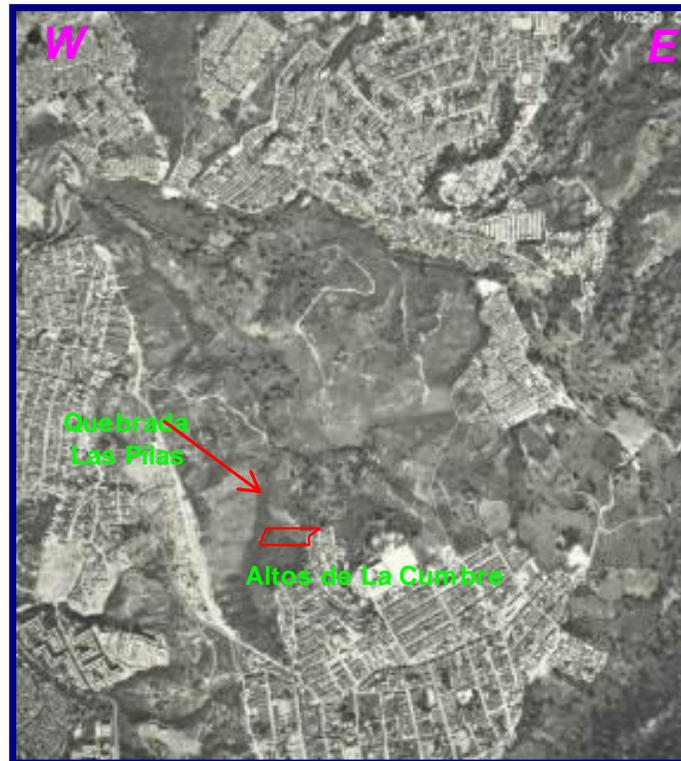
óptima el suelo, de acuerdo con sus características y factores constitutivos, además de contribuir con la prevención de desastres naturales. Un estudio de amenaza, riesgo y vulnerabilidad se realiza con el fin de delimitar correctamente los contactos entre las unidades geológicas, geomorfológicas y geotécnicas presentes en el área a desarrollar, corrigiendo de esta manera imprecisiones en el trazado de los mismos.

El presente documento contiene la información geológica obtenida a partir del análisis y control de campo realizado en el predio en el cual se desarrollará el proyecto de vivienda Altos de la Cumbre (predio identificado con el número 01-02-133-0016-000), junto con la propuesta de nueva zonificación dentro de la clasificación Geotécnica establecida por Ingeominas y la CDMB en el marco del Estudio de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga.

4.3.1 Localización del proyecto. El terreno objeto de estudio se localiza en el sector nororiental del municipio de Floridablanca, en el Cerro de La Cumbre a 990 metros de altitud sobre el nivel del mar. Esta expresión del relieve es considerada como un “cerro de obturación” (Shutter Ridge), elevada por la actividad neotectónica de la falla de Bucaramanga y forma parte geomorfológicamente de la zona de Valle Intermontano, en el cual se localizan la mayor parte del sector urbano de los municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga, interconectado por la red de vías y servicios públicos, así como por los corredores de vegetación de protección paralelos a las cañadas y quebradas (figura1).

En color rojo se resalta el proyecto Altos de La Cumbre. Vuelo C-2526, fotografía No. 257 del IGAC.

Figura 75. Localización del área de estudio en el sector nororiental del cerro La Cumbre.



4.3.2 Geología. El proceso estructural, sedimentológico y morfológico que definió las condiciones actuales del sector La Cumbre inició a partir del Mioceno Tardío – Plioceno (hace 10.5 millones de años) cuando sucedió el episodio compresional Andino, evento en el cual el arco de islas Baudó – Panamá colisionó contra la placa Suramericana produciendo un intenso levantamiento de la cordillera Oriental que reactivó el desplazamiento de la Falla Bucaramanga–Santa Marta, las fallas normales transversales asociadas (fallas de la Mesa de Los Santos y Ruitoque) y la deformación de las rocas del Macizo de Santander. Los movimientos de las fallas antes mencionadas originaron una depresión tectónica o dovela ligeramente hundida hacia el norte que a la postre sería la cuenca para la depositación de sedimentos recientes (Boinet et al., 1989; Niño y Vargas, 1993).

En el Pleistoceno las formaciones del Jurásico fueron afectadas por los procesos denudativos de la glaciación Alpina que se encargó de erodirlas, transportar sus fragmentos y depositarlos en forma de un gran abanico aluvial cuyo ápice se ubicó al sur del cerro Morrórico, punto a partir del cual se dispersó el material, depositándose los sedimentos finos en la parte más distal. Hacia el final del Pleistoceno tardío, cuando la actividad tectónica cesó y las lluvias mermaron, las corrientes superficiales retrabajaron el material depositado hacia el ápice, conformando el miembro Gravoso y Finos de la Formación Bucaramanga.

Una reactivación de la Falla de Bucaramanga desplazó el Macizo de Santander y re direccionó hacia el norte al río Suratá, lo cual podría haber producido un desequilibrio en los sedimentos emplazados en el norte del abanico, dando origen a los primeros procesos de remoción en masa en el norte de la ciudad.

4.3.2.1 Estratigrafía. Formación Girón. Esta unidad fue descrita inicialmente por Hettner (1892) como “Girón Series” en Ward et al., (1973). Estratigráficamente suprayace la formación Jordán e infrayace la formación Tambor, aflorando entre otros sectores en los alrededores de la Mesa de Ruitoque, en el cerro de La Cruz en Piedecuesta y por supuesto en el sector de La Cumbre.

En la sección tipo Cediél (1968) midió un espesor total de 4650 m y la dividió en 7 facies litológicas que en general, están constituidas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y capas rojas interestratificadas de limolita y arcillolita, en estratos hasta de 1 m de espesor, areniscas de grano grueso, conglomeráticas, gris claro, con estratificación cruzada y areniscas rojizas, de grano medio a grueso. Las capas conglomeráticas contienen guijos de cuarzo y de calizas hasta de 4 cm de diámetro.

En los alrededores de Floridablanca, esta unidad muestra niveles de areniscas conglomeráticas de color marrón rojizo con intercalaciones de areniscas violáceas,

de grano fino. Las areniscas conglomeráticas están intercaladas con niveles de areniscas de grano medio de mala selección. Estos bancos de areniscas son muy competentes; sin embargo presentan alto grado de fracturamiento tanto paralelo como perpendicular a la estratificación.

Las rocas de la formación Girón presentan alteraciones medias a altas, principalmente hacia el cerro de la Cruz en Piedecuesta y en el cerro de Palonegro. Ward et al., (1973) le asigna una edad Jurásica a esta unidad litológica.

Formación Bucaramanga. La formación Bucaramanga fue descrita inicialmente por De Porta (1958). Se trata de un importante depósito sedimentario de edad Cuaternaria acumulado sobre una depresión de origen tectónico. Esta unidad Presenta una superficie suavemente ondulada, con pendiente ligeramente inclinada al occidente y una extensión aproximada de 60 a 80 km². La formación Bucaramanga es disectada por varias quebradas, la mayoría afluentes del río de Oro, conformando un drenaje dendrítico subparalelo.

La granulometría, morfología, los agentes de transporte y las fuentes de los materiales permiten establecer que la Formación Bucaramanga se acumuló en un ambiente típicamente fluvial, donde alternan materiales de origen aluvial tipo cono de deyección, flujos de escombros, canal y lagunar alcanzando un espesor probable de 250 m.

Se han definido 4 miembros componentes de esta formación de la siguiente manera: Miembro Órganos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr), Dos de ellos propuestos por Hubach, (1952) y dos por Niño y Vargas (1992).

De acuerdo con las dataciones paleomagnéticas publicadas en el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suárez, la parte más antigua de la formación Bucaramanga tiene unos 730.000 años ubicándola dentro del Pleistoceno medio-superior.

4.3.2.2 Geología Estructural. La evolución geológica del cerro La Cumbre ha estado estrechamente ligada a la presencia y acciones del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, constituyéndose en la principal estructura del sector y aún del nororiente colombiano. Este sistema se extiende a lo largo de 600 km. desde la ciudad de Santa Marta, hasta el municipio de Sativa Norte en Boyacá, donde adquiere una configuración de “cola de caballo” que se amortigua en el sistema inverso de Boyacá y Soapaga, donde presenta una dirección promedio N 20° W y está compuesta por las fallas individuales de Santa Marta y Bucaramanga.

Falla Bucaramanga – Santa Marta. La falla de Bucaramanga con 220 Km de longitud se extiende desde el cerro Jurisdicciones hasta Sativa Norte en el departamento de Boyacá y establece el contacto entre rocas cristalinas de edad Precámbrica y Paleozoica con rocas del jurásico y cuaternario. A escala local, la estructura presenta cambios de dirección y fallas satélites que discurren casi paralelas en una franja de 1.5 km de ancho. Esta falla presenta componente inversa, vergencia al suroccidente y, según algunos autores, aún presenta desplazamiento lateral izquierdo con una probable tasa de desplazamiento de 0.1 mm/año (Ingeominas). Se han identificados como indicios de neotectónica en el tramo que va de Los Curos al cerro Jurisdicciones las anomalías en algunos drenajes, presencia de facetas triangulares, silletas, lomos alineados, ganchos de flexión, corrientes desplazadas, valles y drenajes alineados, lagunas de falla, cuencas de tracción y trincheras, entre otros.

Grupo B3. Vargas (1992) ha identificado al denominado grupo B3, como uno de los trazos claramente identificables en fotografías aéreas. Este trazo marca el

cambio de pendiente entre la “meseta” de Bucaramanga y los cerros orientales, adicionalmente, divide hacia el sur al cerro de La Cumbre.

Falla de la quebrada Suratoque. Es una falla de rumbo con desplazamiento lateral derecho y orientación E – W, que se encuentra cubierta por depósitos aluviales del río Frío. Esta falla marca el límite sur del cerro La Cumbre y desplaza las fallas satélites del sistema Bucaramanga – Santa Marta, cientos de metros hacia el oriente (Infoambiente, 1999).

4.3.3 Geología local

4.3.3.1 Litología. Como se mencionó anteriormente, la compleja historia geológica de la zona de estudio ha dado lugar a la presencia de rocas y depósitos formados en un amplio rango de edades que van desde el periodo jurásico hasta tiempos recientes. La localización y descripción litológica de los cuerpos de roca presentes se encuentra a continuación:

Formación Girón. En la zona de estudio está formación aflora en el sector inferior y al oeste de la falla que controla el rumbo de la quebrada Las Pilas. Esta unidad consta en su parte inferior de arenisca de grano grueso, gris verdosa en capas que alcanzan un metro de espesor, alternada con capas de shale gris verdoso de hasta dos metros de espesor y algunas capas gruesas de conglomerados con guijos de hasta dos centímetros de diámetro. La parte superior está conformada por limolita color marrón rojizo de grano muy fino, estratificada en capas con espesor que va de los 30 – 80 cm (figura 3). La acción tectónica y los procesos de meteorización han dado lugar a que ésta roca se presente saprolitizada y bastante brechada. Las propiedades antes descritas dan origen a formas del terreno con pendientes suaves y moderadas en algunos puntos.

Con base en el reconocimiento efectuado en campo, puede afirmarse que en el sector estudiado se presenta la face superior infrayaciendo en buena parte del terreno al miembro Limos Rojos de la Formación Bucaramanga.

Figura 76. Rocas de la Formación Girón emplazadas en la parte inferior del área de estudio



Formación Bucaramanga. Esta unidad aflora en la zona de estudio en la parte superior del predio. Este importante depósito de origen aluvial está representado en el sector de interés por el miembro Limos Rojos, techo de la secuencia total. Constituye las arenas arcillosas, gravas y limos con los característicos colores rojizos-amarillentos, pardos y naranjas, también suelen encontrarse bloques angulares de arenisca que alcanza hasta el metro de diámetro, con un alto grado de meteorización (figura 4). La presencia de niveles de oxidación en la parte más superficial de este miembro contribuye a incrementar la compactación y su resistencia a la erosión. En la zona de estudio este miembro se presenta en contacto erosivo con la infrayacente formación Girón.

Figura 77. Material limo arcilloso del miembro Limos Rojos suprayaciendo en contacto erosivo a la Formación Girón

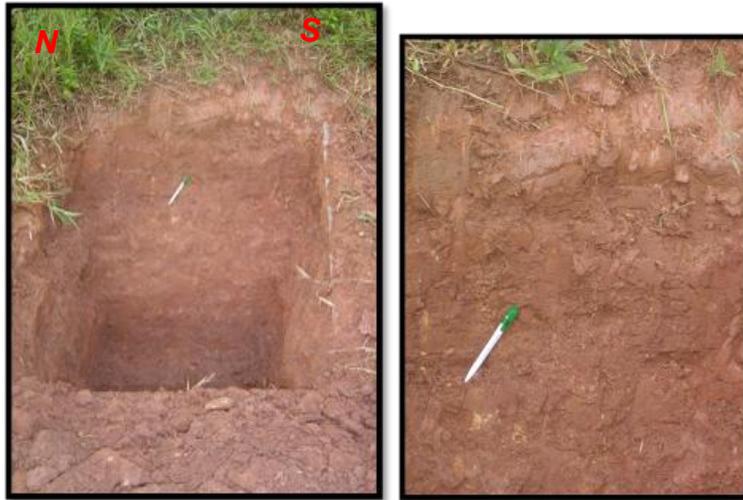


4.3.3.2 Suelos

Figura 78. Material del Miembro Limos Rojos descubierto en el apique 01



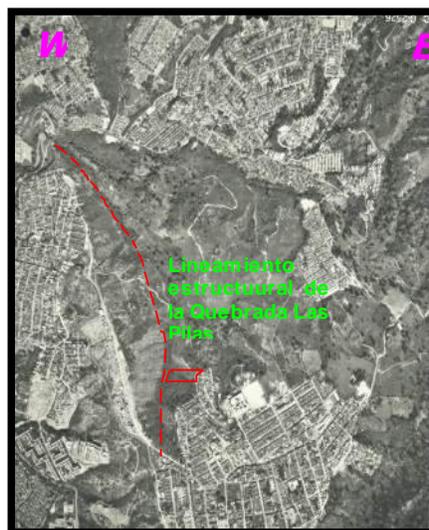
Figura 79. Material de la Formación Girón descubierto en el apique 02



4.3.4 Geología estructural

4.3.4.1 Lineamiento de la Quebrada Las Pilas. Evidencias morfológicas como la alineación de su cauce y redireccionamiento en el crecimiento de la vegetación, permiten establecer la presencia de una estructura de deformación frágil con orientación N 20 W en es drenaje (figura 9).

Figura 80. Trazo del lineamiento estructural de la quebrada Las Pilas



4.3.5 Geomorfología. La geomorfología tiene por objeto el análisis cuantitativo y cualitativo de las formas del terreno, teniendo en cuenta: su origen y evolución a través del tiempo, la naturaleza de los materiales que los constituyen y los agentes y procesos geomorfológicos modeladores. Por lo anterior y para fines de este estudio, las formas de la superficie deben ser analizadas desde tres aspectos: la morfología, en la cual se analiza la clasificación de las formas según su origen, morfometría en la cual se tienen en cuenta las dimensiones y orientaciones de las unidades y la Morfodinámica que analiza los procesos relacionados con remoción de material constituyente.

4.3.5.1 Morfología. El sector en el cual se encuentra localizado el proyecto de vivienda Altos de La Cumbre presenta un relieve modelado por la interacción de agentes naturales y antrópicos que han dado lugar a geoformas de origen denudacional, aluvial y antropogénico.

Geoformas de Origen Aluvial. Son unidades morfológicas de acumulación originadas por el desprendimiento, transporte y depositación de material detrítico efectuado por las corrientes hídricas que discurren por el sector. Como parte de esta categoría se identificó un Valle Aluvial (A1), conformado por vertientes claramente definidas de máximo 7 metros de altitud, alto ángulo de pendiente y fondo estrecho, con perfil en forma de “V”, lo cual es un indicador de la juventud del drenaje. Se presenta limitando el curso de la quebrada Las Pilas.

Geoformas de Origen Denudacional. Son unidades de superficie formadas a partir de procesos denudativos específicos, es decir, aquellos relacionados con el desgaste de masas de roca por efecto de agentes físicos, químicos o biológicos. Como ejemplo de estas geoformas se identificó una Zona Escarpada (D2), definida como una franja angosta localizada en las cotas superiores del predio, caracterizada por el alto valor de pendiente del terreno alcanzando casi la verticalidad. Esta geoforma ocupa un área de 1279 m² (figura 10).

Figura 81. Zona escarpada en la parte superior del predio



Geoformas de origen antrópico. Corresponden a extensiones del terreno cuya apariencia natural ha sido modificada por acción del hombre por corte, terraceo o por relleno, por lo general para habilitar la superficie para procesos de urbanización. Buena parte del terreno del proyecto ha sido modificada hasta convertirla en una Superficie terraceada (N2) caracterizada como una superficie compuesta por extensiones paralelas del terreno a las cuales se les ha dado una pendiente horizontal en disposición escalonada (figura 11). Esta geoforma ocupa una extensión de 6485.92 m².

Figura 82. Superficie terraceada del terreno.



A continuación el cuadro resumen muestra las áreas y porcentajes de áreas de las geoformas presentes en los proyectos Aguaclara y Corvica.

Tabla 33. Áreas de las Geoformas identificadas

PROYECTO	GEOFORMA	SIMBOLO	AREA (m ²)
Altos de La Cumbre	Origen Aluvial		
	Valle Aluvial	A1	617.25
	Origen Denudacional		
	Zona Escarpada	D2	1279.09
	Origen Antrópico		
	Superficie Terraceada	N2	6485.92
	AREA TOTAL		8382.26

Morfometría. La morfometría es el aspecto de la geomorfología que analiza las formas del relieve desde un punto de vista cuantitativo, teniendo en cuenta la distribución de zonas homogéneas en sus valores de pendientes, las dimensiones de las unidades y la orientación de las mismas. Para efectos del presente estudio se han establecido cuatro rangos o categorías de pendiente entre los cuales se ha distribuido la superficie del terreno de los proyectos así:

Pendientes de 0% a 10%

Pendientes de 10% a 57%

Pendientes de 57% a 100%

Pendientes superiores a 100%

Pendientes de 0% a 10%. Corresponde básicamente al fondo del valle de la quebrada Las Pilas. Este valor de pendiente se presenta en una superficie de 406.54 m².

Pendientes de 10% a 57%. Este valor de pendiente se presenta en la gran parte de la superficie del terreno entre el valle de la quebrada y la zona escarpada en un área de 6872.5 m².

Pendientes de 57% a 100%. La zona superior del predio correspondiente a la parte escarpada (1649.51 m²), presenta pendientes que varían entre estos dos porcentajes.

Pendientes superiores a 100%. Presentes en pequeñas zonas aisladas que en total suman 4.76 m².

Para efectos del presente estudio el mapa de pendientes fue elaborado mediante la interpolación de curvas de nivel cada 2 metros en el sistema Arc View 3.2; con la extensión 3D analyst se crea el modelo de elevación y posteriormente se deriva el modelo de pendientes, teniendo en cuenta los rangos de pendientes establecidos por la CDMB. A continuación se describen las cuatro clases categorías, su distribución espacial y características principales.

Tabla 34. Áreas de los rangos de pendientes

PROYECTO	PENDIENTE	AREA (m ²)
ALTOS DE LA CUMBRE	0 – 10 %	406.54
	10 – 57 %	6872.5
	57 – 100 %	1649.51
	Mayor al 100%	4.76

Morfodinámica. Este aspecto de la geomorfología analiza los movimientos de masas de roca o suelo, las fuerzas que los rigen y los mecanismos que emplean. Para efectos del presente estudio se abordará este aspecto desde el enfoque de las amenazas naturales

4.3.6 Ensayo de SPT

SONDEO	MATERIAL	REGISTRO FOTOGRAFICO		OBSERVACIONES
1	<p>Los primeros seis metros se encontró un material de baja compacidad posiblemente un relleno; después de esta profundidad aflora un material mas competente que mostro rechazo a partir de los 8 metros</p>			<p>Este sondeo se hizo a 10,5 mts, se hizo spt y en ocasiones se mostro rechazo o se amplió con cono para facilitar las labores de avance y debido a que en el terreno se evidencio la continuidad del estrato que se traía</p>
2	<p>Al igual que el primer sondeo se detectaron suelos limosos y arcillosos los primeros 6 mts, después de esta profundidad se siguen presentando suelos arcillosos y limosos pero con mayor resistencia a la penetración lo que da un indicio de mejor cohesión</p>			<p>Este sondeo se hizo a 10 mts, se hizo SPT y en algunos metros se decidió avanzar con cono para aumentar la rapidez del ensayo debido a que el estrato en campo se mostro continuo.</p>
				

Perfiles Estratigraficos

Sondeo 1

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Toma de Muestras			N. SPT	DESCRIPCIÓN	S. U.C.S.	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	N. P.A.S.A. 200	NIVEL FREÁTICO
DE	HASTA			0'-6"	6'-9"	8'-12"									
0,00			1	4	4	4	8								
	1,00			4	6	7	13								
1,00			2	8	7	7	14								
	2,00			9	8	7	15								
2,00			-	CONO											
	3,00			CONO											
3,00			3	2	2	3	5								
	4,00			3	4	5	9								
4,00			4	4	3	5	8								
	5,00			8	5	5	10								
5,00			-	CONO											
	6,50			CONO											
6,50			5	14	13	15	28								
	7,50			16	17	18	35								
7,50			-	CONO											
	8,50			CONO											
8,50			6	11	28	24	52								
	9,50			32	32	35	67								
9,50			-	30	29	35	65								
	10,50			BARRENA											

Sondeo 2

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATIFICACION	No. Muestra	Tomada de Muestras			N. SPT	DESCRIPCIÓN	S.U.C.S.	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO	N. P.A. 60-200	NIVEL FREÁTICO
DE	HASTA			0 - 6"	6" - 12"	12" - 18"									
0,00	1,00	[Patrón de puntos]	1	3	5	7	12	Muestra compuesta por un limo inorgánico de baja a media plasticidad color amarillo sol	ML	24,45	45,4	31,5	13,9	77,1	
				9	10	12	22								
1,00	2,00			CONO											
2,00	3,00	[Patrón de puntos]	2	7	15	10	25	Muestra compuesta por una arena arcillosa color amarillo pastel	SC	25,43	32,2	22,9	9,3	45,9	
				11	14	15	29								
3,00	4,00			CONO											
4,00	5,00	[Patrón de puntos]	3	25	18	18	34	Muestra compuesta por una arena limosa color naranja intenso	SM	15,09	31,2	23,3	7,9	48,2	
				16	17	18	35								
5,00	6,00			CONO											
6,00	7,00	[Patrón de puntos]	4	7	11	10	21	Muestra compuesta por una arcilla inorgánica de baja a media plasticidad color amarillo azafrañ	CL	19,7	33,6	23,3	10,3	50,6	
				16	12	11	23								
7,00	8,00			CONO											
8,00	9,00	[Patrón de puntos]	5	13	12	21	33	Muestra compuesta por una arcilla inorgánica de baja a media plasticidad color amarillo azafrañ	CL	19,32	35,1	24,1	11	54,7	
				21	28	27	55								
9,00	10,00	[Patrón de puntos]	6	21	23	25	48	Muestra compuesta por un limo inorgánico de baja a media plasticidad color amarillo sol	ML	30,54	40,9	30,6	10,3	57	
				27	23	26	49								

4.3.7 Ensayos de granulometría y clasificación. Las muestras representativas obtenidas de los sondeos se sometieron a una serie de ensayos que conto con pruebas de Humedad Natural I.N.V. E – 122, Límites de Atterberg I.N.V. E – 125 y I.N.V. E-126 , Granulometría por tamizado con lavado I.N.V. E -123 y ensayos de Corte directo I.N.V. E – 154. Todas ellas se clasificaron por el Sistema Unificado de Suelos (USCS).

Los resultados y cada una de las clasificaciones se encuentran en el anexo 3 del informe y a medida de resumen se pueden observar los datos en cada una de las fichas de los perfiles estratigráficos de cada sondeo

4.3.8 Ensayos geofísicos

4.3.8.1 Línea sísmica

Fotografía 30. Fotos de los sitios de trabajo.



Fotografía 31. Fotos de los geófonos



Fotografía 32. Detalle Golpe del martillo



Figura 83. Geometría línea sísmica

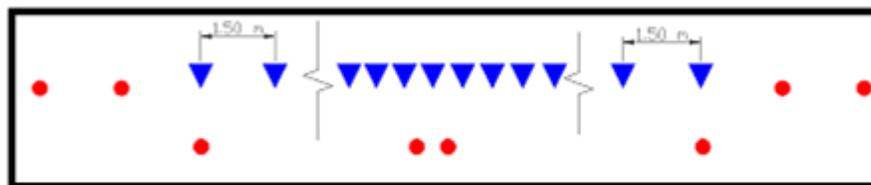


Figura 84. Perfil topográfico proyectado

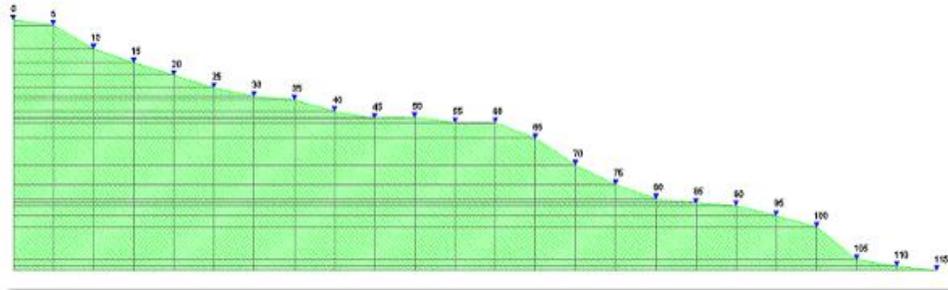
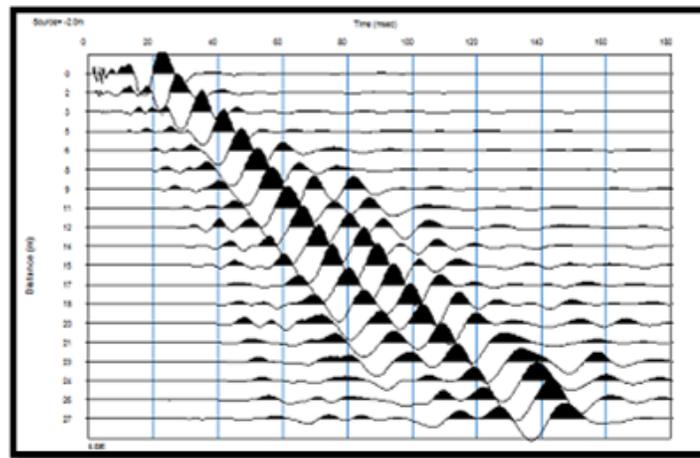
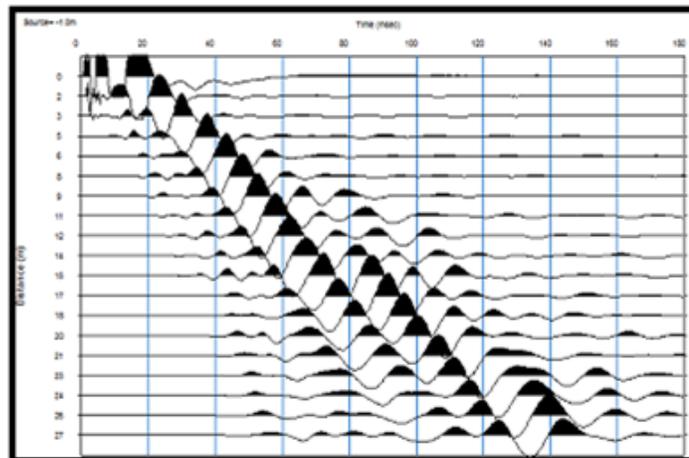


Figura 85. Dromocronas – Línea Sísmica , -2.0m



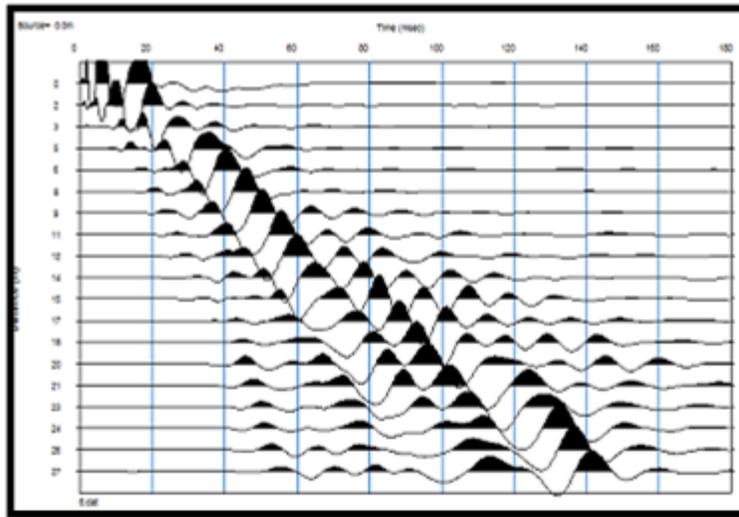
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 86. Dromocronas – Línea Sísmica , -1.0m



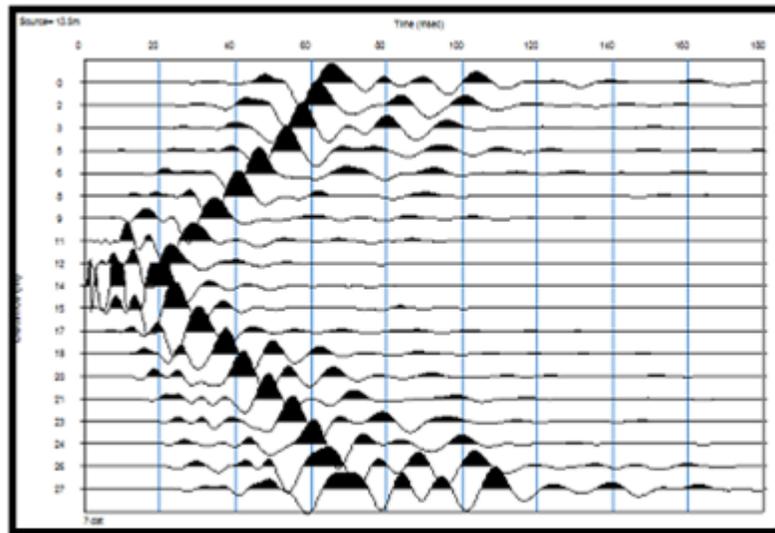
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 87. Dromocronas – Línea Sísmica , 0.0m



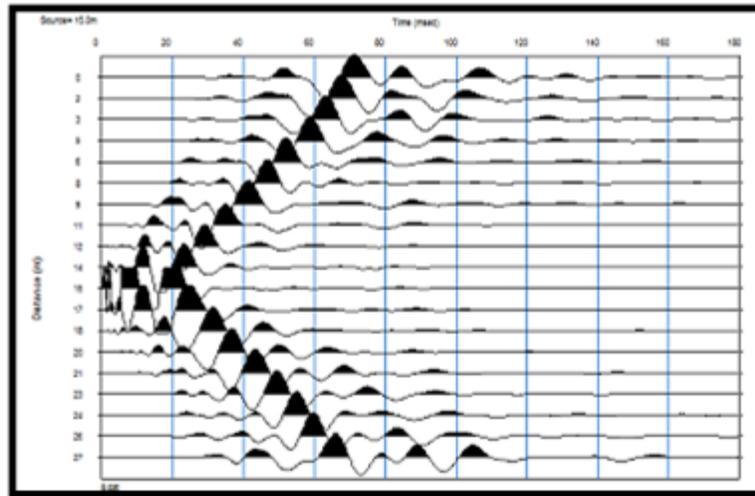
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 88. Dromocronas – Línea Sísmica , 13.5m



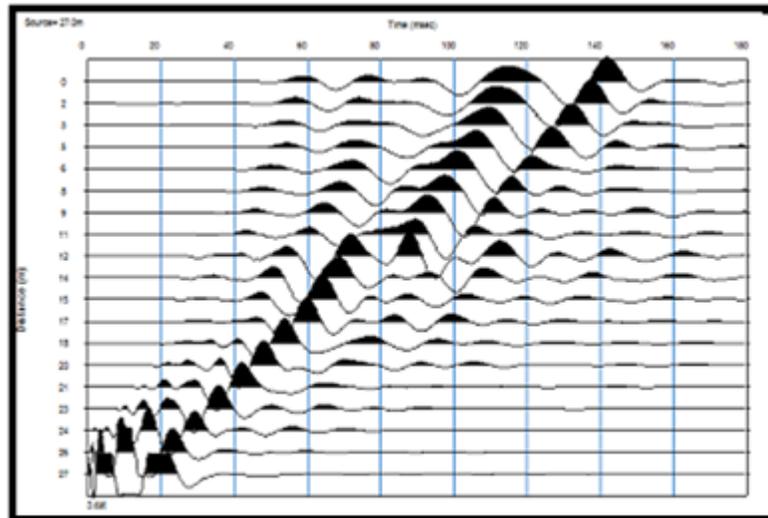
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 89. Dromocronas – Línea Sísmica , 15.0m



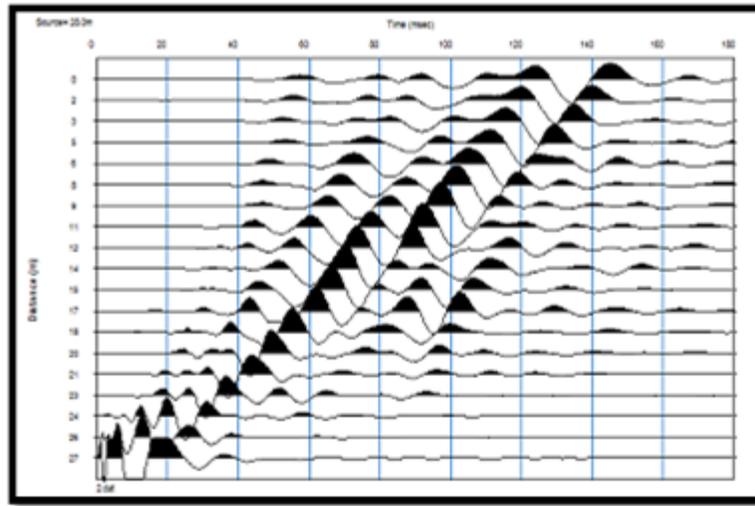
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 90. Dromocronas – Línea Sísmica , 27.0m



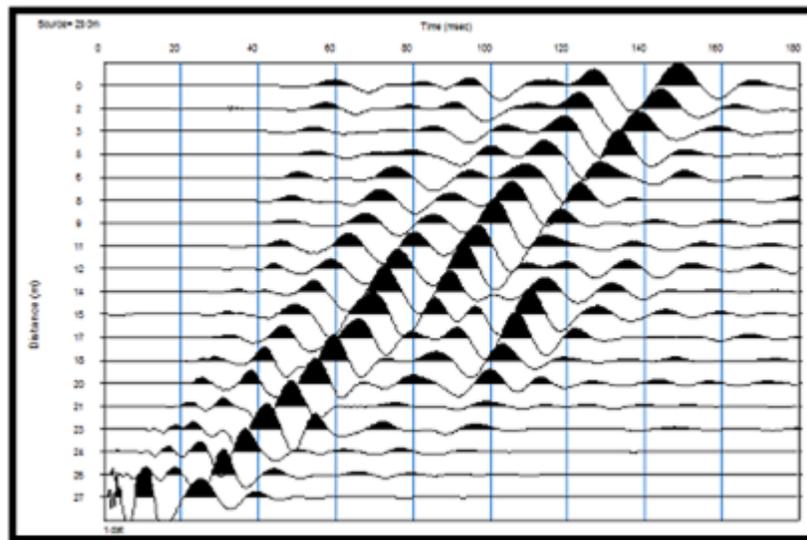
Fuente: Equipo de trabajo

Figura 91. Dromocronas – Línea Sísmica , 28.0m



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 92. Dromocronas – Línea Sísmica , 29.0m



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 93. Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica

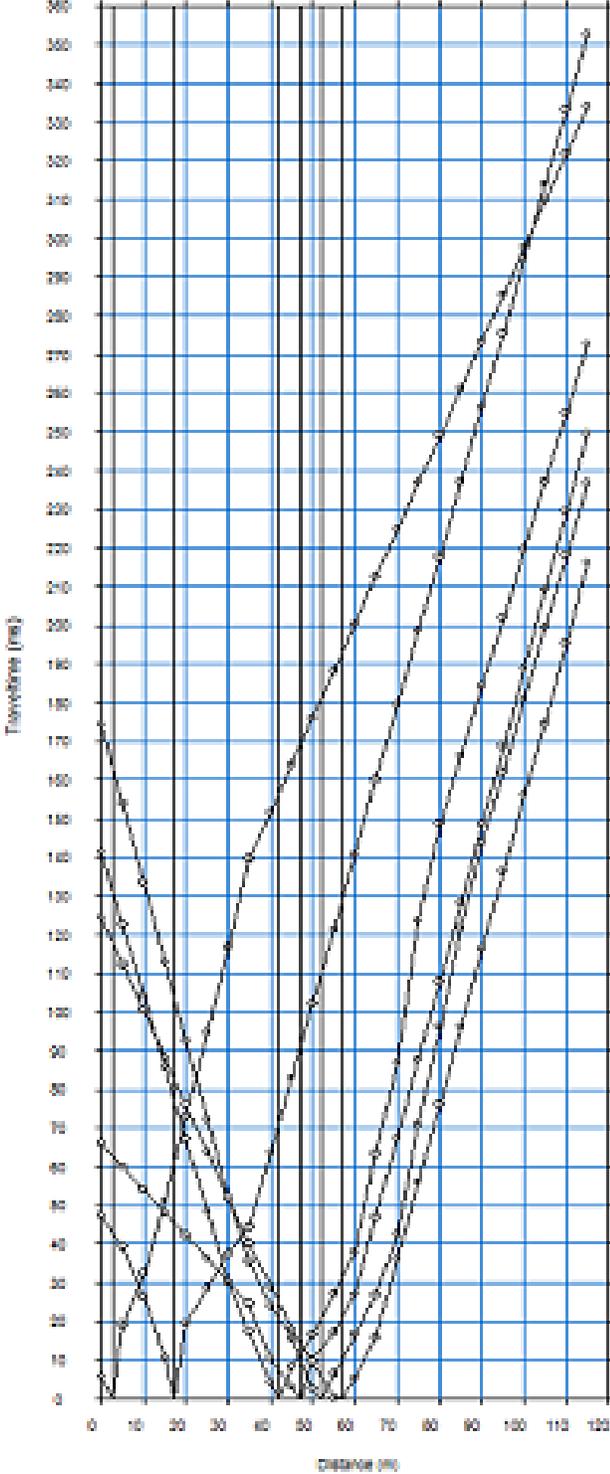
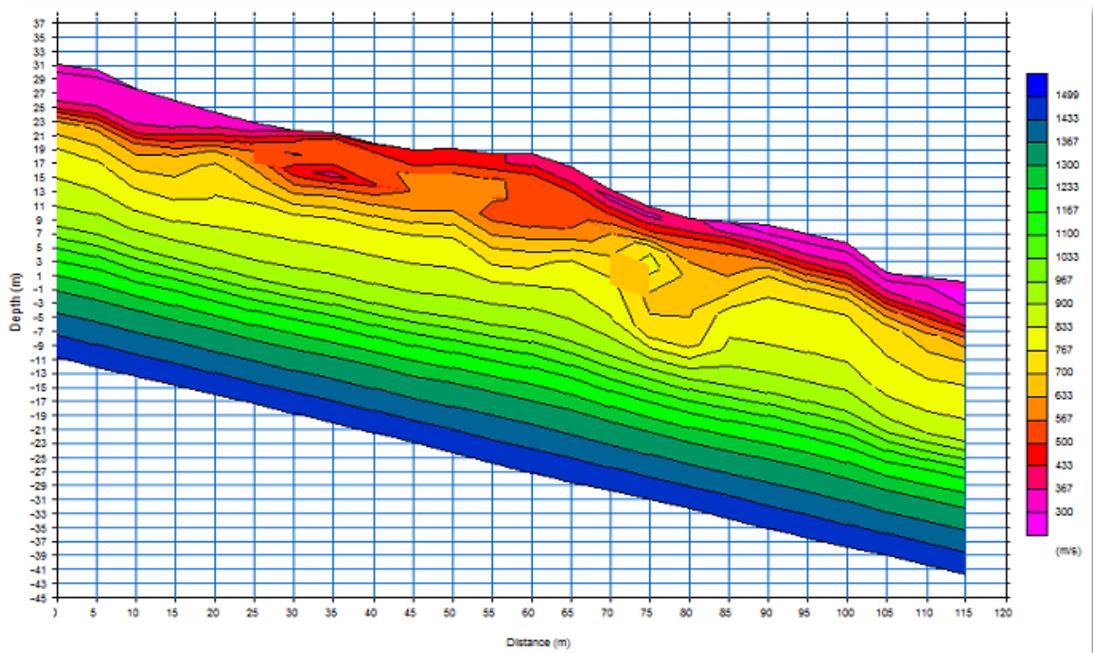


Figura 94. Tomografía Línea Sísmica



Fuente: Equipo de trabajo

Figura 95. Localización de la línea sísmica sobre el proyecto



Fuente: Equipo de trabajo

4.3.8.2 Observaciones y conclusiones del ensayo de refracción sísmica

Offset = 5.00 m

No. Geófonos = 24

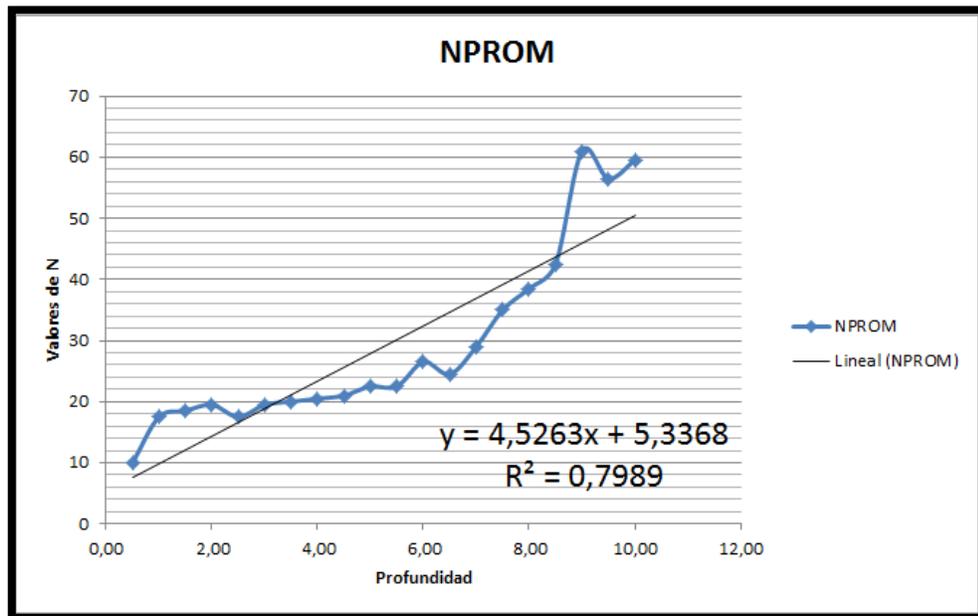
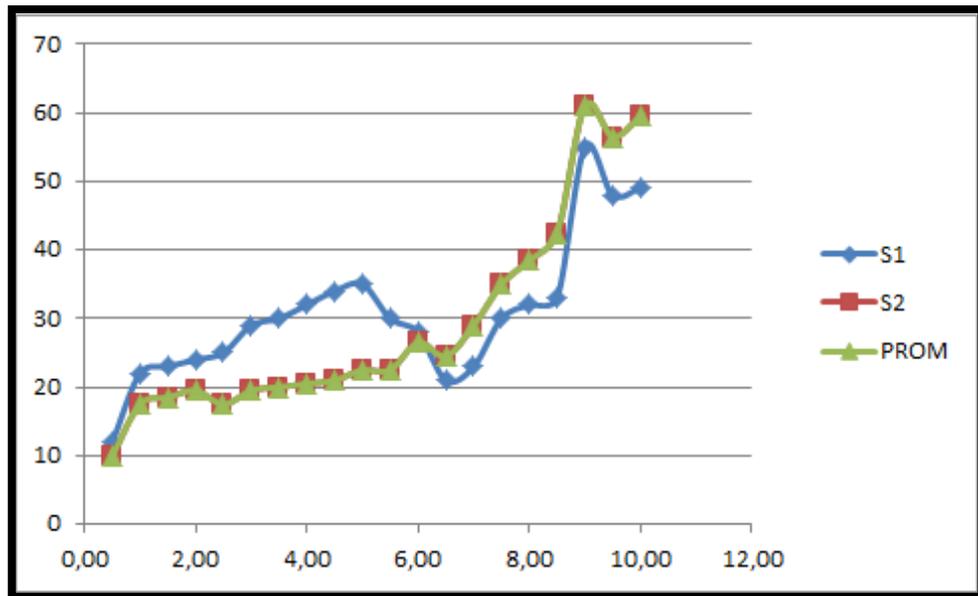
Distancia total = 115.0m

Disparos = 27

Los resultados de la línea sísmica muestran suelos muy sueltos a niveles superficiales hasta aproximadamente los 2 metros de profundidad, donde se pueden encontrar materiales arenosos de media humedad, a partir de esta profundidad se encuentra un suelo residual de la formación Jordán de mejor consistencia y mayores densidades, con contenido de finos menor al de la capa de suelo anterior, este suelo residual alcanza profundidades aproximadas hasta de 30 metros, y a partir de esta profundidad empieza a aparecer suelo firme caracterizado por roca altamente meteorizada en su mayoría de la formación Jordán.

4.3.9 Correlaciones del ensayo de SPT. Se realizó un análisis espacial del ensayo de SPT en varios sectores del lote en estudio, el cual presenta una topografía homogénea en toda su área, un mismo sector geológico, el cual presenta una tendencia lineal de aumento del N obtenido en el ensayo SPT y la profundidad.

Figura 96. Análisis espacial de los valores de N con la profundidad



Fuente: Equipo de trabajo

Tabla 35. Resultado del ensayo de SPT

PROFUND.	S1	S2	PROM
0,50	12	10	10
1	22	18	18
1,50	23	19	19
2,00	24	20	20
2,50	25	18	18
3	29	20	20
3,50	30	20	20
4,00	32	21	21
4,50	34	21	21
5	35	23	23
5,50	30	23	23
6,00	28	27	27
6,50	21	25	25
7	23	29	29
7,50	30	35	35
8,00	32	39	39
8,50	33	43	43
9	55	61	61
9,50	48	57	57
10,00	49	60	60

Se obtuvo un valor promedio de N de 20 a 2.5 mts de profundidad, lo que corresponde a un perfil de diseño tipo D, según lo estipulado en la norma NSR 10, pudiendo encontrar resistencias promedio de 50 a 100 Kpa.

Tabla 36. Perfiles del suelo, fuente NSR 10

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$v_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $v_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $v_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$, ó $s_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $v_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$, ó 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) > $s_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > v_s
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) > s_u

Tipo de perfil	v_s	N o Nch	s_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)

Tomada de A.2.4.5 de NSR-10

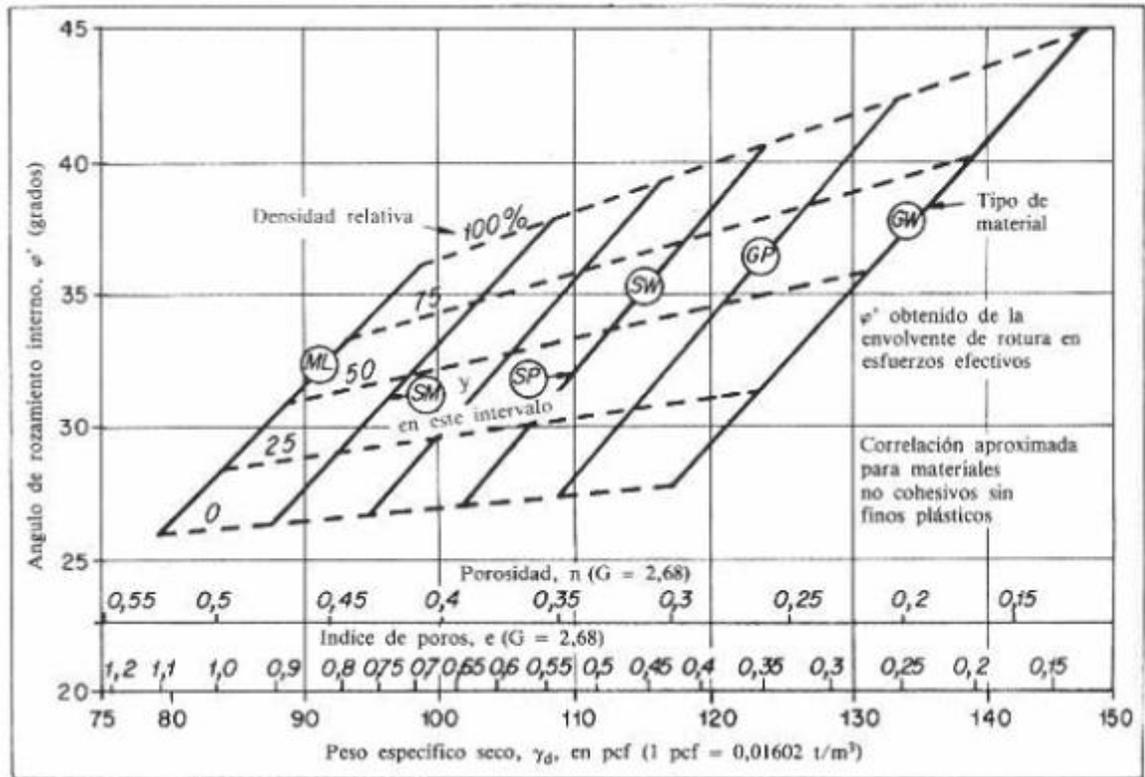
Tabla 37. Fórmulas para el cálculo de Vs

Investigadores	Ecuación	Observaciones
Imai y Yoshimura (1970)	$V_s = 76 N^{0.33}$	
Ohba y Toriumi (1970)	$V_s = 84 N^{0.31}$	
Imai (1977)	$V_s = a N^b$	a=102, b=0.29 Arcilla Holoceno a= 81, b=0.33 Arena Holoceno a=114, b=0.29 Arcilla Pleistoceno a= 97, b=0.32 Arena Pleistoceno
Ohta y Goto (1978)	$V_s = 61.62 H^{0.222} N^{0.254}$	Para todo tipo de suelo H=Profundidad del ensayo
	$V_s = 62.14 H^{0.230} N^{0.219}$	Para Arcillas H=Profundidad del ensayo
Okamoto (1989)	$V_s = 125 N^{0.3}$	Arena del Pleistoceno
Japan Road Association (2002)	$V_s = 80 N^{1/3}$	Para Arenas
	$V_s = 100 N^{1/3}$	Para Arcillas
Alfaro (2007)	$V_s = 91.44 H^{0.291} N^{0.298}$	Para Arcillas de Bogotá H=Profundidad del ensayo

Tabla 38. Cálculo de Vs

0,5	Imai y Yoshimura	Ohba y Toriumi	Imai	Ohta y Goto	Okamoto	Japan Road A.
1	148	158	158	88	230	157
2	162	171	172	110	248	172
3	183	192	195	141	278	195
4	201	209	214	166	302	213
5	215	223	229	187	322	229
6	228	236	243	205	340	243
7	240	247	255	222	355	255
8	250	257	267	238	369	267
9	260	267	277	252	382	277
10	269	275	287	266	394	287
11	277	284	296	278	406	296
12	285	291	304	291	416	304
13	293	298	312	302	426	313
14	300	305	320	313	436	320
15	307	312	327	324	445	328

Tabla 39. Relación entre el ángulo de fricción interna efectivo y el peso específico seco para suelos granulares (navfac, 1971)



El ángulo de fricción drenado de pico para arenas ϕ' depende de la mineralogía de la partículas, el nivel efectivo de confinamiento de esfuerzos y el arreglo (empaquetamiento) de las partículas (bolton, 1986).

El ángulo de fricción interno, teniendo en cuenta una densidad relativa de 50% y para un material ML y SM, el ángulo de fricción varía entre 31 y 33 grados.

Según Muromachi (1974), tenemos:

$$\phi = 20 + 3,5 * \sqrt{N}$$

Donde $N = 20$

$$\phi = 35$$

Densidad seca= 1.7 gr/cm³

Tabla 40. Parámetros obtenidos correlacionando N.

PROFUNDIDAD	N	N(CORREG)	DR (%)	Cu (KN/M2)	ϕ	ϕ'
0,5	8	5	29	92	28	21
1	10	6	33	111	29	22
2	14	9	39	145	31	23
3	19	12	45	177	32	24
4	23	15	50	206	34	25
5	28	18	55	234	35	26
6	32	21	59	261	36	27
7	37	24	63	286	37	28
8	42	27	67	311	38	29
9	46	30	71	335	39	29
10	51	33	74	359	40	30
11	55	36	77	381	41	31
12	60	39	80	404	42	31
13	64	42	83	426	43	32
14	69	45	86	447	43	33
15	73	48	89	468	44	33

Tomando un factor de seguridad de 25%, trabajamos con un $\phi = 26$.

Para el cálculo de la capacidad portante del suelo se modelaron varias alternativas, las cuales se presentan a continuación

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

B =	1,00	[m]	ϕ =	22,00	[°]	α =	0,00	
L =	1,00	[m]	δ =	0,00	[°]	γ =	15,00	[kN/m ³]
D =	2,00	[m]	β =	0,00	[°]	q_v =	0,00	[kN/m ²]
ecc.B =	0,00	[m]	η =	0,00	[°]	q_h =	0,00	[kN/m ²]
ecc.L =	0,00	[m]	c =	5,00	[kN/m ²]	FS =	3,00	

Meyerhof:	Vesic:	Hansen:	Terzaghi:
Nq = 7,821120072	Nq = 7,821120072	Nq = 7,82112007	Nq = 9,19
Nc = 16,88286462	Nc = 16,88286462	Nc = 16,8828646	Nc = 20,272
Ng = 4,066203644	Ng = 7,1279277	Ng = 4,1338671	Ng = 8,234

Factor de forma	Factor de forma	Factor de forma	Factor de forma
sc = 1,439597405	sc = 1,46325788	sc = 1,46325788	sc = 1,3
sq = sg = 1,219798703	sq = 1,404026226	sq = 1,40402623	sg = 0,8
	sg = 0,6	sg = 0,6	

Factores de profundidad	Factores de profundidad	Factores de profundidad
dc = 1,593024387	dc = 1,013956967	dc = 1,01395697
dq = dg = 1,296512194	dq = 1,02423831	dq = 1,02423831
	dg = 1	dg = 1

Factor de inclinación	Factor de inclinación	Factor de inclinación
ic = iq = 1	ic = 1	ic = 1
ig = 1	iq = 1	iq = 1
	ig = 1	ig = 1

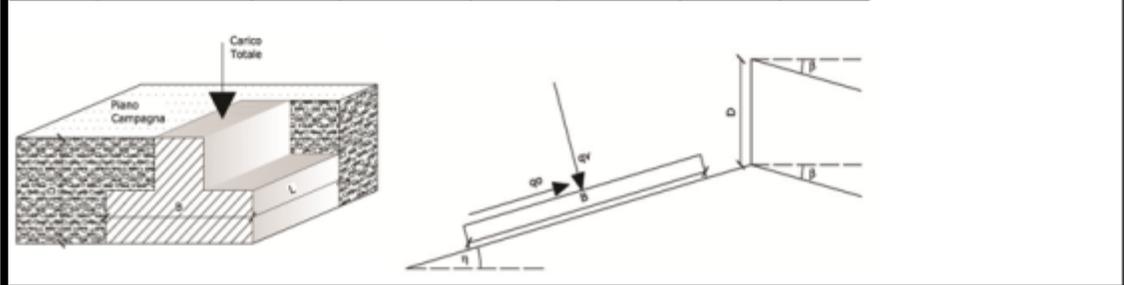
Kp = 2,197987025	<i>F. inclin. Cimentación</i>	<i>F. inclin. Cimentación</i>
	bc = 1	bc = 1
	bq = bg = 1	bq = 1
		bg = 1

<i>F. d'inclin. Terreno</i>	<i>F. d'inclin. Terreno</i>
gc = 1	gc = 1
gq = gg = 1	gq = gg = 1

Capacità Portante:	Capacità Portante:	Capacità Portante:	Capacità Portante:
$q_{ult} = 419,30$	$q_{ult} = 339,55$	$q_{ult} = 340,32$	$q_{ult} = 325,10$
$q = 419,30$	$q = 339,55$	$q = 340,32$	$q = 325,10$
$Q_{max} = 139,77$	$Q_{max} = 113,18$	$Q_{max} = 113,44$	$Q_{max} = 108,37$

LEYENDA

- B = Ancho de la cimentación
- L = Longitud de la cimentación
- D = Profundidad de la cimentación
- ecc.B = Excentricidad en B
- ecc.L = Excentricidad en L
- ϕ = Angulo de fricción
- δ = A. inclinacion del terreno de fundación.
- β = A. inclinación de la carga
- η = Inclinación de la cimentación
- c = Cohesión
- α = Adhesión a la base de la fundación
- γ = Peso específico del suelo
- q_v = Comp. Vertical de la carga
- q_h = Comp. Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Area efectiva de la cimentación
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante



CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

B =	1,50	[m]	$\phi =$	22,00	[°]	ca =	0,00	
L =	1,50	[m]	$\delta =$	0,00	[°]	$\gamma =$	15,00	[kN/m ³]
D =	2,00	[m]	$\beta =$	0,00	[°]	q _v =	0,00	[kN/m ²]
ecc.B =	0,00	[m]	$\eta =$	0,00	[°]	q _h =	0,00	[kN/m ²]
ecc.L =	0,00	[m]	c =	5,00	[kN/m ²]	FS =	3,00	

Meyerhof:		Vesic:		Hansen:		Terzaghi:	
Nq =	7,821120072	Nq =	7,821120072	Nq =	7,82112007	Nq =	9,19
Nc =	16,88286462	Nc =	16,88286462	Nc =	16,8828646	Nc =	20,272
Ng =	4,066203644	Ng =	7,1279277	Ng =	4,1338671	Ng =	8,234

Factor de forma		Factor de forma		Factor de forma		Factor de forma	
sc =	1,439597405	sc =	1,46325788	sc =	1,46325788	sc =	1,3
sq = sg =	1,219798703	sq =	1,404026226	sq =	1,40402623	sg =	0,8
		sg =	0,6	sg =	0,6		

LEYENDA

Factores de profundidad		Factores de profundidad		Factores de profundidad	
dc =	1,395349592	dc =	1,009306743	dc =	1,00930674
dq = dg =	1,197674796	dq =	1,016162517	dq =	1,01616252
		dg =	1	dg =	1

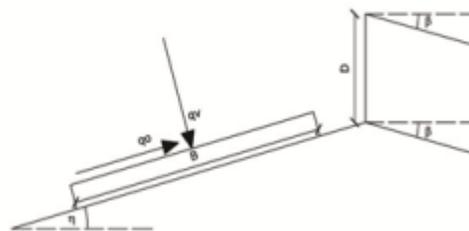
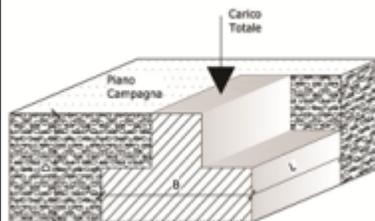
- B = Ancho de la cimentación
- L = Longitud de la cimentación
- D = Profundidad de la cimentación
- ecc.B = Excentricidad en B
- ecc.L = Excentricidad en L
- ϕ = Angulo de fricción
- δ = A. inclinacion del terreno de fundación.
- β = A. inclinación de la carga
- η = Inclinación de la cimentación
- c = Cohesión
- ca = Adhesión a la base de la fundación
- γ = Peso específico del suelo
- q_v = Comp. Vertical de la carga
- q_h = Comp. Horizontal de la carga
- K_p = Coeficiente de empuje pasivo
- A_f = Area efectiva de la cimentación
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante

Factor de inclinación		Factor de inclinación		Factor de inclinación	
ic = iq =	1	ic =	1	ic =	1
ig =	1	iq =	1	iq =	1
		ig =	1	ig =	1

K _p = 2,197987025		F. inclin. Cimentación		F. inclin. Cimentación	
		bc =	1	bc =	1
		bq = bg =	1	bq =	1
				bg =	1

F. d'inclin. Terreno		F. d'inclin. Terreno	
gc =	1	gc =	1
gq = gg =	1	gq = gg =	1

Capacità Portante:		Capacità Portante:		Capacità Portante:		Capacità Portante:	
q _{ult} =	409,61	q _{ult} =	337,96	q _{ult} =	339,11	q _{ult} =	349,81 [kN/m ²]
q =	921,62	q =	760,42	q =	763,00	q =	787,06 [kN]
Q _{adm} =	136,54	Q _{adm} =	112,65	Q _{adm} =	113,04	Q _{adm} =	116,60 [kN/m ²]



CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

B =	2,00	[m]	$\phi =$	25,00	[°]	ca =	0,00	
L =	2,00	[m]	$\delta =$	0,00	[°]	$\gamma =$	16,00	[kN/m ³]
D =	3,00	[m]	$\beta =$	0,00	[°]	q _v =	0,00	[kN/m ²]
ecc.B =	0,00	[m]	$\eta =$	0,00	[°]	q _h =	0,00	[kN/m ²]
ecc.L =	0,00	[m]	c =	5,00	[kN/m ²]	FS =	3,00	

Meyerhof:	Vesic:	Hansen:	Terzaghi:
Nq = 10,66214239	Nq = 10,66214239	Nq = 10,6621424	Nq = 12,72
Nc = 20,72053122	Nc = 20,72053122	Nc = 20,7205312	Nc = 25,135
Ng = 6,765504936	Ng = 10,87629261	Ng = 6,75829648	Ng = 12,796

Factor de forma		Factor de forma		Factor de forma		Factor de forma	
sc =	1,492782562	sc =	1,514568969	sc =	1,51456897	sc =	1,3
sq = sg =	1,246391281	sq =	1,466307658	sq =	1,46630766	sg =	0,8
		sg =	0,6	sg =	0,6		

Factores de profundidad		Factores de profundidad		Factores de profundidad	
dc =	1,470905673	dc =	1,010469584	dc =	1,01046958
dq = dg =	1,235452837	dq =	1,020050417	dq =	1,02005042
		dg =	1	dg =	1

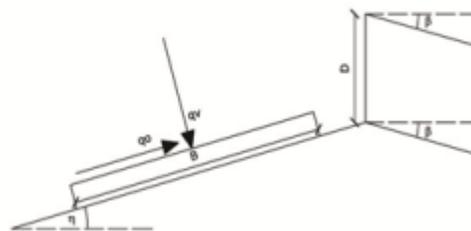
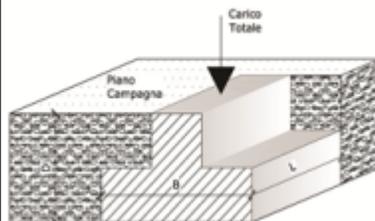
Factor de inclinación		Factor de inclinación		Factor de inclinación	
ic = iq =	1	ic =	1	ic =	1
ig =	1	iq =	1	iq =	1
		ig =	1	ig =	1

Kp =	2,463912811	<i>F. inclin. Cimentación</i>	<i>F. inclin. Cimentación</i>
	bc = 1	bc = 1	bc = 1
	bq = bg = 1	bq = 1	bg = 1
		<i>F. d'inclin. Terreno</i>	<i>F. d'inclin. Terreno</i>
	gc = 1	gc = 1	gc = 1
	gg = gg = 1	gg = gg = 1	gg = gg = 1

Capacità Portante:		Capacità Portante:		Capacità Portante:		Capacità Portante:	
q _{ult} =	954,76	q _{ult} =	772,00	q _{ult} =	775,39	q _{ult} =	774,35 [kN/m ²]
q =	3819,04	q =	3088,01	q =	3101,55	q =	3097,40 [kN]
Q _{adm} =	318,25	Q _{adm} =	257,33	Q _{adm} =	258,46	Q _{adm} =	258,12 [kN/m ²]

LEYENDA

- B = Ancho de la cimentación
- L = Longitud de la cimentación
- D = Profundidad de la cimentación
- ecc.B = Excentricidad en B
- ecc.L = Excentricidad en L
- ϕ = Angulo de fricción
- δ = A. inclinacion del terreno de fundación.
- β = A. inclinación de la carga
- η = Inclinación de la cimentación
- c = Cohesión
- ca = Adhesión a la base de la fundación
- γ = Peso específico del suelo
- q_v = Comp. Vertical de la carga
- q_h = Comp. Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Area efectiva de la cimentación
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante



CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

B =	3,00	[m]	$\phi =$	25,00	[°]	ca =	0,00	
L =	3,00	[m]	$\delta =$	0,00	[°]	$\gamma =$	16,00	[kN/m ³]
D =	3,00	[m]	$\beta =$	0,00	[°]	qv =	0,00	[kN/m ²]
ecc.B =	0,00	[m]	$\eta =$	0,00	[°]	qs =	0,00	[kN/m ²]
ecc.L =	0,00	[m]	c =	5,00	[kN/m ²]	FS =	3,00	

Meyerhof:		Vesic:		Hansen:		Terzaghi:	
Nq =	10,66214239	Nq =	10,66214239	Nq =	10,6621424	Nq =	12,72
Nc =	20,72053122	Nc =	20,72053122	Nc =	20,7205312	Nc =	25,135
Ng =	6,765504936	Ng =	10,87629261	Ng =	6,75829648	Ng =	12,796

Factor de forma		Factor de forma		Factor de forma		Factor de forma	
sc =	1,492782562	sc =	1,514568969	sc =	1,51456897	sc =	1,3
sq = sg =	1,246391281	sq =	1,466307658	sq =	1,46630766	sg =	0,8
		sg =	0,6	sg =	0,6		

LEYENDA

Factores de profundidad		Factores de profundidad		Factores de profundidad	
dc =	1,313937115	dc =	1,4	dc =	1,4
dq = dg =	1,156968558	dq =	1,766044443	dq =	1,76604444
		dg =	1	dg =	1

B = Ancho de la cimentación
 L = Longitud de la cimentación
 D = Profundidad de la cimentación
 ecc.B = Excentricidad en B
 ecc.L = Excentricidad en L

Factor de inclinación		Factor de inclinación		Factor de inclinación	
ic = iq =	1	ic =	1	ic =	1
ig =	1	iq =	1	iq =	1
		ig =	1	ig =	1

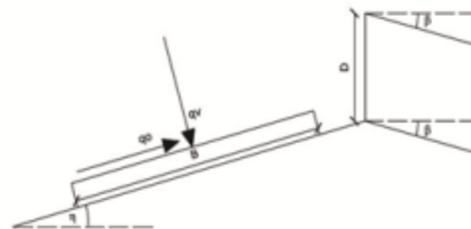
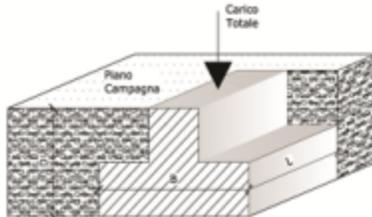
ϕ = Angulo de fricción
 δ = A. inclinacion del terreno de fundación.
 β = A. inclinación de la carga
 η = Inclinación de la cimentación
 c = Cohesión

Kp =	2,463912811	<i>F. inclin. Cimentación</i>	<i>F. inclin. Cimentación</i>
		bc =	1
		bq = bg =	1
		bg =	1

ca = Adhesión a la base de la fundación
 γ = Peso específico del suelo
 qv = Comp. Vertical de la carga
 qh = Comp. Horizontal de la carga
 Kp = Coeficiente de empuje pasivo
 Af = Area efectiva de la cimentación
 FS = Factor de seguridad
 q = Capacidad portante

F. d'inclin. Terreno		F. d'inclin. Terreno	
gc =	1	gc =	1
gq = gg =	1	gq = gg =	1

Capacità Portante:		Capacità Portante:		Capacità Portante:		Capacità Portante:	
qult =	972,16	qult =	1335,08	qult =	1340,16	qult =	856,24
q =	8749,40	q =	12015,75	q =	12061,43	q =	7706,19
Qamm =	324,05	Qamm =	445,03	Qamm =	446,72	Qamm =	285,41



4.3.10 Elaboración del modelo geotécnico

4.3.11 Conclusiones del modelo geotécnico.

- En el predio donde se proyectan las viviendas de Altos de La Cumbre, afloran rocas de la Formación Girón y depósitos de la formación Bucaramanga, representada por el miembro Limos Rojos, con pendientes entre 0 y 57%; lo anterior permite establecer que el proyecto se encuentra sobre áreas urbanizables.
- La superficie de la zona del proyecto se encuentra protegida con cobertura vegetal de pastos y rastrojo bajo, excepto los sectores que han sido explanados y terraceados. Sumado a lo anterior, no se presentan manifestación de procesos erosivos intensos, lo cual permite catalogar el área como una zona de amenaza baja por fenómenos de remoción en masa.
- Los cortes realizados para el acceso presentan alturas inferiores a los 3 m, lo cual no representa amenaza geotécnica para la estabilidad del proyecto.
- La zona donde se ubica el proyecto de vivienda Altos de La Cumbre presenta geoformas de origen denudacional, aluvial y antrópico. A pesar que se identificó 1 lineamiento estructural, este no ha dado origen a geoformas que impliquen un alto grado de amenaza geológica.
- Los análisis efectuados al interior del presente estudio permiten afirmar que es viable la modificación de la configuración de zonas geotécnicas definidas para el sector en que se ubica el terreno del proyecto de vivienda Altos de La Cumbre, cambiando la zonificación actual (zona 1B) por las zonas 1A, 6B y 3B.

- Los estudios geotécnicos realizados a la fecha dejan ver capacidades portantes variables, dependiendo de la profundidad y ancho de cimentación; lo anterior indica que se requiere conocer los diseños estructurales y urbanísticos para la construcción y el diseño las obras de canalización y estabilización acordes con las características del suelo para el desarrollo del proyecto.
- La capacidad portante de las estructuras calculadas a 2 mts de profundidad para cimientos de 1.0 y 1.5 mts y a 3 mts para cimientos de 2 y 3 mts de sección cuadrada es la siguiente:

Ancho del cimiento, B (m)	q_admisible (kN/m ²)
1,0	108
1,5	110
2	258
3	285

- La zona estudiada, según la caracterización geotécnica, presenta similares propiedades geo mecánicas.
- La construcción de la estructura de cimentación debe hacerse preferiblemente en época de verano para evitar alteraciones y remoldeo del suelo.
- Los ductos sanitarios que estén enterrados dentro del suelo deben construirse en tubería flexible tipo PVC para evitar roturas. Si se hace necesario perforar un elemento de cimentación, dichas perforaciones no deben tener alturas mayores a 15 cm ni longitudes superiores a 30 cm. Cuando se perfora la viga de amarre se deben colocar dos estribos adicionales a cada lado de la perforación a 5 cm de la misma y espaciados 10 cm uno del otro.

- En los sitios donde se requieran hacer rellenos, estos se deben compactar a una densidad máxima del 90% de la máxima del Proctor modificado, en capas no superiores a 15 cm.
- Los refuerzos que se coloquen en la cimentación deben estar aislados del suelo natural no menos de 5 cm en suelo seco y 7.5 cm en suelo húmedo, dado que los suelos encontrados en los sondeos realizados poseen un apreciable contenido de humedad se debe realizar un recubrimiento del refuerzo de 7.5 cm.
- Debido a la baja capacidad portante encontrada en los primeros 50 cm, los pisos deberán ser reforzados con una malla electrosoldada para controlar las fisuras debidas a las deflexiones que se puedan presentar.
- Para dar una correcta interpretación y aplicabilidad a este estudio se debe contemplar en su totalidad y limitaciones a los capítulos de conclusiones y recomendaciones.
- Se recomienda programar visitas del Ingeniero a cargo de este estudio durante la construcción de la cimentación, con el fin de inspeccionar el proceso de excavación, la construcción de los elementos de cimentación y la aprobación del suelo de fundación.
- Los resultados obtenidos en esta caracterización geotécnica, al igual que las recomendaciones, están basados en la información suministrada por los proyectistas, respecto a la posible tipología estructural del proyecto, condiciones geológicas y propiedades geomecánicas del perfil del suelo explorado mediante pruebas de campo y laboratorio.
- El estudio geotécnico está proyectado para un análisis de excavaciones a 2 y 3 mts de profundidad, para cimentaciones aisladas, cualquier modificación de

esta profundidad deberá ser notificada al geotecnista para realizar los cálculos correspondientes y sugerencias a que haya lugar para la nueva excavación.

- Cualquier modificación a la tipología referida tanto en altura como en área en planta, implicará nuevas condiciones de interacción suelo-estructura, por lo cual será necesario introducir las variables de ajuste o profundización al estudio de suelos; e incluso aumentar la profundidad de exploración y número de sondeos, de acuerdo con los parámetros respectivos de la NSR-10.
- El procedimiento constructivo de la cimentación, al igual que el piso de fundación, el manejo de drenaje y la adecuación de rellenos de nivelación; deberán ser aprobados por un ingeniero con experiencia. Lo anterior mediante visitas concertadas con los proyectistas y constructores.

5. EVALUACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA

La zonificación de amenazas de un proyecto para este caso el desarrollo de cada uno de los predios, es una de las herramientas necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones legales establecidas en el Decreto nacional 564 de 2006.

La consolidación de áreas potencialmente urbanizables, es un mecanismo para a la toma de decisiones en el componente de gestión del riesgo por parte de ente ambientales, como en este caso la CDMB y ente territoriales como son municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga.

La amenaza por movimientos en masa de una ladera, se define como un evento natural, humano o combinado, potencialmente destructivo de vidas, bienes, economía y/o cultura de una comunidad (INGEOMINAS, 2006), involucra en su evaluación, el conocimiento claro del tipo de movimiento en masa amenazante activo o potencial, así como estimativos de su magnitud, recurrencia y localización geográfica. para este tipo de proyectos y al nivel de escala a la cual se esté realizando, requiere una gran cantidad de información de aspectos como: topografía, cobertura y usos del suelo, geología (geología para ingeniería, estratigrafía, geología estructural) geomorfología, clima, hidrología, hidráulica, hidrogeología, parámetros geomecánicos de materiales e intensidad y probabilidad de ocurrencia de factores detonantes tales como lluvias y sismos.

5.1 MÉTODO DETERMINISTICO DE ANÁLISIS PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA

Un método es un conjunto de procedimientos y de medios que permiten llegar a un resultado.

El método debe presentar una disposición ordenada y lógica, para poder ser desarrollado por otra persona, bajo las mismas condiciones y llegar al mismo resultado.

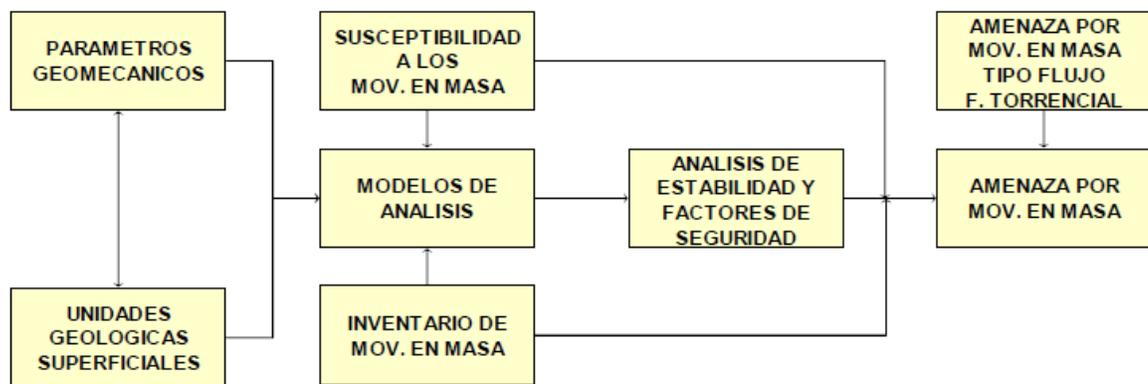
El análisis y evaluación de las variables para zonificación de la amenaza por movimientos en masa ha conducido al desarrollo de un gran número de métodos. Discusiones de varios métodos son presentadas por Carrara (1983); Brabb (19984); Gram. (1984); Hanse (1984), Hartlén et Viberg (1988); Eisten (1988); Riemer et al (1988); Van Westen (1989b, 1993); Gee (1992); Brabb (1993); Mompelat (1994) y Vargas (1995).

Hansen (1984) agrupa los métodos de análisis de las variables entre grandes categorías:

- Métodos de cartografía directa, método de cartografía indirecta y método geotécnico.
- Método por evaluación de la estabilidad de taludes: Por evaluación de las características geomecánicas y morfológicas de los taludes y la aplicación de modelos matemáticos.
- Métodos determinísticos o Geotécnicos: Basados en la aplicación de modelos físicos en análisis de estabilidad de taludes. Estos métodos de análisis del grado de estabilidad de los taludes y laderas (factor de seguridad) están basados en los análisis de los parámetros geomecánicos de los materiales a partir de ensayos de campo y laboratorio.
- Metodos Determinísticos: Están basados en modelos o reglas físicas de conservación de masa de energía o de momento de una fuerza, y por sus características morfométricas, hidrodinámicas y estructurales. Estos métodos se

aplican en estudios geotécnicos a escalas detalladas y locales. Aplicaciones de estos métodos son mostradas en Moriwaki (1989); Barisone et al. (1988); Bolle (1988); carrillo y Carrillo (1988); Heal y Iman(1988); Anogstic y Lesevic (1992) y Terlin (1994).

Para la evaluación de la amenaza se partió de un modelo determinístico los factores de seguridad obtenidos a partir de análisis de estabilidad efectuados según la distribución espacial del mecanismo de falla predominante. En la Figura siguiente se muestra el esquema metodológico general seguido para la obtención del mapa de amenaza.



5.1.1 Evaluacion de la amenaza preliminar. El grado de amenaza de un evento específico en un área dada está determinado por la conjunción de diferentes factores, los cuales pueden ser analizados de forma separada en función de las características que inciden de forma directa o indirecta en la inestabilidad de las laderas y taludes.

Los factores que favorecen la ocurrencia de movimientos masa en forma directa son las condiciones previas de los materiales que conforman el terreno, las condiciones de presiones intersticiales presentes en el área, la morfología, la geología y las características de los suelos, entre otros; factores todos ellos

introducidos en la susceptibilidad o condiciones intrínsecas y propias del medio a la generación de este tipo de procesos.

Dadas ciertas condiciones de susceptibilidad de los materiales, la ocurrencia de ciertos eventos denominados detonantes tales como la actividad sísmica, la intervención humana, procesos erosivos y lluvias de alta intensidad, pueden generar el desarrollo de movimientos en masa definiendo la potencial amenaza de un área a dichos eventos.

No existen reportes ni se observan evidencias de que en el pasado haya ocurrido algún evento de deslizamientos en los lotes. No existen coluviones depositados ni residuos de movimientos del suelo.

En el cuadro siguiente se identifica el fenómeno principal de análisis según los datos de campo y resultados obtenidos en el modelo geotécnico

Tabla 41. Evaluación preliminar de la Amenaza

PARÁMETRO	ACUAPARQUE PANACHI	MONUMENTO AL SANTISIMO	PROYECTO GETSEMANI
EVALUACION DE AMENAZA PRELIMINAR	REMOCIÓN EN MASA	REMOCIÓN EN MASA Y ASENTAMIENTOS	REMOCIÓN EN MASA

5.2 CATEGORIZACION DE LOS NIVELES DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA DEL PREDIO ESTUDIADO

Como criterio técnico para definir los niveles de amenaza se utilizaron los especificados en las Normas Geotécnicas de la CDMB para análisis de estabilidad de taludes.

Tabla 42. Clasificación de la amenaza según el factor de seguridad

CATEGORIZACION AMENAZA	FACTOR DE SEGURIDAD.	
AMENAZA ALTA	<1.2 Estáticas	<1.0 Sísmicas
AMENAZA MEDIA	1.20 - 1.5 Estáticas	1.0 – 1.2 Sísmicas
AMENAZA BAJA	>1.5 Estáticas	>1.2 Sísmicas

5.2.1 Nivel de amenaza baja. Son terrenos “geológicamente estables” donde las amenazas de movimientos naturales de masa son mínimas o no existen. Los factores de seguridad en los análisis de estabilidad de taludes deben ser superiores a 1.5 para condiciones estáticas y 1.2 para eventos sísmicos.

5.2.2 Nivel de amenaza media. Son terrenos clasificados geológicamente como “relativamente inestables”, en los cuales para adelantar la construcción de obras es necesaria la ejecución previa de trabajos que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno, orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural. Los factores de seguridad en el análisis de estabilidad de taludes se encuentran entre 1.20 y 1.5 para condiciones estáticas y entre 1.0 y 1.2 para eventos sísmicos.

5.2.3 Nivel de amenaza alta. Pertenecen a esta clasificación terrenos clasificados como “inestables” en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar a zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales a largo plazo. Los factores de seguridad en el análisis de estabilidad son menores de 1.20 para condiciones estáticas o menores de 1.0 para eventos sísmicos.

5.2.4 Elaboración de los planos de amenaza o movimientos en masa.

Utilizando los resultados de la estabilidad de taludes por los métodos de círculos de falla, se elaboró el plano de amenaza a movimientos en masa.

Análisis con círculos de falla

Analizando los resultados de las modelaciones llevadas a cabo en el software Slide y geoslope, los perfiles de las laderas donde se encuentra el lote estudiado muestran factores de seguridad mayores a 1.5 en condiciones estáticas en casi toda su extensión.

5.3 CONDICIÓN ACTUAL DEL LOTE

En la mayoría de los casos, el factor de seguridad está por encima del exigido.

Tabla 43. Amenaza actual de los proyectos

PARÁMETRO	ACUAPARQUE PANACHI	MONUMENTO AL SANTISIMO	PROYECTO GETSEMANI
EVALUACION DE AMENAZA PRELIMINAR	REMOCIÓN EN MASA	REMOCIÓN EN MASA Y ASENTAMIENTOS	REMOCIÓN EN MASA
CONDICIÓN DE AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA

En los predios estudiados, el análisis de estabilidad de taludes de los casos estudiados, arrojaron factores de seguridad altos y medios para el caso del parque del agua y del monumento al santísimo. Por otro lado en el proyecto Getsemaní se tienen taludes con factores de seguridad menores de 1.5, los cuales requieren obras de mitigación importantes para desarrollar el proyecto de vivienda.

5.4 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS AMENAZAS DEL MEDIO AMBIENTE HACIA LA INFRAESTRUCTURA

Los fenómenos naturales se constituyen en elementos perturbadores del medio ambiente y posibles generadores de emergencias en el Proyecto. Es por esta razón que se hace importante su análisis, dada la envergadura de los proyectos. Estas amenazas se consideran de origen exógeno y se puede dividir en dos tipos:

- Geológico
- Hidrológico y Climático

Cada escenario está expuesto a un grupo de amenazas específica que es necesario identificar, teniendo en cuenta que una amenaza puede dar origen a otra. Para un Proyecto se identifican las amenazas del medio ambiente (naturales) hacia la infraestructura física:

5.4.1 Proyecto Acuaparque

Tabla 44. Tabla de identificación de amenazas naturales

AMENAZA	OCURRENCIA		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1. Geológicas			
Sismos	x		Los proyectos están ubicados en una Zonas de amenaza sísmica ALTA, según La Ley 1229 de 2008,
Volcanes		x	
Deslizamiento	x		Teniendo en cuenta las características geotécnicas del suelo y la existencia de un talud en el área de incidencia del proyecto
2. Climáticas			
Inundaciones		x	
Erosión	x		Por las características geotécnicas del suelo y la errática

AMENAZA	OCURRENCIA		OBSERVACIONES
			cobertura que presenta el talud.
Incendios Forestales		x	
Tormentas eléctricas	x		Propios de los fenómenos climáticos naturales.

5.4.2 Proyecto Monumento al Santísimo

Tabla 45. Tabla de identificación de amenazas naturales

AMENAZA	OCURRENCIA		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1. Geológicas			
Sismos	x		Los proyectos están ubicados en una Zonas de amenaza sísmica ALTA, según La Ley 1229 de 2008,
Volcanes		x	
Deslizamiento	x		Teniendo en cuenta las características geotécnicas del suelo y la existencia de un talud en el área de incidencia del proyecto
2. Climáticas			
Inundaciones		x	
Erosión	x		Por las características geotécnicas del suelo y la errática cobertura que presenta el talud.
Incendios Forestales		x	
Tormentas eléctricas	x		Propios de los fenómenos climáticos naturales.

5.4.3 Proyecto Getsemaní

Tabla 46. Tabla de identificación de amenazas naturales

AMENAZA	OCURRENCIA		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1. Geológicas			
Sismos	x		Los proyectos están ubicados en una Zonas de

AMENAZA	OCURRENCIA		OBSERVACIONES
			amenaza sísmica ALTA, según La Ley 1229 de 2008,
Volcanes		x	
Deslizamiento	x		Teniendo en cuenta las características geotécnicas del suelo y la existencia de un talud en el área de incidencia del proyecto
2. Climáticas			
Inundaciones		x	
Erosión	x		Por las características geotécnicas del suelo y la errática cobertura que presenta el talud, además de la alta pendiente presente.
Incendios Forestales		x	
Tormentas eléctricas	x		Propios de los fenómenos climáticos naturales.

5.5 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS AMENAZAS DE LA INFRAESTRUCTURA HACIA EL MEDIO AMBIENTE

Durante la ejecución del proyecto se pueden presentar eventos y, accidentes ocasionados por una indebida utilización de equipo y maquinaria pesada, accidentes ocasionados con almacenamiento, operación de talleres, campamentos. etc.

5.6 EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS

Los posibles escenarios donde se pueden presentar las amenazas se localizan en las diferentes locaciones naturales y antrópicas que componen el proyecto.

El análisis del impacto y alcances de los siniestros y el manejo de los mismos requiere definir los escenarios posibles, en donde se pueda materializar la amenaza. En la siguiente Tabla se muestran los escenarios y sus amenazas.

Tabla 47. Amenazas y Escenarios de posibles siniestros

AMENAZA ESCENARIO	Acuaparque	Monumento al Santísimo	Getsemaní
1. Naturales			
Sismos	X	X	X
Deslizamiento	X	X	X
Erupciones Volcánicas	N/A	N/A	N/A
Erosión	X	X	X
Tormentas eléctricas	X	X	X
Incendios Forestales	N/A	X	N/A
Inundaciones	N/A	N/A	N/A
2. Tecnológicas			
Falla en el diseño	X	X	X
Daños y eventos antropicos y accidentales	X	X	X

5.7 DESCRIPCION DE AMENAZAS

5.7.1 Los sismos. Se pueden presentar debido a que el área en que está proyectada la construcción se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta según la norma NSR10. Afectando los tres escenarios posibles.

5.7.2 Los deslizamientos. Se puede originar por varias razones, la más probable de ocurrir es por exceso de lluvias que se presenta en la zona y otra posible causas es como efecto de un sismo en la zona.

Las amenazas correspondientes a fallas tecnológicas se atribuyen a errores humanos en los cálculos de los diseños de la construcción y aquellos causados por imprevistos se toman como accidentales. Que pueden incidir o maximizar por acciones sísmicas remoción en masa y deslizamientos.

5.7.3 Erosión. Es el proceso de degradación más importante y relevante de la pérdida de suelo. Los proyectos poseen altas pendientes, conformadas por el

producto de la acción del agua, el viento; es decir por la acción de los procesos erosivos.

Pueden ser marcas y geoformas representativas de un alto grado de erosión y desertización, el cual es propiciado por las condiciones elevadas de aridez, que se establecen en estos suelos en los cuales se genera escorrentía a partir de un arrastre continuo de las partículas del suelo a través de las aguas lluvias que se distribuyen sobre la superficie, que pueden llevar al desarrollo de deslizamientos en las épocas de lluvia; estos acontecimientos surgen tras la pérdida de las capas u horizontes superiores, que contienen materia orgánica y nutrientes produciendo el adelgazamiento de los perfiles del subsuelo; la capacidad de conservación de humedad e implementación de sedimentos a las corrientes de agua y productividad de los mismos por lo que se exige un manejo integral para su recuperación y producción mediante usos forestales.

5.8 EFECTOS DE LAS AMENZAS

De acuerdo con las amenazas estudiadas en el proyecto presenta los siguientes escenarios más relevantes:

La construcción: cualquiera que sea el tipo de amenaza que ocurra afecta directamente la obra.

Erosión: Aunque los proyectos poseen en su mayoría factores de seguridad mayores de 1.5, se debe garantizar esta condición después de haber terminado la construcción de los proyectos, logrando que los factores de seguridad no decaigan con los fenómenos de meteorización que se puedan presentar.

5.9 EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO PROYECTO DE VIVIENDA LA CUMBRE

Para este proyecto, se realizó un análisis especial, pues este sector ya se encuentra catalogado en el POT de Floridablanca como un predio con amenaza alta por remoción en masa y las obras de urbanización ya se vienen desarrollando. Razón por la cual se hace necesario un análisis para poder mitigar la amenaza y se siga desarrollando el proyecto.

Teniendo en cuenta la clasificación de Amenazas Naturales realizada en el POT de Floridablanca, en el presente estudio se ha realizado un análisis de las amenazas naturales potenciales que afectan los sectores en que se localizan los proyectos estudiados. En el sector de Altos de La Cumbre se identificaron las siguientes amenazas:

5.9.1 Amenaza por erosión. Esta amenaza se hace evidente en la zona terraceda por la remoción de la cubierta vegetal protectora de enraizamiento profundo y envergadura considerable, dando lugar al lavado de los suelos en periodos de lluvias intensas. Las fuertes pendientes, el escaso desarrollo de suelos, la granulometría del mismo y la acción de los lineamientos estructurales presentes exponen el suelo a la remoción de partículas.

5.9.2 Amenazas por fenómenos de remoción en masa. Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios por los cuales una parte de la masa del terreno se destaca del conjunto y se desplaza a una cota inferior a la original, sin que medie ostensiblemente un agente de transporte, siendo tan solo necesario para que se produzca el desplazamiento, que las fuerzas estabilizadoras (cohesivas) sean superadas por las desestabilizadoras (cizalla).

Los deslizamientos y movimientos de material no son relevantes en este sector, dado que la zona en que la superficie del terreno presenta mayor pendiente, presenta buena cobertura vegetal, el material que conforma las laderas presenta buena cohesión y en algunos sectores se han efectuado obras civiles de estabilización (figura 12).

Muro de contención construido en la parte de mayor pendiente en el predio



5.9.3 Amenazas por actividad sísmica. De acuerdo con el esquema de Amenaza Sísmica del Departamento de Santander elaborado por Ingeominas (1998), Bucaramanga y su Área Metropolitana se localizan en la zona de amenaza muy alta. Esta zonificación se hace teniendo en cuenta los siguientes factores:

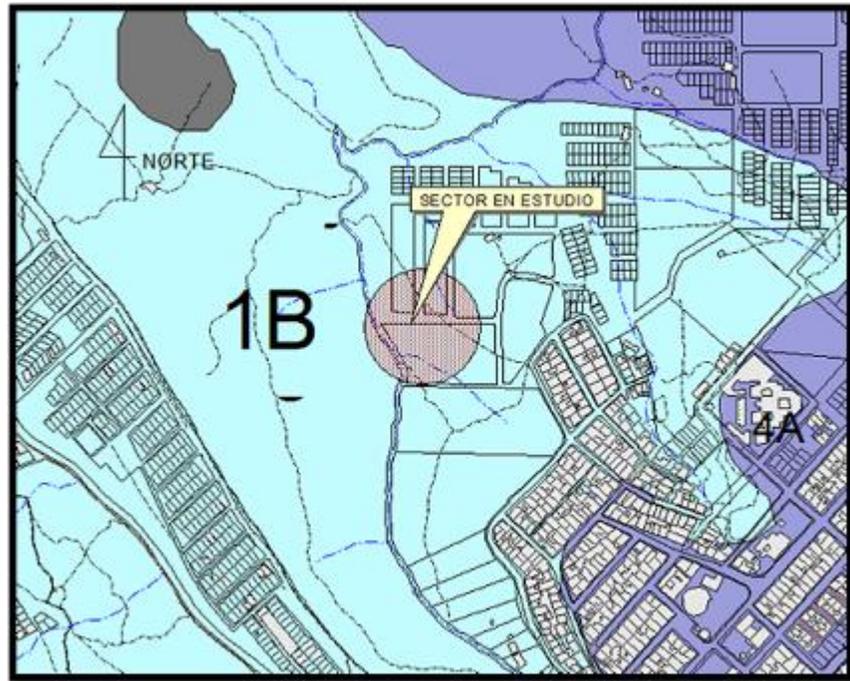
La ciudad y por consiguiente el área de estudio están localizados a 50 kms. aproximadamente del núcleo del Nido Sísmico de Bucaramanga, catalogada como una de las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo.

La localización del cerro La Cumbre dentro de una región tectónicamente compleja representada por los sistemas de fallas Bucaramanga – Santa Marta y Suárez – Río de Oro, en el que la actividad tectónica del primero ha sido el origen de sismos con hipocentro localizado entre 35 y 70 kms de profundidad y con magnitudes de

4,1 a 6,0 en escala de Richter, durante el período de 1993 a 1997. Cabe resaltar que esta amenaza por sismicidad influye como agente detonante para las amenazas antes descritas.

5.9.4 Zonificación geotécnica del sector

5.9.4.1 Zonificación geotécnica actual. El Estudio de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga realizado por Ingeominas y la CDMB en 2001, estableció que el sector occidental del cerro La Cumbre hacía parte de la zona geotécnica 1B, definido como Rocas Sedimentarias con Pendientes Fuertes. Se considera que esta unidad se presenta en las laderas norte, oriental, suroriental y suroccidental de la Mesa de Ruitoque, incluyendo las laderas de los bajos de Ruitoque y las cuencas de la quebrada Guatiguará y El Palmar, algunos sectores al norte del área Metropolitana de Bucaramanga, en las laderas orientales y nororientales de la Mesa de Lebrija arriba del escarpe del cerro de Palonegro, en las laderas del cerro de La Cantera en Piedecuesta y en particular la ladera occidental de la mesa de la cumbre. Esta unidad presenta como características fisiográficas drenaje subdendrítico a subparalelo con valles en V, laderas empinadas con escarpes semiverticales en los sectores más altos, afloramientos de las formaciones Diamante (Pcd), Tiburón (TRPt), Bocas (TRb), Jordán (Jj), Girón (Jg), Tambor (Kita), suelos residuales y Depósitos Coluviales (Ql).



Como características geotécnicas esta unidad presenta suelos compuestos por bloques de roca muy fracturados, presencia de grandes bloques sueltos sobre la superficie del talud, talus y coluviones colgados sobre las laderas y suelos residuales con perfiles de meteorización poco profundos, además aparecen amplias cárcavas de erosión y cicatrices de antiguos deslizamientos.

Los problemas geotécnicos que se atribuyen a los sectores catalogados bajo esta zona geotécnica son:

- Deslizamientos masivos de los coluviones a media ladera.
- Desprendimiento y caída de grandes bloques de roca, en eventos lluviosos o por acción de los movimientos sísmicos.
- Erosión por profundización acelerada de las cañadas.

- Susceptibilidad a la denudación generalizada en eventos lluviosos de gran magnitud.

La anterior caracterización fue el resultado del análisis de la información empleada como fuente de dicho estudio. No obstante, por efectos de la escala empleada se dio lugar a inexactitudes tanto en la delimitación como en la clasificación de la zonificación, lo cual da pie para proponer los cambios que se exponen a continuación.

5.9.5 Propuesta de nueva zonificación geotécnica. Con base en el control de campo realizado al interior del presente trabajo en el predio correspondiente al proyecto de vivienda Altos de La Cumbre, se puede establecer que las unidades geológicas sobre la cual se ha delimitado el predio son la Formación Girón y el miembro Limos Rojos de la Formación Bucaramanga. Adicionalmente el plano de pendientes obtenido permite establecer que solo una parte mínima del terreno presenta una pendiente que supera el valor aceptado de 57%.

Por lo anterior se propone un cambio de distribución en las unidades geotécnicas presentes en el sector de la siguiente manera:

Establecer un margen de 10 metros a partir del curso actual de la quebrada Las Pilas en cada vertiente como zona de aislamiento y protección, definida esta como zona 6B.

Definir como unidad geotécnica 1A al área comprendida entre la zona de protección de la quebrada Las Pilas y la cota 986 que marca el contacto con el miembro Limos Rojos, teniendo en cuenta que en la zona en mención aflora la Formación Girón y que en el presente el terreno presenta valores de pendiente inferiores al 57%.

Definir como zona geotécnica 3B al área de mayor pendiente, es decir, aquella comprendida entre la cota 986 y el extremo superior del predio (el extremo oriental) limitado por la Calle 38 y la Carrera 6E.

De esta manera se habilita buena parte del lote para desarrollar en él procesos de desarrollo urbano y se protegen las zonas más susceptibles como la ronda de la quebrada y la parte de mayor pendiente.

6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

6.1 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA

En la actualidad la normatividad ambiental ha enfocado gran parte de sus esfuerzos en la seguridad de las personas y el medio ambiente, para lograr este objetivo se han creado metodologías para el análisis de las consecuencias y la evaluación de riesgos de todas actividades que se llevan a cabo en los diferentes proyectos. Para realizar la evaluación de los riesgos se requiere cualificar y cuantificar los efectos sobre las personas o sobre el medio ambiente. El riesgo del sistema no solamente depende del nivel de amenaza, sino de las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos en la misma, por lo tanto el propósito del análisis de vulnerabilidad, es el de determinar el grado de afectación del sistema y los elementos físicos y biológicos localizados en el área de influencia de la amenaza. Por tanto, posteriormente a la identificación de las amenazas que puede afectar el proyecto; el segundo paso es evaluar la vulnerabilidad del sistema. A continuación se presenta una metodología cualitativa (Duque 1997), la cual permite lograr una visión objetiva del estado de los riesgos en un proyecto.

- Definición del sistema
- Identificación de los factores de vulnerabilidad para el sistema
- Definición de escenarios
- Estimación de la Gravedad de las consecuencias (G)
- Estimación de la Probabilidad de los siniestros (P)
- Calificación del riesgo por escenario

- Matriz de aceptabilidad de riesgos del sistema
- Definición del perfil de riesgos del sistema
- Definición de los niveles de riesgo para cada escenario
- Estrategias de gestión en la matriz de aceptabilidad.

6.2 IDENTIFICACION DE LOS FACTORES DE VULNERABIIDAD PARA EL SISTEMA

Los factores de vulnerabilidad dentro de un análisis de riesgos permiten determinar los efectos negativos que sobre el escenario y zonas de posible impacto puedan tener los eventos que se lleguen a presentar son:

- Víctimas.
- Daño ambiental.
- Pérdidas materiales y/o económicas.
- Pérdida de imagen.

Un escenario se define como el lugar y las circunstancias para que cierta amenaza se materialice en una emergencia en un sitio determinado.

Tabla 48. Escenarios debido a las amenazas

ESCENARIO	DESCRIPCION DEL ESCENARIO
VIA	Vía de acceso al predio y vías aledañas al proyecto

ESCENARIO	DESCRIPCION DEL ESCENARIO
CONSTRUCCIÓN	construcción, dotación y operación de un Jardín Social y sus actividades complementarias, como estrategia de cualificación de la atención de los niños y niñas menores de seis años del programa de Hogares Comunitarios a cargo del ICBF.
TALUD	El proyecto esta localizado en la base de un talud el cual está recubierto con copiosas presencias de rastrojo bajo y arboles introducidos como bambú que permiten cierto grado de estabilización del talud frente a la remoción en masa, mas sin embargo se pueden presentar focos de erosión por acción de la escorrentía superficial.

6.3 ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD (G) DE LAS CONSECUENCIAS

La gravedad (G) de las consecuencias de un evento se evalúa sobre los factores de vulnerabilidad, y se califica dentro de una escala que establece cinco niveles como se muestran en las siguientes Tablas:

Tabla 49. Gravedad (G) de las consecuencias a la salud y la vida humana (VICTIMAS)

GRAVEDAD	DEFINICIÓN	PTOS
INSIGNIFICANTE	Sin lesiones	1
LEVE	Lesión temporal (con incapacidad)	2
CRITICO	Lesión con incapacidad permanente	4
GRAVE	Más de 5 muertes/20 heridos/menos de 500 evacuados	8
CATASTROFICO	Más de 20 muertes/más de 100 heridos/más de 500 evacuados	16

Fuente: United National Enviromental Program (UNEP)

Tabla 50. Gravedad (G) de las consecuencias a la afectación ambiental (DAÑO AMBIENTAL)

GRAVEDAD	DEFINICION	PTOS
INSIGNIFICANTE	Sin contaminación	1

GRAVEDAD	DEFINICION	PTOS
LEVE	Efectos localizados y remediabiles	2
CRITICO	Efectos dispersos con limitada remediación	4
GRAVE	Efectos dispersos no remediabiles	8
CATASTROFICO	Daño permanente	16

Tabla 51. Gravedad (G) de las consecuencias a otros factores de vulnerabilidad (Pérdidas materiales y/o económicas y Pérdida de imagen)

GRAVEDAD	AFECCION DEL SISTEMA	PERDIDAS O DANOS	VALOR
INSIGNIFICANTE	No afectado	Sin perdidas o daños	1
LEVE	Leve	Despreciables	2
CRITICO	Parcial	Moderados	3
GRAVE	Mayor	Considerables	4
CATASTROFICO	Total	De Gran Magnitud	5

En esta tabla tenemos en cuenta las Víctimas, el daño ambiental y en otros factores la imagen de la entidad que ejecuta el proyecto y daños económicos y/o materiales. Los resultados de la estimación de gravedad para los escenarios de emergencia del proyecto serían los siguientes:

Tabla 52. Estimación de la Gravedad para los escenarios de emergencia

ESCENARIO	FACTORES DE VULNERABILIDAD			VALOR TOTAL (G)
	VÍCTIMAS	DAÑO AMBIENTAL	OTROS FACTORES (imagen del ente gestor del proyecto y pérdidas materiales y/o económicas)	
SISMO	1	1	3	5
DESLIZAMIENTO	1	2	2	5
EROSION	1	1	2	4
TORMENTA ELECTRICA	1	1	1	3

6.4 ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE LOS SINIESTROS (P)

Para efecto de evaluar los escenarios de posibles siniestros se clasifican de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia, mediante una tabla de “probabilidad relativa”. Esta tabla debe ser construida para cada sistema y debe ser utilizada en forma consistente para todos los escenarios.

La elaboración de la tabla debe estar muy ligada a la vida útil esperada para el sistema. De acuerdo con esto, el término “improbable”, no significa realmente que no pueda ocurrir, sino que es muy difícil que ocurra durante la vida útil del sistema.

La valoración de la probabilidad de ocurrencia y la estimación de la probabilidad de los escenarios se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 53. Valoración de la probabilidad (P)

CLASIFICACION	DESCRIPCION	VALOR
Improbable	Ocurre una vez cada 1000 años	1
Difícil	Ocurre una vez entre 100 y 1000 años	2
Remoto	Ocurre una vez entre 10 y 100 años	3
Ocasional	Ocurre una vez entre 1 y 10 años	4
Frecuente	Ocurre más de una vez por año	5

Tabla 54. Estimación de la probabilidad de los escenarios

ESCENARIOS	PROBABILIDAD	
SISMO	REMOTO	3
DESLIZAMIENTO	OCASIONAL	4
EROSIÓN	FRECUENTE	5
TORMENTA ELECTRICA	REMOTO	3

El análisis de vulnerabilidad es un documento en el que se plantea el eventual éxito o fracaso de un proyecto. Para lograr esto se parte de datos empíricos verificables a los que se accede en diferentes fuentes (ENSAYOS -VISITAS etc.)

Es un recurso útil en el cual todas las posibles circunstancias (negativas) que podrían llegar a afectar el proyecto son estudiadas (consecuencias).

Se analizarán en el presente documento los aspectos técnicos y aquellos fenómenos naturales que puedan afectar la seguridad del proyecto en cualquiera de sus etapas y aquellas acciones que son propias del proyecto y afecten el entorno.

6.5 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es el grado de pérdida o destrucción de un elemento señalado o de un grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de magnitud determinada (Varnes, 1984), (El grado de daño a la población, vidas humanas, propiedades, actividades económicas, servicios públicos, condiciones ambientales etc., en un área específica por la ocurrencia de un determinado evento).

La vulnerabilidad depende de la naturaleza de los elementos y la localización del sitio donde se encuentran (si están arriba o abajo del deslizamiento), así como la naturaleza del elemento en riesgo, y de las características de la amenaza.

La vulnerabilidad depende principalmente de la exposición del elemento a la amenaza. Por ejemplo, a mayor distancia del deslizamiento, la vulnerabilidad tiende a ser menor. Igualmente, la vulnerabilidad depende de la magnitud de la amenaza. Generalmente, a mayor magnitud del movimiento, la vulnerabilidad va a ser mayor. Del mismo modo, la velocidad del movimiento afecta el valor de la vulnerabilidad. A mayor profundidad del deslizamiento, generalmente el daño y la vulnerabilidad son mayores, para las estructuras y las personas.

Para valorar la vulnerabilidad debe tenerse en cuenta el tipo, proximidad y distribución espacial de las elementos afectados o población, grado de protección ofrecida a la personas por la naturaleza del elemento, escala o volumen probable de la falla, grado de prevención o alarma, velocidad del movimiento y su respuesta, así como la posibilidad de efectos secundarios.

De acuerdo con los lineamientos técnico-ambientales de la CDMB la vulnerabilidad se debe expresar en términos cualitativos así: vulnerabilidad alta, media y baja. Para la evaluación del proyecto planteado en los predios analizados se emplea la siguiente clasificación y descripción (Modificado de Imiriland, 2007):

La valoración de la vulnerabilidad puede definirse como el nivel potencial de daño o grado de pérdida de un determinado elemento, expresado en una escala de 0 a 1.

CLASIFICACION DE LA VULNERABILIDAD	RANGO DE PERDIDAS	INDICE
BAJA	0 - 25%	0 - 0.25
MEDIA	25 -60%	0.25 - 0.60
ALTA	60 - 100%	0.6 - 1.0

- Vulnerabilidad física
- Vulnerabilidad social
- Vulnerabilidad económica
- Vulnerabilidad ambiental

Amenaza a tener en cuenta:

a. Movimientos de remoción en masa. Se analizaron dos zonas de amenaza: Amenaza media y baja (ver plano adjunto). Debe tenerse en cuenta que la totalidad del proyecto se plantea sobre la zona de amenaza baja, y en el sector de amenaza intermedia se proyecta obras de mitigación con el objeto de reducir la amenaza.

Vulnerabilidad Física. La vulnerabilidad física se ha definido como la capacidad o propensión que tiene la estructura y funciones del elemento estudiado a ser dañada, en particular cuando se trata de una persona, una edificación o una comunidad.

Descripción de la Vulnerabilidad	Rango de Pérdidas	Índice
<i>Estructuras intactas</i>	0	0
<i>Daños locales</i>	1 -25%	0.25
<i>Daños serios pero posibles de reparar</i>	26 -50%	0.5
<i>Destruído en su mayoría y difícil de reparar</i>	51 - 75%	0.75
<i>Destrucción total</i>	76 - 100%	1

Valores de vulnerabilidad física al impacto de deslizamientos de tierra (Imiriland, 2007)

6.5.1 Parámetros análisis de vulnerabilidad

6.5.1.1 Pendiente del terreno. La Clasificación de este parámetro fue realizada en función de la pendiente del suelo sobre la cual se localizara la cimentación.

A. El proyecto se plantea construir sobre una zona con pendientes menores a 18%.

B. El proyecto se plantea construir sobre una zona con pendientes entre 18% y 34%.

C. El proyecto se plantea construir sobre una zona con pendientes mayores a 34%.

6.5.1.2 Tipo de suelo. La clasificación de este parámetro se plantea de la siguiente forma.

A. El proyecto se cimentara sobre roca o suelo rígido con un $N_{\text{corregido}}$ superior a 60.

B. El proyecto se cimentara sobre suelo rígido con $N_{\text{corregido}}$ entre 20 y 35.

C. El proyecto se cimentara sobre suelos con $N_{\text{corregido}}$ menor a 20, o sobre suelos Blandos (rellenos, suelo sueltos).

6.5.1.3 Posición de la cimentación. La clasificación de este parámetro se plantea de la siguiente forma.

A. La fundación está ubicada a una misma cota.

B. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a un metro.

C. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a un metro.

6.5.2 Conclusiones del análisis de vulnerabilidad. La vulnerabilidad del lote en estudio se puede clasificar como baja, sin embargo las obras de mitigación consistirán sobretodo en hacer un manejo constructivo y de conservación de las zonas boscosas y de las quebradas.

7. EVALUACIÓN DEL RIESGO

Tiene su origen etimológico más lejano en el vocablo árabe rizq, que significa “lo que depara la providencia”. El término está vinculado a la proximidad de un posible daño y a la vulnerabilidad.

La palabra riesgo no quiere decir siempre que vaya a ocurrir un desastre, aunque haya mucha posibilidad del mismo, la percepción del estado del riesgo es determinada por el pensamiento y accionar del ser humano y no siempre se debe cuantificar por las pérdidas económicas sino por los cambios abruptos en el ritmo cotidiano de los seres humanos.

De acuerdo con Aven y Kristensen (2004) existen dos corrientes de pensamiento relacionadas con el concepto de riesgo: 1) La corriente positivista que podemos definir como optimista, en la cual el riesgo existe objetivamente y puede ser medido; y 2) La corriente Bayesiana o relativista en la cual se concibe el riesgo como una forma de expresar la incertidumbre. En este capítulo trataremos de encontrar un equilibrio entre estos dos puntos de vista, sin perder objetividad.

Hoy en día en nuestro medio nos damos cuenta que los organismos estatales, quienes son los encargados de tomar las decisiones encaminadas a corregir el riesgo, mitigando los impactos que el mismo pueda presentar, teniendo un gran vacío en la normatividad y reglamentación del mismo y con funcionarios poco especializados en el tema, que al final del proceso son quienes evalúan y proponen soluciones.

La UNDRO³ (1991) presenta las siguientes definiciones respecto al riesgo y sus componentes:

³ **UNDRO:** United Nations Disaster Relief Organization.

a. Riesgo: número esperado de vidas perdidas, personas heridas, daños a la propiedad y la interrupción de la actividad económica debido a un fenómeno natural particular. Es el producto del riesgo específico y los elementos en riesgo (expuestos).

b. Riesgo específico: grado esperado de pérdida debido a un fenómeno natural en particular y en función de los peligros (amenazas) naturales y la vulnerabilidad.

c. La peligrosidad o amenaza natural (Hazard): Probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente dañino en un tiempo y lugar específico.

d. La vulnerabilidad: El grado de pérdida de un determinado elemento o elementos en situación de riesgo como resultado de la ocurrencia de una catástrofe natural de una magnitud dada. Se expresa en una escala de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total).

A continuación se realizó el riesgo de los tres escenarios diferentes planteados y tomando como base los modelos geotécnicos obtenidos en cada uno.

Con el análisis de riesgos se obtienen las pautas necesarias para el diseño del estudio de vulnerabilidad.

El análisis de riesgos es un procedimiento cuya finalidad es evaluar la ocurrencia de una amenaza y la probabilidad de la magnitud de sus consecuencias, sobre un sistema determinado. Se incluye en ese proceso de identificación de las amenazas del sistema y de cuantificación de sus consecuencias, una finalidad principal de lograr minimizar los riesgos, de tal forma que alcance un nivel aceptable, dentro de unos parámetros de costo beneficio.

La metodología utilizada para el análisis de riesgo puede identificar los riesgos presentes en el sistema, partiendo de la identificación de los niveles de amenaza del sistema y su vulnerabilidad, cuantificar el potencial de que estos se conviertan en siniestros y valorar los daños en los diferentes escenarios analizados.

7.1 EVALUACIÓN DETALLADA DEL RIESGO

El riesgo es la conjugación de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza y la gravedad de las consecuencias de la misma. Matemáticamente el riesgo R puede expresarse como el producto de la probabilidad de ocurrencia P por la gravedad G.

7.1.1 Cálculo de riesgo $R = P \times G$. En la siguiente Tabla se presenta el cálculo del riesgo para los escenarios y factores de vulnerabilidad contemplados en el proyecto.

Tabla 55. Cálculo del Riesgo

ESCENARIO	P	G	RIESGO
SISMO	3	5	15
DESLIZAMIENTO	4	5	20
EROSIÓN	5	4	20
TORMENTA ELECTRICA	3	3	9

7.1.2 Valores de riesgo. Se construye una matriz de probabilidad con la gravedad, donde se asigna a cada escenario un valor de riesgo. Como los máximos valores de probabilidad y gravedad son 5 y 37 respectivamente, su multiplicación representa el valor máximo de riesgo teórico el cual es:

En la Tabla siguiente se presenta el cálculo de los valores de riesgos para las diferentes escalas de probabilidad

Tabla 56. Valores de riesgo

PROBABILIDAD	RESULTADOS					
FRECUENTE	5	15	30	55	100	185
OCASIONAL	4	12	24	44	80	148
REMOTO	3	9	18	33	60	111
DIFICIL	2	6	12	22	40	74
IMPROBABLE	1	3	6	11	20	37
		INSIGNIFICANTE	LEVE	CRITICO	GRAVE	CATASTROFICO
		GRAVEDAD				

7.1.3 Evaluación de los límites aceptables de riesgo. La “Matriz de aceptabilidad del riesgo” es la determinación de los criterios sobre los niveles de riesgo que son aceptables o no para el sistema; estas zonas de aceptabilidad” se establecen según una matriz de Gravedad vs Probabilidad.

La construcción de la matriz permite visualizar de manera semicuantitativa los riesgos para determinar su aceptabilidad, y establecer el nivel de planeación requerido para su prevención y atención. La ubicación de un escenario dentro de la matriz de riesgos determinará la prioridad relativa en su gestión. En cuanto a la aceptabilidad, los riesgos se clasifican así:

Aceptable: Un escenario situado en esta región de la matriz indica que la combinación de probabilidad-gravedad no representa una amenaza significativa, por lo que no amerita la inversión inmediata de recursos y no requiere una acción específica para la gestión sobre el factor de vulnerabilidad considerado en el escenario. Cuantitativamente representa riesgos con valores menores o iguales a 19 puntos.

Tolerable: Un escenario situado en esta región de la matriz significa que, aunque deben desarrollarse actividades para la gestión sobre el riesgo, éstas tienen una

prioridad de segundo nivel. Cuantitativamente representa riesgos con valores entre 20 y 36 puntos.

Inaceptable: Un escenario situado en esta región de la matriz significa que siempre se requieren desarrollar acciones prioritarias e inmediatas para su gestión, debido al alto impacto que tendrían sobre el sistema. Cuantitativamente representa valores de riesgo entre 37 y 185 puntos.

En la siguiente Tabla se presenta la matriz general de aceptabilidad de riesgos.

Tabla 57. Matriz de aceptabilidad del riesgo

PROBABILIDAD	RESULTADOS					
FRECUENTE	5	Aceptable	Tolerable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
OCASIONAL	4	Aceptable	Tolerable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
REMOTO	3	Aceptable	Aceptable	Tolerable	Inaceptable	Inaceptable
DIFICIL	2	Aceptable	Aceptable	Tolerable	Inaceptable	Inaceptable
IMPROBABLE	1	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Tolerable	Inaceptable
		3	6	11	20	37
		INSIGNIF	LEVE	CRITICO	GRAVE	CATASTROFICO
		GRAVEDAD				

Sobre esta matriz se ubican los escenarios evaluados, cuyo conjunto configura “El Perfil de los Riesgos” para el proyecto. Que nos sirve de base para “administrar” los riesgos en función de costo-beneficio.

Tabla 58. Perfil de Riesgos del sistema

PROBABILIDAD	RESULTADOS					
FRECUENTE	5	Sismo				
OCASIONAL	4		Deslizamiento-erosión			
REMOTO	3	Tormenta eléctrica				
DIFICIL	2					
IMPROBABLE	1					

PROBABILIDAD	RESULTADOS				
	3	6	11	20	37
	INSIGNIFICANTE	LEVE	CRITICO	GRAVE	CATASTROFICO
	GRAVEDAD				

De acuerdo con la ubicación de los escenarios en el perfil de Riesgos del sistema, definimos los niveles de vulnerabilidad asociados así como la aceptabilidad para cada escenario los cuales se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 59. Niveles de vulnerabilidad y aceptabilidad del sistema

ESCENARIO	P	G	FACTOR	VULNERABILIDAD	ACEPTABILIDAD
SISMO	3	5	15/185	8.1%	Aceptable
DESLIZAMIENTO	4	5	20/185	11.049%	Aceptable
EROSION	5	4	20/185	11.049%	Aceptable
INCENDIOS FORESTALES	3	3	9/185	4.97%	Aceptable

7.2 ESTRATEGIA DE RESPUESTA PARA LA NO OCURRENCIA Y/O MINIMIZACION

Constituye la aplicación e implementación inteligente de lo previsto. No habrá nunca una situación idéntica a otra, por lo cual siempre se requerirá de un proceso racional para la toma de decisiones.

Se debe constituir un sistema que aprende, el cual basado en una estructura y en unos procedimientos, se realimenta y se ajusta con la escena de los acontecimientos.

Como estrategia de prevención para la no ocurrencia y/o minimizar la emergencia se establecen fichas:

**ESTRATEGIAS DE MINIMIZACION
FICHA 1. (talud)**

OBJETIVO: establecer las medidas para minimizar la vulnerabilidad frente a la amenaza y riesgos que inciden sobre los proyectos Acuaparque, monumento al Santísimo v Getsemaní.

**RESPONSABLES:
CONSTRUCTOR**

**CONTROL Y SEGUIMIENTO:
SUPERVISOR**

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Establecer estructuras hidráulicas de recolección del agua una en la corona y otra en el pie del talud con sus respectivas obras de drenajes y disipación de vías.
- Sembrar en todo el talud especies forrajeras invasoras tipo maní forrajero y/o brachiaria becumens.
- Instalar mojones testigos referenciados topográficamente para establecer movimientos de reptación, deslizamientos, desplazamientos diferenciales.
- Establecer una estructura de retención al pie del talud.
- Construir drenes de penetración para el drenaje de aguas subterráneas.
- Estabilizar los taludes que han sido objeto de intervención humana para la conformación de rellenos no compactados.

**PDC ESTRATEGIAS DE NO OCURRENCIA Y/O MINIMIZACION
FICHA 2. (CONSTRUCCIÓN)**

OBJETIVO: establecer las medidas para minimizar la vulnerabilidad frente a la amenaza y riesgos que inciden en la construcción del monumento al Santísimo

RESPONSABLES:

CONTROL Y SEGUIMIENTO:

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Tener en cuenta las medidas que aplican para las estrategias en minimización en el talud y la vía.
- La cimentación de la estructura se debe adelantar en suelo competente, no en relleno, y debe obedecer a un cálculo racional con base geotécnica.
- Los cálculos estructurales y la construcción deben cumplir los requisitos establecidos en la NSR-10.

BIBLIOGRAFÍA

Alcantara Ayala, Irasema. Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen 17, número 1, 2000, p. 66-75

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (1997). "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, Ley 400 de 1997, Decretos 33 y 34 de 1998 y 1999". Bogotá.

Aste, Jean Pierre. Apuntes sobre la evaluación y la prevención de riesgos geológicos: Hacia una nueva visión metodológica y operativa. VII Congreso Colombiano de Geotecnia. Santafé de Bogotá. 1998.

Castro Marín, Eduardo. Zonificación de Amenazas por procesos de remoción en masa en las cuencas de los ríos Bolo y Fraile, Valle del Cauca.

Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. Normas Técnicas para el Control de la Erosión. Bucaramanga, 1995.

Deslizamiento Bajo Gamboa, Costa Rica "La posibilidad de una Estabilización Rentable". III curso internacional sobre microzonificación y su aplicación en la mitigación de desastres.

Instituto Colombiano del Petróleo. Manual de Protección Geotécnica y ambiental. Bogotá 1990.

Juarez, Badillo E.. Rico Rodríguez A. Mecánica de suelos Tomo I. Ed. Limusa, s.a. 1971.

K.C. Ng, S. Parry, J.P. King, C.A.M. Franks & R. Shaw. GUIDELINES FOR NATURAL TERRAIN HAZARD STUDIES. GEO REPORT No. 138, 2002.

Obando, Tupac. La Susceptibilidad por deslizamientos en Nicaragua. Managua 2007.

Rico, Alfonso y Del Castillo, Hermilo. La ingeniería de suelos en las Vías Terrestres. Vol 2 Ed. Limusa, s.a. 1982.

Rodriguez Muelas, Angel. Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

Ruiz Peña, Gloria Lucia. Amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa en el municipio del Líbano – Tolima. VII Congreso Colombiano de Geotecnia. Santafé de Bogotá. 1998.

Suarez Diaz, Jaime. Parámetros para la elaboración de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos. VII Congreso Colombiano de Geotecnia. Santafé de Bogotá. 1998.

Suarez, Jaime. Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. 2002.

Taylor, D.W. “Principios fundamentales de mecanica de suelos” Ed. C.E.C.S.A. México 1961.

Tragsa. Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 1994.

Vargas M. William & Garro José Francisco. El ángulo crítico de la pendiente y la susceptibilidad a deslizamientos de laderas naturales. IX Seminario Nacional de

Geotecnia – IV Encuentro Centroamericano de Geotecnistas. San José, Costa Rica, 14 al 18 de noviembre del 2006.

ANEXOS

ANEXO A. ENSAYOS DE LABORATORIO PARQUE DEL AGUA

			SONDEO	S#1
			MUESTRA	M1-2
			PROF.	0,00 - 2,00 m.
			FECHA:	Marzo/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1393,70	1160,70
PESO DE RECP. + S.S.	1281,60	1103,80
PESO RECIPIENTE	71,60	70,90
PESO AGUA	112,10	56,90
PESO SUELO SECO	1210,00	1032,90
% HUMEDAD	9,26	5,51

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

Determinación No	1	2	3
No GOLPES	37	26	18
RECP. No.	182	183	184
PESO DE RECP. + S.H.	37,16	30,65	39,18
PESO DE RECP. + S.S.	31,07	25,59	32,25
PESO RECIPIENTE	5,82	5,55	5,81
PESO AGUA	6,09	5,06	6,93
PESO SUELO SECO	25,25	20,04	26,44
% HUMEDAD	24,12	25,25	26,21

LÍMITE PLÁSTICO

RECP. No.	180	181
PESO DE RECP. + S.H.	18,27	17,61
PESO DE RECP. + S.S.	16,22	15,65
PESO RECIPIENTE	5,52	5,52
PESO AGUA	2,05	1,96
PESO SUELO SECO	10,70	10,13
% HUMEDAD	19,16	19,35

GRADACIÓN

Tamiz (ptg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	76,0	7,9%	7,9%	92,1%
3/4"	19,00	117,2	12,3%	20,2%	79,8%
1/2"	12,70	108,6	11,4%		
3/8"	9,51	98,9	10,3%	41,9%	58,1%
4	4,76	142,4	14,9%	56,8%	43,2%
8	2,38				
10	2,00	107,2	11,2%	68,0%	32,0%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	67,5	7,1%	75,0%	25,0%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	19,7			
200	0,07	11,1	1,2%	78,2%	21,8%
Pasa 200		208,1	21,8%	100,0%	0,0%
Total		956,7			

RESULTADOS

Limite Líquido	25,3	%
Limite Plástico	19,3	%
Indice Plastico	6,0	%

Gravas	56,8%
Arenas	21,5%
Finos	21,8%

OBSERVACIONES:

Muestra color amarillo azafran

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GC-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN <i>Ingeniero Civil</i> REVISÓ	FEDERICO OSORIO <i>Laboratorista</i> REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

SONDEO S#1
 MUESTRA M3-4
 PROF. 2.00 - 4.00 m.
 FECHA: Marzo/2012

PESO DE RECIP. + S.H.	1413,70	1290,20
PESO DE RECIP. + S.S.	1346,40	1240,70
PESO RECIPIENTE	74,00	72,40
PESO AGUA	67,30	49,50
PESO SUELO SECO	1272,40	1168,30
% HUMEDAD	5,29	4,24

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

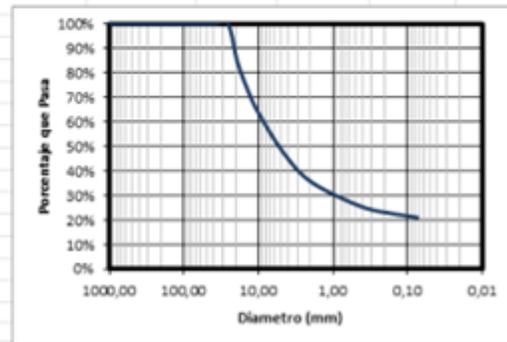
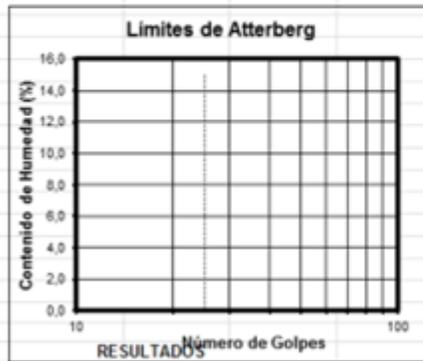
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECIP. No.			
PESO DE RECIP. + S.H.			
PESO DE RECIP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO

RECIP. No.	
PESO DE RECIP. + S.H.	
PESO DE RECIP. + S.S.	
PESO RECIPIENTE	
PESO AGUA	
PESO SUELO SECO	
% HUMEDAD	

GRADACIÓN

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	165,3	15,9%	15,9%	84,1%
1/2"	12,70	145,3	13,9%	37,3%	62,7%
3/8"	9,51	78,3	7,5%	51,9%	48,1%
4	4,76	152,2	14,6%	64,2%	35,8%
8	2,38				
10	2,00	128,1	12,3%	74,4%	25,6%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	106,4	10,2%	78,9%	21,1%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	31,8			
200	0,07	15,1	1,4%	100,0%	0,0%
Pasa 200		219,8	21,1%		
Total		1.042,3			



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	51,9%	
Arenas	27,0%	
Finos	21,1%	

OBSERVACIONES:

Muestra color amarillo azafrañ

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C	GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#1
 MUESTRA M5-6
 PROF. 4,00 - 6,00 m.
 FECHA: Marzo/2012

PESO DE RECIPIENTE + S.H.	1415,20	1102,50
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	1346,80	1054,10
PESO RECIPIENTE	73,40	74,00
PESO AGUA	68,40	48,40
PESO SUELO SECO	1273,40	980,10
% HUMEDAD	5,37	4,94

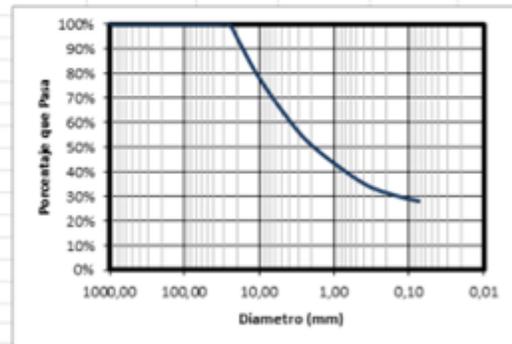
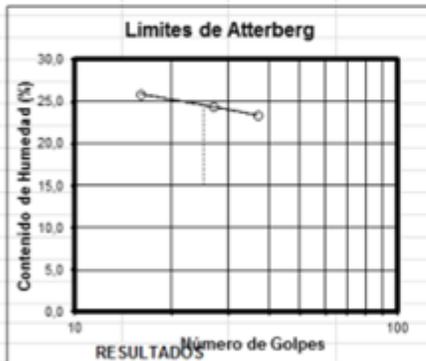
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	37	27	16
RECIPIENTE No	166	179	178
PESO DE RECIPIENTE + S.H.	31,01	28,97	36,35
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	26,19	24,4	30,01
PESO RECIPIENTE	5,54	5,66	5,52
PESO AGUA	4,82	4,57	6,34
PESO SUELO SECO	20,65	18,74	24,49
% HUMEDAD	23,34	24,39	25,89

LÍMITE PLÁSTICO		
RECIPIENTE No	164	165
PESO DE RECIPIENTE + S.H.	16,16	16,73
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	14,58	15,00
PESO RECIPIENTE	5,78	5,49
PESO AGUA	1,58	1,73
PESO SUELO SECO	8,80	9,51
% HUMEDAD	17,95	18,19

GRADACIÓN

Peso inicial:	898,90	gr	Peso final:	646,60	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	60,0	6,7%	6,7%	93,3%
1/2"	12,70	89,3	9,9%	16,6%	83,4%
3/8"	9,51	56,3	6,3%	22,9%	77,1%
4	4,76	117,0	13,0%	35,9%	64,1%
8	2,38				
10	2,00	119,8	13,3%	49,2%	50,8%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	136,6	15,2%	64,4%	35,6%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	47,5			
200	0,07	20,1	2,2%	71,9%	28,1%
Pasa 200		252,3	28,1%	100,0%	0,0%
Total		898,9			



Limite Líquido	24,6	%
Limite Plástico	18,1	%
Índice Plástico	6,5	%
Gravas	35,9%	
Arenas	36,0%	
Finos	28,1%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo ocre

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A-2-4
U.S.C.	SC-SM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#2
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIP. + S.H.	945,30	1019,70
PESO DE RECIP. + S.S.	891,80	952,20
PESO RECIENTE	72,20	73,40
PESO AGUA	53,50	67,50
PESO SUELO SECO	819,60	878,80
% HUMEDAD	6,53	7,68

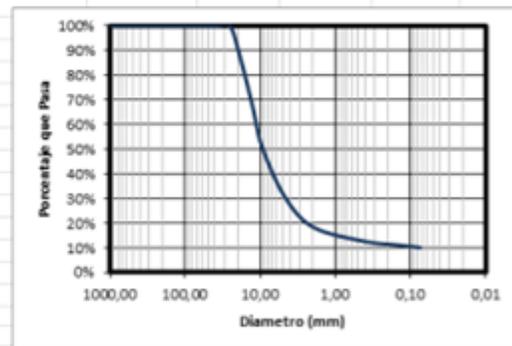
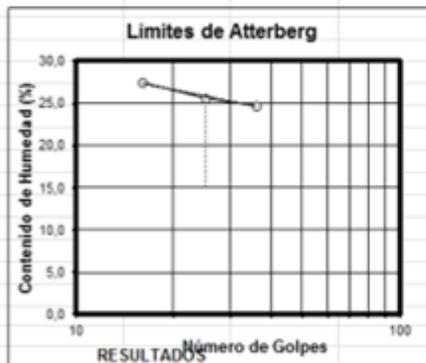
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLFES	36	25	16
RECP. No	75	60	101
PESO DE RECIP. + S.H.	32,67	38,33	35,18
PESO DE RECIP. + S.S.	27,78	31,92	29,32
PESO RECIENTE	8,01	6,94	7,96
PESO AGUA	4,89	6,41	5,86
PESO SUELO SECO	19,77	24,98	21,36
% HUMEDAD	24,73	25,66	27,43

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No	89	94
PESO DE RECIP. + S.H.	18,86	18,14
PESO DE RECIP. + S.S.	16,86	16,36
PESO RECIENTE	7,27	7,80
PESO AGUA	2,00	1,78
PESO SUELO SECO	9,59	8,56
% HUMEDAD	20,86	20,79

GRADACIÓN

Peso inicial:	749,80	gr	Peso final:	674,10	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	87,1	11,6%	11,6%	88,4%
1/2"	12,70	156,2	20,8%		
3/8"	9,51	122,6	16,4%	48,8%	51,2%
4	4,76	152,3	20,3%	69,1%	30,9%
8	2,38				
10	2,00	92,8	12,4%	81,5%	18,5%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	43,8	5,8%	87,3%	12,7%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	11,2			
200	0,07	8,1	1,1%	89,9%	10,1%
Pasa 200		75,7	10,1%	100,0%	0,0%
Total		749,8			



Límite Líquido	25,9	%
Límite Plástico	20,8	%
Índice Plástico	5,0	%
Gravas	69,1%	
Arenas	20,8%	
Finos	10,1%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo miel

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C.	GP-GC

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#2
 MUESTRA M3-4
 PROF. 2.00 - 4.00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIPIENTE + S.H.	1195,10	1084,00
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	1127,70	1027,30
PESO RECIPIENTE	72,60	72,80
PESO AGUA	67,40	56,70
PESO SUELO SECO	1055,10	954,50
% HUMEDAD	6,39	5,94

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECIPIENTE No.			
PESO DE RECIPIENTE + S.H.			
PESO DE RECIPIENTE + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

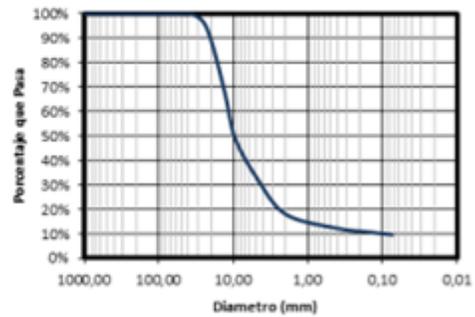
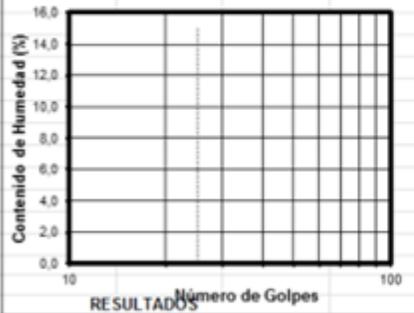
LÍMITE PLÁSTICO

RECIPIENTE No.	
PESO DE RECIPIENTE + S.H.	
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	
PESO RECIPIENTE	
PESO AGUA	
PESO SUELO SECO	
% HUMEDAD	

GRADACIÓN

Peso inicial	720,80	gr	Peso final	651,20	gr
Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten	% RetAcum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	23,4	3,2%	3,2%	96,8%
3/4"	19,00	70,0	9,7%	13,0%	87,0%
1/2"	12,70	149,7	20,8%		
3/8"	9,51	123,1	17,1%	50,8%	49,2%
4	4,76	120,8	16,8%	67,6%	32,4%
8	2,38				
10	2,00	103,9	14,4%	82,0%	18,0%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	41,3	5,7%	87,7%	12,3%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	11,7			
200	0,07	7,3	1,0%	90,3%	9,7%
Pasa 200		69,6	9,7%	100,0%	0,0%
Total		720,8			

Limites de Atterberg



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	67,6%	
Arenas	22,8%	
Finos	9,7%	

OBSERVACIONES:

Muestra color amarillo azafrañ

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C	GP-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

ABSCISA
 SONDEO S#2
 MUESTRA M5-6
 PROF. 4,00 - 6,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1342,00	1138,30
PESO DE RECP. + S.S.	1210,30	1045,60
PESO RECIENTE	72,70	70,80
PESO AGUA	131,70	92,70
PESO SUELO SECO	1137,60	974,80
% HUMEDAD	11,58	9,51

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

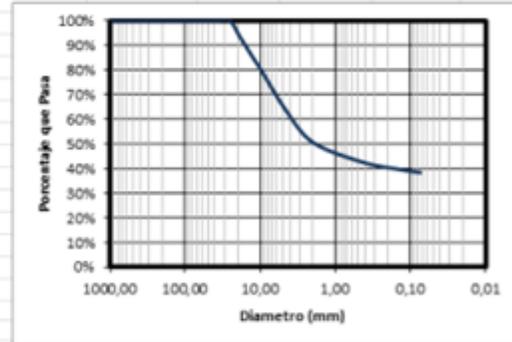
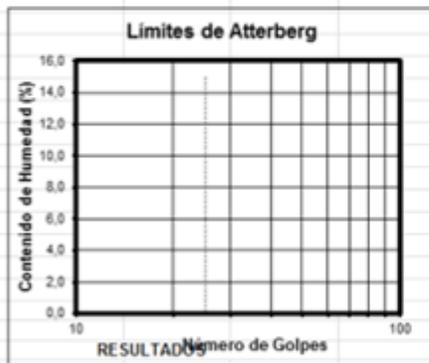
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO

RECP. No	
PESO DE RECP. + S.H.	
PESO DE RECP. + S.S.	
PESO RECIENTE	
PESO AGUA	
PESO SUELO SECO	
% HUMEDAD	

GRADACIÓN

Peso inicial	729,20	gr	Peso final	449,30	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	45,0	6,2%	6,2%	93,8%
1/2"	12,70	61,7	8,5%		
3/8"	9,51	42,7	5,9%	20,5%	79,5%
4	4,76	109,3	15,0%	35,5%	64,5%
8	2,38				
10	2,00	101,0	13,9%	49,3%	50,7%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	59,8	8,2%	57,5%	42,5%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	19,2			
200	0,07	10,6	1,5%	61,6%	38,4%
Pasa 200		279,9	38,4%	100,0%	0,0%
Total		729,2			



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	35,5%	
Arenas	26,1%	
Finos	38,4%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo miel

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 4
U.S.C	GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

ABSCISA
 SONDEO S#3
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1364,60	854,10
PESO DE RECP. + S.S.	1319,90	822,70
PESO RECIPIENTE	72,20	70,50
PESO AGUA	44,70	31,40
PESO SUELO SECO	1247,70	752,20
% HUMEDAD	3,58	4,17

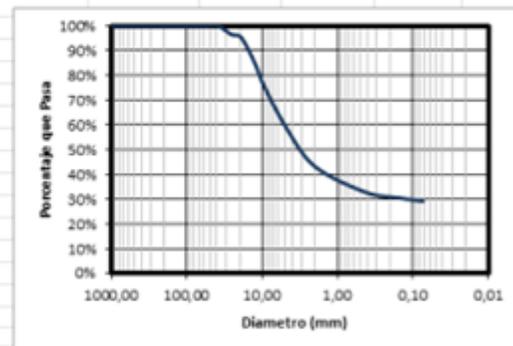
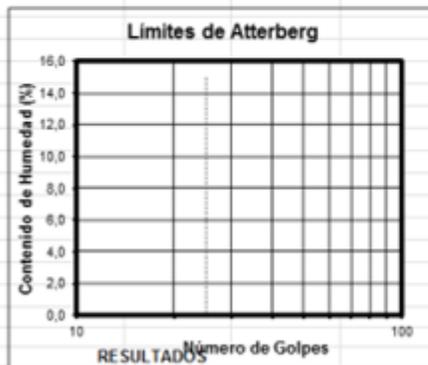
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

Peso inicial:		815,90	gr	Peso final:		577,40	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa		
3"	76,10						
2 1/2"	64,00				100,0%		
2"	50,80				100,0%		
1 1/2"	38,10				100,0%		
1"	25,40	28,2	3,5%	3,5%	96,5%		
3/4"	19,00	9,4	1,2%	4,6%	95,4%		
1/2"	12,70	81,2	10,0%				
3/8"	9,51	77,0	9,4%	24,0%	76,0%		
4	4,76	140,8	17,3%	41,3%	58,7%		
8	2,38						
10	2,00	126,4	15,5%	56,7%	43,3%		
12	1,68						
16	1,19						
30	0,59						
40	0,42	85,5	10,5%	67,2%	32,8%		
50	0,30						
80	0,18						
100	0,15	18,3					
200	0,07	10,6	1,3%	70,8%	29,2%		
Pasa 200		238,5	29,2%	100,0%	0,0%		
Total		815,9					

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.		
PESO DE RECP. + S.H.		
PESO DE RECP. + S.S.		
PESO RECIPIENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%

Gravas	41,3%
Arenas	29,5%
Finos	29,2%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GM

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo curry

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorio
 REALIZÓ

SONDEO S#4
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1378,60	1250,50
PESO DE RECP. + S.S.	1309,20	1190,90
PESO RECIPE	70,60	71,10
PESO AGUA	69,40	59,60
PESO SUELO SECO	1238,60	1119,80
% HUMEDAD	5,60	5,32

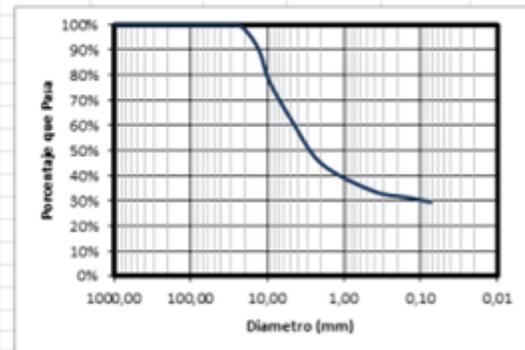
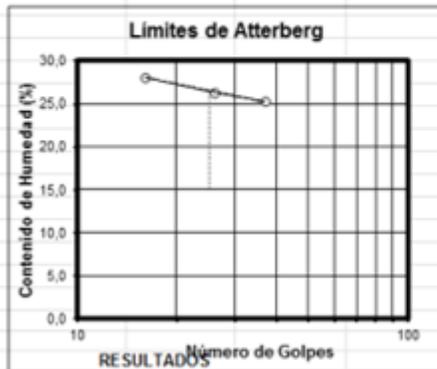
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	37	26	16
RECP. No.	61	93	62
PESO DE RECP. + S.H.	35,64	32,45	40,55
PESO DE RECP. + S.S.	30,06	27,17	33,21
PESO RECIPE	7,99	7,07	7,12
PESO AGUA	5,58	5,28	7,34
PESO SUELO SECO	22,07	20,10	26,09
% HUMEDAD	25,28	26,27	28,13

Peso inicial:		745,40	gr	Peso final:		525,60	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
3"	76,10						
2 1/2"	64,00				100,0%		
2"	50,80				100,0%		
1 1/2"	38,10				100,0%		
1"	25,40				100,0%		
3/4"	19,00	17,2	2,3%	2,3%	97,7%		
1/2"	12,70	60,4	8,1%	8,1%			
3/8"	9,51	88,1	11,8%	22,2%	77,8%		
4	4,76	119,7	16,1%	38,3%	61,7%		
8	2,38						
10	2,00	125,1	16,8%	55,1%	44,9%		
12	1,68						
16	1,19						
30	0,59						
40	0,42	82,1	11,0%	66,1%	33,9%		
50	0,30						
80	0,18						
100	0,15	18,9					
200	0,07	14,1	1,9%	70,5%	29,5%		
Pasa 200		219,8	29,5%	100,0%	0,0%		
Total		745,4					

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.	86	73
PESO DE RECP. + S.H.	17,00	17,75
PESO DE RECP. + S.S.	15,36	15,98
PESO RECIPE	7,13	6,96
PESO AGUA	1,64	1,77
PESO SUELO SECO	8,23	9,02
% HUMEDAD	19,93	19,62



Límite Líquido	26,6	%
Límite Plástico	19,8	%
Índice Plástico	6,8	%
Gravas	38,3%	
Arenas	32,2%	
Finos	29,5%	

OBSERVACIONES:

Muestra color amarillo oro

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GC-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

ABSCISA
 SONDEO S#5
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1300,80	1366,70
PESO DE RECP. + S.S.	1205,80	1247,60
PESO RECIPIENTE	74,00	73,40
PESO AGUA	95,00	119,10
PESO SUELO SECO	1131,80	1174,20
% HUMEDAD	8,39	10,14

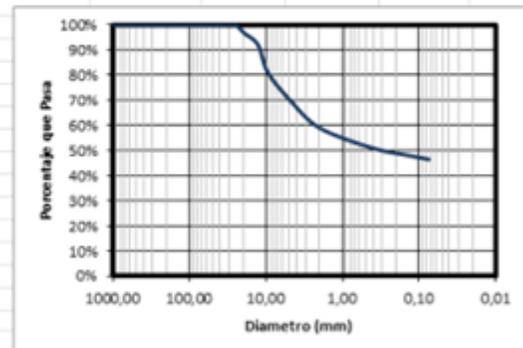
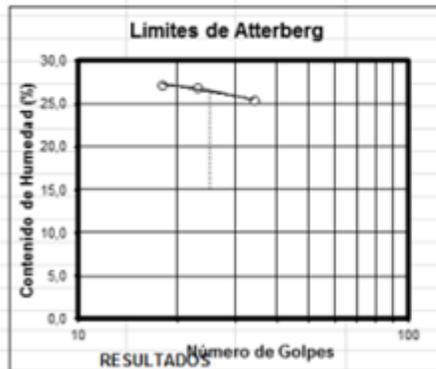
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	34	23	18
RECP. No.	41	42	43
PESO DE RECP. + S.H.	38,31	31,93	31,78
PESO DE RECP. + S.S.	32,26	26,96	26,8
PESO RECIPIENTE	8,5	8,45	8,52
PESO AGUA	6,05	4,97	4,98
PESO SUELO SECO	23,76	18,51	18,28
% HUMEDAD	25,46	26,85	27,24

Peso inicial:	779,60	gr	Peso final:	417,00	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	26,9	3,5%	3,5%	96,5%
1/2"	12,70	34,5	4,4%		
3/8"	9,51	85,1	10,9%	18,8%	81,2%
4	4,76	89,2	11,4%	30,2%	69,8%
8	2,38				
10	2,00	83,6	10,7%	41,0%	59,0%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	61,6	7,9%	48,9%	51,1%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	22,3			
200	0,07	13,8	1,8%	53,5%	46,5%
Pasa 200		362,6	46,5%	100,0%	0,0%
Total		779,6			

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.	44	45
PESO DE RECP. + S.H.	17,94	17,61
PESO DE RECP. + S.S.	16,44	16,19
PESO RECIPIENTE	8,34	8,36
PESO AGUA	1,50	1,42
PESO SUELO SECO	8,10	7,83
% HUMEDAD	18,52	18,14



OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo miel

Límite Líquido	26,4	%
Límite Plástico	18,3	%
Índice Plástico	8,1	%
Gravas	30,2%	
Arenas	23,3%	
Finos	46,5%	

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 4
U.S.C	GC

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#5
 MUESTRA M3
 PROF. 2,00 - 3,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H. 1262,20
 PESO DE RECP. + S.S. 1232,00
 PESO RECPENTE 72,80
 PESO AGUA 30,20
 PESO SUELO SECO 1159,20
 % HUMEDAD 2,61

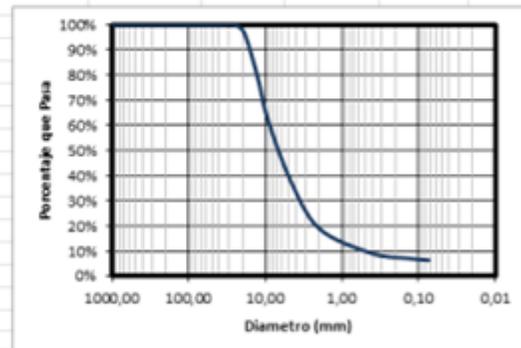
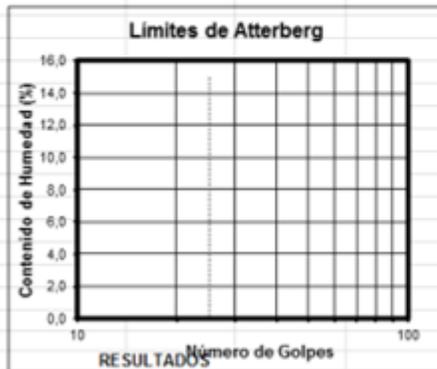
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECPENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76.10				
2 1/2"	64.00				100.0%
2"	50.80				100.0%
1 1/2"	38.10				100.0%
1"	25.40				100.0%
3/4"	19.00	12.5	3.0%	3.0%	97.0%
1/2"	12.70	72.8	17.5%	36.6%	63.4%
3/8"	9.51	66.7	16.1%	36.6%	63.4%
4	4.76	103.7	25.0%	61.6%	38.4%
8	2.38				
10	2.00	80.5	19.4%	81.0%	19.0%
12	1.68				
16	1.19				
30	0.59				
40	0.42	40.8	9.8%	90.8%	9.2%
50	0.30				
80	0.18				
100	0.15	8.2			
200	0.07	3.7	0.9%	93.7%	6.3%
Pasa 200		26.3	6.3%	100.0%	0.0%
Total		415.2			

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.		
PESO DE RECP. + S.H.		
PESO DE RECP. + S.S.		
PESO RECPENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	61.6%	
Arenas	32.1%	
Finos	6.3%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo arena

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C	GW-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

ABSCISA
 SONDEO S#6
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIPIENTE + S.H.	1483,60	1302,30
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	1397,30	1251,70
PESO RECIPIENTE	70,80	72,40
PESO AGUA	86,30	50,60
PESO SUELO SECO	1326,50	1179,30
% HUMEDAD	6,51	4,29

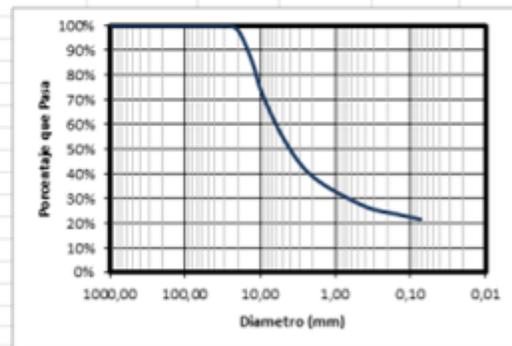
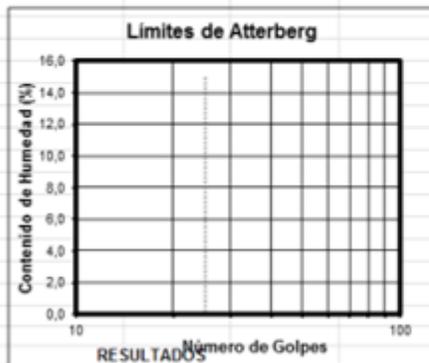
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECIPIENTE No			
PESO DE RECIPIENTE + S.H.			
PESO DE RECIPIENTE + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO		
RECIPIENTE No		
PESO DE RECIPIENTE + S.H.		
PESO DE RECIPIENTE + S.S.		
PESO RECIPIENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		

GRADACIÓN

Peso inicial:		766,60	gr	Peso final:		601,20	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa		
3"	76,10						
2 1/2"	64,00				100,0%		
2"	50,80				100,0%		
1 1/2"	38,10				100,0%		
1"	25,40				100,0%		
3/4"	19,00	19,7	2,6%	2,6%	97,4%		
1/2"	12,70	94,5	12,3%				
3/8"	9,51	94,3	12,3%	27,2%	72,8%		
4	4,76	146,8	19,1%	46,3%	53,7%		
8	2,38						
10	2,00	113,4	14,8%	61,1%	38,9%		
12	1,68						
16	1,19						
30	0,59						
40	0,42	90,7	11,8%	73,0%	27,0%		
50	0,30						
80	0,18						
100	0,15	26,2					
200	0,07	15,6	2,0%	78,4%	21,6%		
Pasa 200		165,4	21,6%	100,0%	0,0%		
Total		766,6					



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	46,3%	
Arenas	32,1%	
Finos	21,6%	

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C.	GM

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo pastel

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

LUIS E. GUERRERO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#6
 MUESTRA M3-4
 PROF. 2,00 - 4,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIPI. + S.H.	1489,50	1288,80
PESO DE RECIPI. + S.S.	1429,70	1224,80
PESO RECIPIENTE	70,90	71,60
PESO AGUA	59,80	64,00
PESO SUELO SECO	1358,80	1153,20
% HUMEDAD	4,40	5,55

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

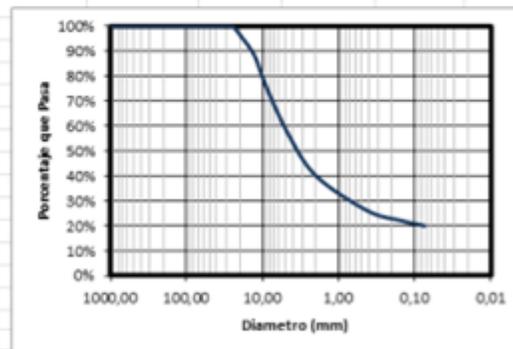
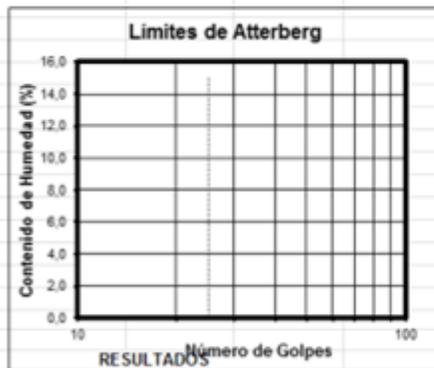
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECIPI. No.			
PESO DE RECIPI. + S.H.			
PESO DE RECIPI. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO

RECIPI. No.		
PESO DE RECIPI. + S.H.		
PESO DE RECIPI. + S.S.		
PESO RECIPIENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		

GRADACIÓN

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	38,4	4,2%	4,2%	95,8%
1/2"	12,70	69,2	7,6%	11,8%	88,2%
3/8"	9,51	94,2	10,4%	22,3%	77,7%
4	4,76	181,4	20,0%	42,3%	57,7%
8	2,38				
10	2,00	158,4	17,5%	59,8%	40,2%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	127,0	14,0%	73,9%	26,1%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	36,3			
200	0,07	18,7	2,1%	80,0%	20,0%
Pasa 200		181,4	20,0%	100,0%	0,0%
Total		905,0			



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	42,3%	
Arenas	37,6%	
Finos	20,0%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo azafrañ

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C	GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#6
 MUESTRA M5
 PROF. 4,00 - 5,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIPIENTE + S.H. 1239,40
 PESO DE RECIPIENTE + S.S. 1190,10
 PESO RECIPIENTE 69,80
 PESO AGUA 49,30
 PESO SUELO SECO 1120,30
 % HUMEDAD 4,40

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

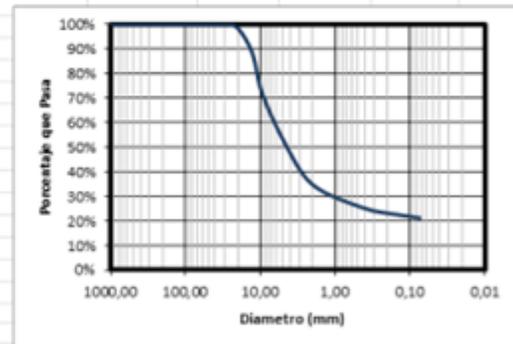
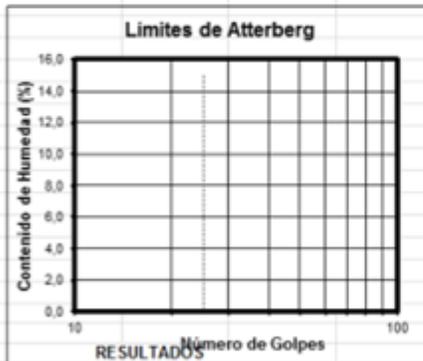
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECIPIENTE No			
PESO DE RECIPIENTE + S.H.			
PESO DE RECIPIENTE + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO

RECIPIENTE No	
PESO DE RECIPIENTE + S.H.	
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	
PESO RECIPIENTE	
PESO AGUA	
PESO SUELO SECO	
% HUMEDAD	

GRADACIÓN

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	8,9	2,3%	2,3%	97,7%
1/2"	12,70	36,7	9,6%	11,9%	88,1%
3/8"	9,51	60,5	15,9%	27,8%	72,2%
4	4,76	77,1	20,2%	48,0%	52,0%
8	2,38				
10	2,00	65,7	17,2%	65,2%	34,8%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	36,1	9,5%	74,7%	25,3%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	10,3			
200	0,07	5,3	1,4%	78,8%	21,2%
Pasa 200		81,0	21,2%	100,0%	0,0%
Total		381,6			



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	48,0%	
Arenas	30,8%	
Finos	21,2%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo pastel

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C.	GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#7
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIPI. + S.H.	1259,20	1178,70
PESO DE RECIPI. + S.S.	1160,40	1122,90
PESO RECIPIENTE	71,10	69,50
PESO AGUA	98,80	55,80
PESO SUELO SECO	1089,30	1053,40
% HUMEDAD	9,07	5,30

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

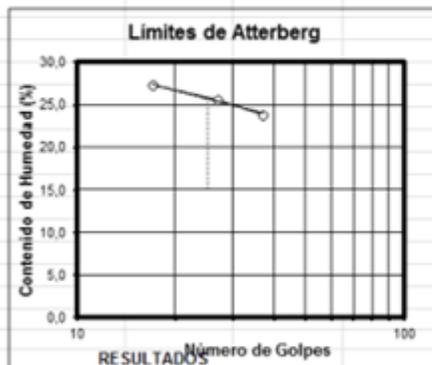
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	37	27	17
RECIPI. No.	75	86	61
PESO DE RECIPI. + S.H.	37,5	38,05	43,95
PESO DE RECIPI. + S.S.	31,81	31,74	36,24
PESO RECIPIENTE	8,01	7,13	7,99
PESO AGUA	5,69	6,31	7,71
PESO SUELO SECO	23,80	24,61	28,25
% HUMEDAD	23,91	25,64	27,29

LÍMITE PLÁSTICO

RECIPI. No.	62	73
PESO DE RECIPI. + S.H.	17,79	18,45
PESO DE RECIPI. + S.S.	16,08	16,59
PESO RECIPIENTE	7,12	6,96
PESO AGUA	1,71	1,86
PESO SUELO SECO	8,96	9,63
% HUMEDAD	19,08	19,31

GRADACIÓN

Peso inicial:	825,40	gr	Peso final:	655,80	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	38,9	4,7%	4,7%	95,3%
3/4"	19,00	28,5	3,5%	8,2%	91,8%
1/2"	12,70	77,8	9,4%		
3/8"	9,51	103,7	12,6%	30,2%	69,8%
4	4,76	190,8	23,1%	53,3%	46,7%
8	2,38				
10	2,00	124,7	15,1%	68,4%	31,6%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	61,0	7,4%	75,8%	24,2%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	18,2			
200	0,07	12,2	1,5%	79,5%	20,5%
Pasa 200		169,6	20,5%	100,0%	0,0%
Total		825,4			



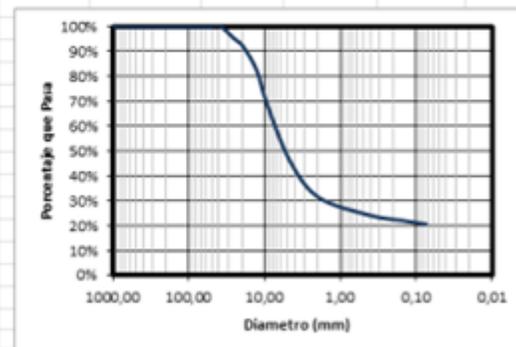
RESULTADOS

Límite Líquido	25,7	%
Límite Plástico	19,2	%
Índice Plástico	6,5	%

Gravas	53,3%
Arenas	26,2%
Finos	20,5%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GC-GM



OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo melon

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#7
 MUESTRA M3-4
 PROF. 2,00 - 4,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1098,10	1328,00
PESO DE RECP. + S.S.	1050,70	1263,20
PESO RECIPIENTE	69,20	65,20
PESO AGUA	47,40	64,80
PESO SUELO SECO	981,50	1198,00
% HUMEDAD	4,83	5,41

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

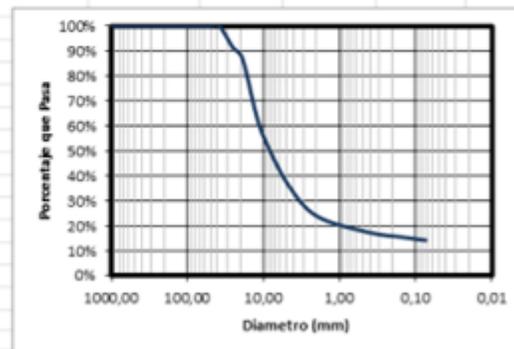
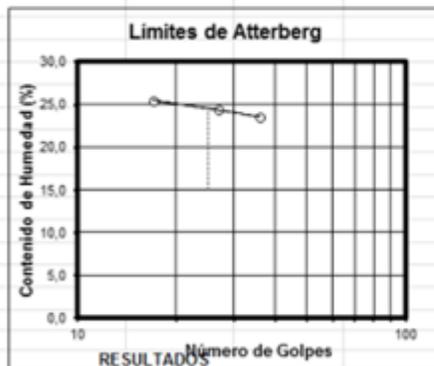
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	36	27	17
RECP. No.	60	93	101
PESO DE RECP. + S.H.	40,78	33,65	34,36
PESO DE RECP. + S.S.	34,34	28,42	29
PESO RECIPIENTE	6,94	7,07	7,96
PESO AGUA	6,44	5,23	5,36
PESO SUELO SECO	27,40	21,35	21,04
% HUMEDAD	23,50	24,50	25,48

LÍMITE PLÁSTICO

RECP. No.	89	94
PESO DE RECP. + S.H.	16,83	17,62
PESO DE RECP. + S.S.	15,33	16,10
PESO RECIPIENTE	7,27	7,80
PESO AGUA	1,50	1,52
PESO SUELO SECO	8,06	8,30
% HUMEDAD	18,61	18,31

GRADACIÓN

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	66,5	8,5%	8,5%	91,5%
3/4"	19,00	34,1	4,4%	12,9%	87,1%
1/2"	12,70	169,3	21,7%		
3/8"	9,51	87,3	11,2%	45,7%	54,3%
4	4,76	138,4	17,7%	63,5%	36,5%
8	2,38				
10	2,00	98,4	12,6%	76,1%	23,9%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	50,6	6,5%	82,6%	17,4%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	15,3			
200	0,07	9,6	1,2%	85,7%	14,3%
Pasa 200		111,3	14,3%	100,0%	0,0%
Total		780,8			



Límite Líquido	24,5	%
Límite Plástico	18,5	%
Índice Plástico	6,1	%

Gravas	63,5%
Arenas	22,3%
Finos	14,3%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GC-GM

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo pastel

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#7
 MUESTRA M5-6
 PROF. 4,00 - 6,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECIP. + S.H.	1297,10	1416,60
PESO DE RECIP. + S.S.	1235,20	1363,10
PESO RECIPIENTE	73,70	74,00
PESO AGUA	61,90	53,50
PESO SUELO SECO	1161,50	1289,10
% HUMEDAD	5,33	4,15

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

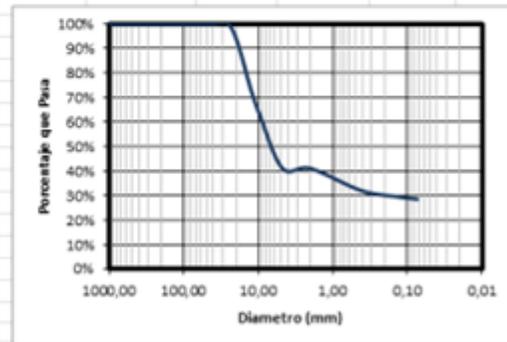
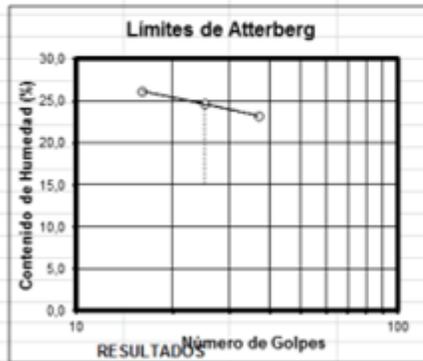
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	37	25	16
RECIP. No.	92	69	91
PESO DE RECIP. + S.H.	36,61	36,67	36,3
PESO DE RECIP. + S.S.	31,04	30,8	30,28
PESO RECIPIENTE	7,04	7,01	7,27
PESO AGUA	5,57	5,87	6,02
PESO SUELO SECO	24,00	23,79	23,01
% HUMEDAD	23,21	24,67	26,16

LÍMITE PLÁSTICO

RECIP. No.	70	76
PESO DE RECIP. + S.H.	16,05	14,82
PESO DE RECIP. + S.S.	14,66	13,65
PESO RECIPIENTE	7,09	7,26
PESO AGUA	1,39	1,17
PESO SUELO SECO	7,57	6,39
% HUMEDAD	18,36	18,31

GRADACIÓN

Peso inicial:	923,40	gr	Peso final:	659,50	gr
Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	71,0	7,7%	7,7%	92,3%
1/2"	12,70	172,9	18,7%	10,9%	83,6%
3/8"	9,51	100,2	10,9%	21,8%	78,2%
4	4,76	199,6	21,6%	43,4%	56,6%
8	2,38				
10	2,00	127,9*	0,0%	43,4%	56,6%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	83,5	9,0%	52,4%	47,6%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	21,9	2,4%	54,8%	45,2%
200	0,07	10,4	1,1%	55,9%	44,1%
Pasa 200		263,9	28,6%	100,0%	0,0%
Total		923,4			



Gravas	58,9%
Arenas	12,5%
Finos	28,6%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GC-GM

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo pastel

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#7
 MUESTRA M7-8
 PROF. 6,00 - 8,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1303,60	1363,10
PESO DE RECP. + S.S.	1250,90	1298,80
PESO RECIPIENTE	71,00	69,60
PESO AGUA	52,70	64,30
PESO SUELO SECO	1179,90	1229,20
% HUMEDAD	4,47	5,23

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

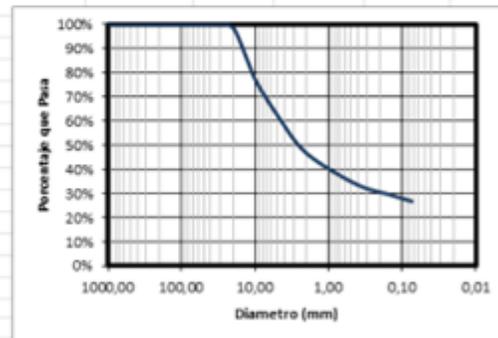
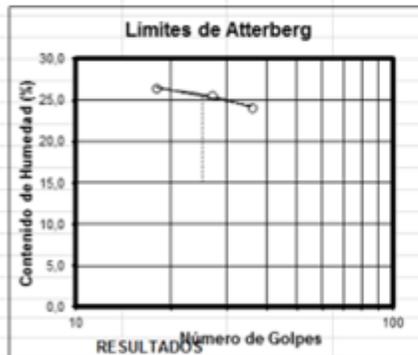
Determinación No	1	2	3
No GOLPES	36	27	18
RECP. No.	96	85	67
PESO DE RECP. + S.H.	33,36	33,68	37,85
PESO DE RECP. + S.S.	28,46	28,27	31,47
PESO RECIPIENTE	8,14	7,1	7,34
PESO AGUA	4,90	5,41	6,38
PESO SUELO SECO	20,32	21,17	24,13
% HUMEDAD	24,11	25,56	26,44

LÍMITE PLÁSTICO

RECP. No.	65	90
PESO DE RECP. + S.H.	16,35	16,02
PESO DE RECP. + S.S.	15,03	14,67
PESO RECIPIENTE	7,99	7,40
PESO AGUA	1,32	1,35
PESO SUELO SECO	7,04	7,27
% HUMEDAD	18,75	18,57

GRADACIÓN

Peso inicial	818,80	gr	Peso final	599,50	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	18,1	2,2%	2,2%	97,8%
1/2"	12,70	104,4	12,8%		
3/8"	9,51	73,8	9,0%	24,0%	76,0%
4	4,76	119,1	14,5%	38,5%	61,5%
8	2,38				
10	2,00	121,6	14,9%	53,4%	46,6%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	105,0	12,8%	66,2%	33,8%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	34,8			
200	0,07	22,7	2,8%	73,2%	26,8%
Pasa 200		219,3	26,8%	100,0%	0,0%
Total		818,8			



Límite Líquido	25,5	%
Límite Plástico	18,7	%
Índice Plástico	6,8	%
Gravas	38,5%	
Arenas	34,7%	
Finos	26,8%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo pastel

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	GC-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORIO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#7
 MUESTRA M9-10
 PROF. 8,00 - 10,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1265,80	1335,30
PESO DE RECP. + S.S.	1219,40	1243,80
PESO RECIPIENTE	72,30	75,60
PESO AGUA	46,40	91,50
PESO SUELO SECO	1147,10	1168,20
% HUMEDAD	4,04	7,83

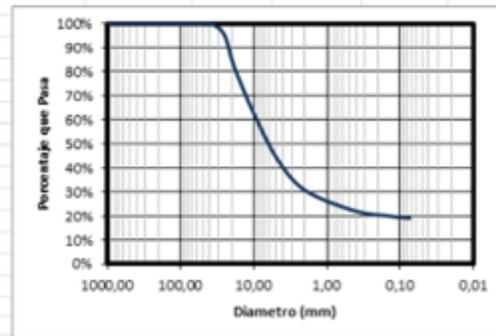
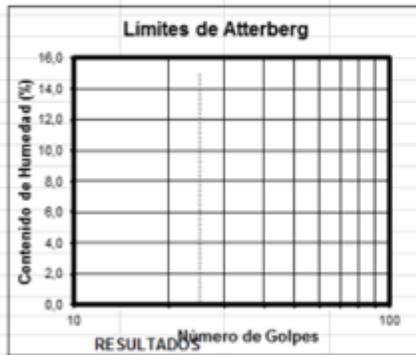
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

Peso inicial:	916,70	gr	Peso final:	741,70	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/4"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	40,3	4,4%	4,4%	95,6%
3/4"	19,00	114,8	12,5%	16,9%	83,1%
1/2"	12,70	121,1	13,2%		
3/8"	9,51	77,8	8,5%	38,6%	61,4%
4	4,76	162,2	17,7%	56,3%	43,7%
8	2,38				
10	2,00	118,7	12,9%	69,3%	30,7%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	78,5	8,6%	77,8%	22,2%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	19,3			
200	0,07	9,0	1,0%	80,9%	19,1%
Pasa 200		175,0	19,1%	100,0%	0,0%
Total		916,7			

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.		
PESO DE RECP. + S.H.		
PESO DE RECP. + S.S.		
PESO RECIPIENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%

Gravas	56,3%
Arenas	24,6%
Finos	19,1%

CLASIFICACION

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C	GM

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo azafran

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

FEDERICO OSORBO
 Laboratorista
 REALIZÓ

SONDEO S#8
 MUESTRA M1-2
 PROF. 0,00 - 2,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1201,50	1284,30
PESO DE RECP. + S.S.	1123,70	1216,40
PESO RECIENTE	72,10	72,60
PESO AGUA	77,80	67,90
PESO SUELO SECO	1051,60	1143,80
% HUMEDAD	7,40	5,94

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

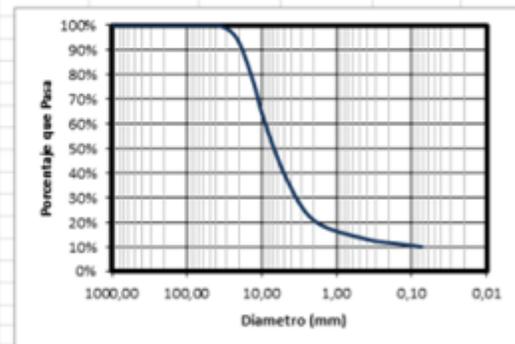
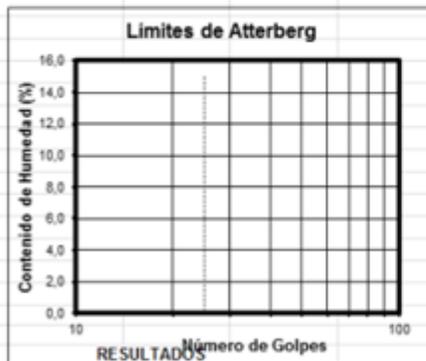
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO

RECP. No.	
PESO DE RECP. + S.H.	
PESO DE RECP. + S.S.	
PESO RECIENTE	
PESO AGUA	
PESO SUELO SECO	
% HUMEDAD	

GRADACIÓN

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	22,8	2,7%	2,7%	97,3%
3/4"	19,00	50,1	5,9%	8,5%	91,5%
1/2"	12,70	129,6	15,2%		
3/8"	9,51	118,2	13,8%	37,6%	62,4%
4	4,76	206,6	24,2%	61,8%	38,2%
8	2,38				
10	2,00	149,7	17,5%	79,3%	20,7%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	63,0	7,4%	86,7%	13,3%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	17,1			
200	0,07	10,6	1,2%	89,9%	10,1%
Pasa 200		85,9	10,1%	100,0%	0,0%
Total		853,6			



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	61,8%	
Arenas	28,2%	
Finos	10,1%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo azafrañ

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C.	GP-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

LUIS E. GUERRERO
 Laboratorio
 REALIZÓ

SONDEO S#8
 MUESTRA M3-4
 PROF. 2,00 - 4,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1276,90	1116,20
PESO DE RECP. + S.S.	1161,10	1039,70
PESO RECIPIENTE	72,30	72,30
PESO AGUA	115,80	76,50
PESO SUELO SECO	1088,80	967,40
% HUMEDAD	10,64	7,91

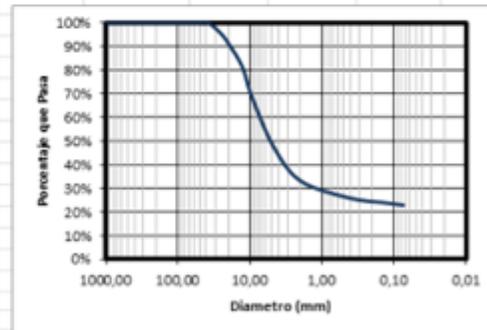
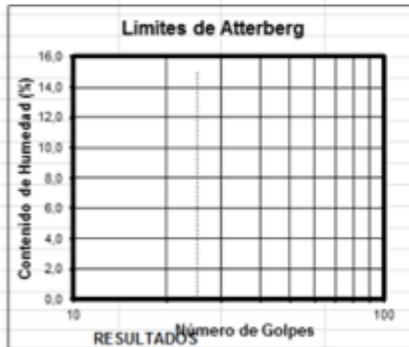
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No. GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

Peso inicial	861,20	gr	Peso final	663,60	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	38,1	4,4%	4,4%	95,6%
3/4"	19,00	44,9	5,2%	9,6%	90,4%
1/2"	12,70	78,0	9,1%		
3/8"	9,51	103,9	12,1%	30,8%	69,2%
4	4,76	183,3	21,3%	52,0%	48,0%
8	2,38				
10	2,00	126,6	14,7%	66,7%	33,3%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	62,5	7,3%	74,0%	26,0%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	16,3			
200	0,07	10,0	1,2%	77,1%	22,9%
Pasa 200		197,6	22,9%	100,0%	0,0%
Total		861,2			

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.		
PESO DE RECP. + S.H.		
PESO DE RECP. + S.S.		
PESO RECIPIENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	52,0%	
Arenas	25,0%	
Finos	22,9%	

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo miel

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C.	GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

LUIS E. GUERRERO
 Laboratorista
 REALIZÓ

		SONDEO	S#8
		MUESTRA	M5-6
		PROF.	4,00 - 6,00 m.
		FECHA:	Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H.	1418,30	1107,50
PESO DE RECP. + S.S.	1332,90	1058,00
PESO RECIPIENTE	78,00	73,40
PESO AGUA	85,40	49,50
PESO SUELO SECO	1254,90	984,60
% HUMEDAD	6,81	5,03

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

GRADACIÓN

Peso inicial	841,80	gr	Peso final	751,00	gr
Tamiz (ptg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00	7,6	0,9%	0,9%	99,1%
1/2"	12,70	119,8	14,2%		
3/8"	9,51	121,4	14,4%	29,6%	70,4%
4	4,76	202,1	24,0%	53,6%	46,4%
8	2,38				
10	2,00	183,1	21,8%	75,3%	24,7%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	83,9	10,0%	85,3%	14,7%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	21,9			
200	0,07	11,2	1,3%	89,2%	10,8%
Pasa 200		90,8	10,8%	100,0%	0,0%
Total		841,8			

Límites de Atterberg

RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	53,6%	
Arenas	35,6%	
Finos	10,8%	

OBSERVACIONES:

Muestra color amarillo miel

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C.	GP-GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	LUIS E. GUERRERO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

		SONDEO	S#9	
		MUESTRA	M1-2	
		PROF.	0,00 - 2,00 m.	
		FECHA:	Abril/2012	

PESO DE RECIPIENTE + S.H.	860,90	1292,90
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	799,50	1209,70
PESO RECIPIENTE	77,00	74,30
PESO AGUA	61,40	83,20
PESO SUELO SECO	722,50	1135,40
% HUMEDAD	8,50	7,33

LÍMITES DE CONSISTENCIA			GRADACIÓN		
LÍMITE LÍQUIDO					
Determinación No	1	2	3		
No. GOLPES					
RECIPIENTE No.					
PESO DE RECIPIENTE + S.H.					
PESO DE RECIPIENTE + S.S.					
PESO RECIPIENTE					
PESO AGUA					
PESO SUELO SECO					
% HUMEDAD					

LÍMITE PLÁSTICO					
RECIPIENTE No.					
PESO DE RECIPIENTE + S.H.					
PESO DE RECIPIENTE + S.S.					
PESO RECIPIENTE					
PESO AGUA					
PESO SUELO SECO					
% HUMEDAD					

Peso inicial	736,40	gr		Peso final	635,70	gr	
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa		
3"	76,10						
2 1/2"	64,00				100,0%		
2"	50,80				100,0%		
1 1/2"	38,10				100,0%		
1"	25,40				100,0%		
3/4"	19,00				100,0%		
1/2"	12,70	63,3	8,6%				
3/8"	9,51	119,3	16,2%	24,8%	75,2%		
4	4,76	215,0	29,2%	54,0%	46,0%		
8	2,38						
10	2,00	155,5	21,1%	75,1%	24,9%		
12	1,68						
16	1,19						
30	0,59						
40	0,42	62,5	8,5%	83,6%	16,4%		
50	0,30						
80	0,18						
100	0,15	13,6					
200	0,07	6,5	0,9%	86,3%	13,7%		
Pasa 200		100,7	13,7%	100,0%	0,0%		
Total		736,4					

Límites de Atterberg

RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%	
Límite Plástico	N.P.	%	
Índice Plástico	-	%	
Gravas	54,0%		
Arenas	32,3%		
Finos	13,7%		

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a	
U.S.C.	GM	

OBSERVACIONES: Muestra color naranja puro	
----------------------------------------------	--

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	LUIS E. GUERRERO Laboratorista REALIZÓ	
-------------------------------------------------------	----------------------------------------------	--

SONDEO S#9
 MUESTRA M3
 PROF. 2,00 - 3,00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H. 766,90
 PESO DE RECP. + S.S. 710,40
 PESO RECIPIENTE 73,50
 PESO AGUA 56,50
 PESO SUELO SECO 636,90
 % HUMEDAD 8,87

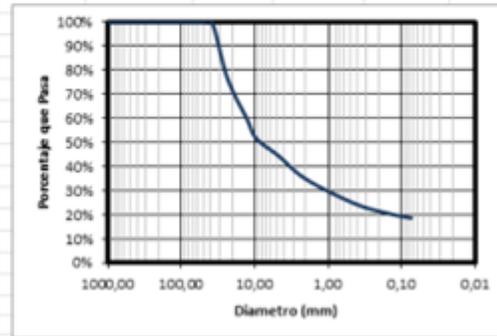
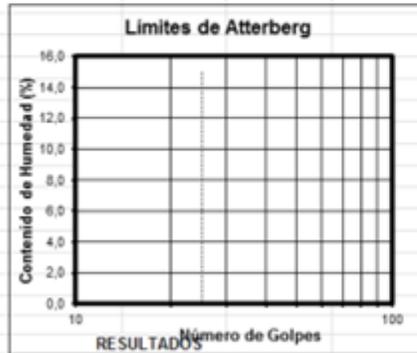
LÍMITES DE CONSISTENCIA

GRADACIÓN

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

Peso inicial:	638,00	gr	Peso final:	518,80	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	128,6	20,2%	20,2%	79,8%
3/4"	19,00	62,6	9,8%	30,0%	70,0%
1/2"	12,70	65,7	10,3%		
3/8"	9,51	51,5	8,1%	48,3%	51,7%
4	4,76	45,3	7,1%	55,4%	44,6%
8	2,38				
10	2,00	62,3	9,8%	65,2%	34,8%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	65,9	10,3%	75,5%	24,5%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	25,1			
200	0,07	11,8	1,8%	81,3%	18,7%
Pasa 200		119,2	18,7%	100,0%	0,0%
Total		638,0			

LÍMITE PLÁSTICO		
RECP. No.		
PESO DE RECP. + S.H.		
PESO DE RECP. + S.S.		
PESO RECIPIENTE		
PESO AGUA		
PESO SUELO SECO		
% HUMEDAD		



Límite Líquido _____ %
 Límite Plástico _____ %
 Índice Plástico _____ %

Gravas 55,4%
 Arenas 25,9%
 Finos 18,7%

OBSERVACIONES:
 Material presenta fragmentos de roca, no alcanza límites

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo _____
 A.A.S.H.T.O. _____
 U.S.C. _____

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

LUIS E. GUERRERO
 Laboratorista
 REALIZÓ

		SONDEO	S#10	
		MUESTRA	M1-2	
		PROF.	0,00 - 2,00 m.	
		FECHA:	Abril/2012	

PESO DE RECIPIENTE + S.H.	1524,30	1323,60
PESO DE RECIPIENTE + S.S.	1445,40	1272,30
PESO RECIPIENTE	72,50	70,00
PESO AGUA	78,90	51,30
PESO SUELO SECO	1372,90	1202,30
% HUMEDAD	5,75	4,27

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECIPIENTE No.			
PESO DE RECIPIENTE + S.H.			
PESO DE RECIPIENTE + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No.			
PESO DE RECIPIENTE + S.H.			
PESO DE RECIPIENTE + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

GRADACIÓN

Peso inicial	873,90	gr	Peso final	743,30	gr
Tamiz (ptg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40	22,2	2,5%	2,5%	97,5%
3/4"	19,00	40,2	4,6%	7,1%	92,9%
1/2"	12,70	71,6	8,2%		
3/8"	9,51	101,3	11,6%	26,9%	73,1%
4	4,76	199,1	22,8%	49,7%	50,3%
8	2,38				
10	2,00	158,6	18,1%	67,9%	32,1%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	106,1	12,1%	80,0%	20,0%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	28,7			
200	0,07	15,5	1,8%	85,1%	14,9%
Pasa 200		130,6	14,9%	100,0%	0,0%
Total		873,9			

Límites de Atterberg

RESULTADOS

Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	49,7%	
Arenas	35,3%	
Finos	14,9%	

OBSERVACIONES:

Muestra color beige pardo

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C	GM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	LUIS E. GUERRERO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

SONDEO S#10
 MUESTRA M3
 PROF. 2.00 - 3.00 m.
 FECHA: Abril/2012

PESO DE RECP. + S.H. 1340,70
 PESO DE RECP. + S.S. 1266,20
 PESO RECIPIENTE 77,00
 PESO AGUA 74,50
 PESO SUELO SECO 1189,20
 % HUMEDAD 6,26

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

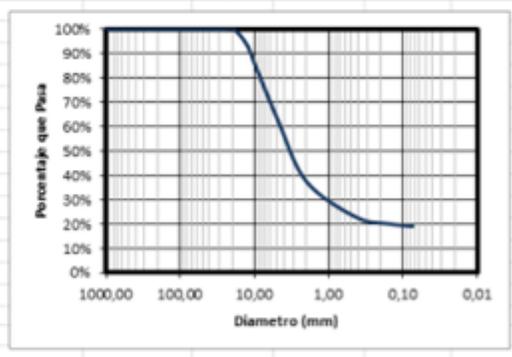
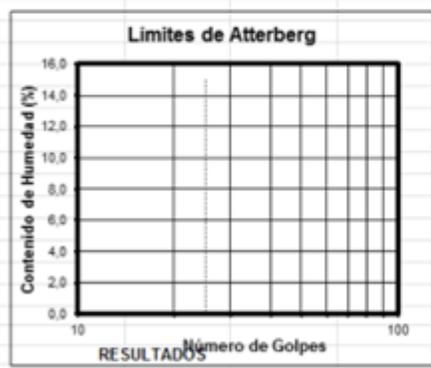
Determinación No	1	2	3
No GOLPES			
RECP. No.			
PESO DE RECP. + S.H.			
PESO DE RECP. + S.S.			
PESO RECIPIENTE			
PESO AGUA			
PESO SUELO SECO			
% HUMEDAD			

LÍMITE PLÁSTICO

RECP. No.	
PESO DE RECP. + S.H.	
PESO DE RECP. + S.S.	
PESO RECIPIENTE	
PESO AGUA	
PESO SUELO SECO	
% HUMEDAD	

GRADACIÓN

Peso inicial	400,60	gr	Peso final	324,00	gr
Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum.	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				100,0%
2"	50,80				100,0%
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00				100,0%
1/2"	12,70	25,0	6,2%		
3/8"	9,51	37,5	9,4%	15,6%	84,4%
4	4,76	89,0	22,2%	37,8%	62,2%
8	2,38				
10	2,00	98,9	24,7%	62,5%	37,5%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	59,1	14,8%	77,3%	22,7%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	10,6			
200	0,07	3,9	1,0%	80,9%	19,1%
Pasa 200		76,6	19,1%	100,0%	0,0%
Total		400,6			



Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	37,8%	
Arenas	43,1%	
Finos	19,1%	

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b
U.S.C	SM

OBSERVACIONES:
 Muestra color amarillo miel

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
 Ingeniero Civil
 REVISÓ

LUIS E. GUERRERO
 Laboratorista
 REALIZÓ

ANEXO B. ENSAYOS DE LABORATORIO MONUMENTO AL SANTÍSIMO

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#1
		MUESTRA	M1
CLIENTE:		PROF.	0,00 - 1,00
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO									
Determinación No	1	2	3	Peso inicial	256,90	gr	Peso final	97,70	gr
No GOLFES				Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
RECIP. No.				3"	76,10				
PESO DE RECIP. + S.H.				2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.S.				2"	50,80				
PESO RECIPIENTE				1 1/2"	38,10				
PESO AGUA				1"	25,40				100,0%
PESO SUELO SECO				3/4"	19,00				
% HUMEDAD				1/2"	12,70				100,0%
				3/8"	9,51				100,0%
				4	4,76	1,0	0,4%	0,4%	99,6%
				8	2,38				
				10	2,00	8,2	3,2%	3,6%	96,4%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	46,3	18,0%	21,6%	78,4%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	27,9	10,9%	32,5%	67,5%
				200	0,07	14,3	5,6%	38,0%	62,0%
				Pasa 200		159,2	62,0%	100,0%	0,0%
				Total		256,9			

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.				4
PESO DE RECIP. + S.H.				378,90
PESO DE RECIP. + S.S.				319,10
PESO RECIPIENTE				62,20
PESO AGUA				59,80
PESO SUELO SECO				256,90
% HUMEDAD				23,28

Límites de Atterberg

Gradación

RESULTADOS		
Límite Líquido	-	%
Límite Plástico	-	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	0,4%	
Arenas	37,6%	
Finos	62,0%	

CLASIFICACIÓN	
Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 4
U.S.C	ML

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color pardo oliva; Material escaso no se realizo ensayo limites de consistencia

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#1
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M2
				PROF.	4,00 - 5,00
				FECHA:	Junio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:	283,70	gr	Peso final:	64,10	gr		
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
No GOLPES				3"	76,10						
RECIP. No.				2 ½"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.				2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.				1 ½"	38,10						
PESO RECIPIENTE				1"	25,40						
PESO AGUA				¾"	19,00					100,0%	
PESO SUELO SECO				½"	12,70					100,0%	
% HUMEDAD				3/8"	9,51					100,0%	
				4	4,76	1,1	0,4%	0,4%		99,6%	
				8	2,38					99,6%	
				10	2,00	3,4	1,2%	1,6%		98,4%	
				12	1,68					98,4%	
				16	1,19					98,4%	
				30	0,59					98,4%	
				40	0,42	25,2	8,9%	10,5%		89,5%	
				50	0,30					89,5%	
				80	0,18					89,5%	
				100	0,15	22,5	7,9%	18,4%		81,6%	
				200	0,07	11,9	4,2%	22,6%		77,4%	
				Pasa 200		219,6	77,4%	100,0%		0,0%	
				Total		283,7					

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIP. No.			74
PESO DE RECIP. + S.H.			432,10
PESO DE RECIP. + S.S.			355,30
PESO RECIPIENTE			71,60
PESO AGUA			97,00
PESO SUELO SECO			283,70
% HUMEDAD			34,19

Límites de Atterberg	
Contenido de Humedad (%)	Número de Golpes
16,0	10
14,0	
12,0	
10,0	
8,0	
6,0	
4,0	
2,0	
0,0	100

Porcentaje que Pasa	
100%	1000,00
90%	100,00
80%	10,00
70%	1,00
60%	0,10
50%	0,01
40%	
30%	
20%	
10%	
0%	

RESULTADOS		
Límite Líquido	-	%
Límite Plástico	-	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	0,4%	
Arenas	22,2%	
Finos	77,4%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	ML	

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color cobre perlado;
Material escaso no se realizo ensayo limites de consistencia

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO
Ingeniero Civil	Laboratorista
REVISÓ	REALIZÓ

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#1
		MUESTRA	M3
CLIENTE:		PROF.	8,00 - 9,00
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	FECHA:	Julio/202

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 357,90 gr		Peso final: 127,00 gr			
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES				3"	76,10				
RECIPI. No.				2 ½"	64,00				
PESO DE RECIPI. + S.H.				2"	50,80				
PESO DE RECIPI. + S.S.				1 ½"	38,10				100,0%
PESO RECIPIENTE				1"	25,40				100,0%
PESO AGUA				¾"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO				½"	12,70				100,0%
% HUMEDAD				3/8"	9,51	2,4	0,7%	0,7%	99,3%
				4	4,76	5,7	1,6%	2,3%	97,7%
				8	2,38				
				10	2,00	13,0	3,6%	5,9%	94,1%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	58,1	16,2%	22,1%	77,9%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	31,5	8,8%	30,9%	69,1%
				200	0,07	16,3	4,6%	35,5%	64,5%
				Pasa 200		230,9	64,5%	100,0%	0,0%
				Total		357,9			

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIPI. No.			84
PESO DE RECIPI. + S.H.			500,40
PESO DE RECIPI. + S.S.			427,50
PESO RECIPIENTE			69,60
PESO AGUA			72,90
PESO SUELO SECO			357,90
% HUMEDAD			20,37

Límites de Atterberg

Contenido de Humedad (%) vs Número de Golpes

Porcentaje que Pasa vs Diametro (mm)

RESULTADOS		
Límite Líquido	-	%
Límite Plástico	-	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	2,3%	
Arenas	33,2%	
Finos	64,5%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	ML	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color beige; Material escaso no se realizo ensayo limites de consistencia

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#1
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M4
				PROF.	12,00 - 13,00
				FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:	308,00	gr	Peso final:	144,50	gr		
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
No GOLPES				3"	76,10						
RECIP. No.				2 ½"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.				2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.				1 ½"	38,10					100,0%	
PESO RECIPIENTE				1"	25,40					100,0%	
PESO AGUA				¾"	19,00					100,0%	
PESO SUELO SECO				½"	12,70					100,0%	
% HUMEDAD				3/8"	9,51	4,6	1,5%	1,5%		98,5%	
				4	4,76	3,9	1,3%	2,8%		97,2%	
				8	2,38						
				10	2,00	55,0	17,9%	20,6%		79,4%	
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	44,1	14,3%	34,9%		65,1%	
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	24,1	7,8%	42,8%		57,2%	
				200	0,07	12,8	4,2%	46,9%		53,1%	
				Pasa 200		163,5	53,1%	100,0%		0,0%	
				Total		308,0					

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIP. No.			91
PESO DE RECIP. + S.H.			457,10
PESO DE RECIP. + S.S.			382,10
PESO RECIPIENTE			74,10
PESO AGUA			75,00
PESO SUELO SECO			308,00
% HUMEDAD			24,35

Límites de Atterberg	
Contenido de Humedad (%)	Número de Golpes
16,0	10
14,0	
12,0	
10,0	
8,0	
6,0	
4,0	
2,0	
0,0	100

Porcentaje que Pasa	
100%	1000,00
90%	100,00
80%	10,00
70%	1,00
60%	0,10
50%	0,01
40%	
30%	
20%	
10%	
0%	

RESULTADOS		
Límite Líquido	-	%
Límite Plástico	-	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	2,8%	
Arenas	44,2%	
Finos	53,1%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	ML	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo pastel; Material escaso no se realizo ensayo limites de consistencia

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#1
		MUESTRA	M5
CLIENTE:		PROF.	16,00 - 17,00
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	FECHA:	Junio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 376,30 gr		Peso final: 254,00 gr			
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES	35	26	15	3"	76,10				
RECIP. No.	295	33	29	2 ½"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	29,87	30,35	30,5	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	25,74	25,82	25,82	1 ½"	38,10				
PESO RECIPIENTE	8,31	7,54	8,54	1"	25,40				
PESO AGUA	4,13	4,53	4,68	¾"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	17,43	18,28	17,28	1/2"	12,70	12,7	3,4%	3,4%	96,6%
% HUMEDAD	23,69	24,78	27,08	3/8"	9,51	9,3	2,5%	5,8%	94,2%
				4	4,76	13,4	3,6%	9,4%	90,6%
				8	2,38				
				10	2,00	54,1	14,4%	23,8%	76,2%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	102,4	27,2%	51,0%	49,0%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	43,0	11,4%	62,4%	37,6%
				200	0,07	19,1	5,1%	67,5%	32,5%
				Pasa 200		122,3	32,5%	100,0%	0,0%
				Total		376,3			

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	203	222	71	
PESO DE RECIP. + S.H.	15,72	16,40	1019,10	
PESO DE RECIP. + S.S.	14,42	15,04	897,80	
PESO RECIPIENTE	8,20	8,54	72,40	
PESO AGUA	1,30	1,36	121,30	
PESO SUELO SECO	6,22	6,50	825,40	
% HUMEDAD	20,90	20,92	14,70	

Límites de Atterberg

RESULTADOS		
Límite Líquido	25,0	%
Límite Plástico	20,9	%
Índice Plástico	4,1	%
Gravas	9,4%	
Arenas	58,1%	
Finos	32,5%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4	
U.S.C	SC-SM	

OBSERVACIONES:
Material compuesto por una arena arcillosa ligeramente limosa color marfil claro

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA					
CLIENTE:				SONDEO	S#1				
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M7				
				PROF.	18,00 - 19,00				
				FECHA:	Junio/2012				
LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 430,00 gr Peso final: 335,30 gr					
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES	35	25	16	3"	76,10				
RECIP. No.	250	207	240	2 ½"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	34,87	34,66	31,48	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	29,36	29,06	26,38	1 ½"	38,10				
PESO RECIPIENTE	8,35	8,58	8,48	1"	25,40				
PESO AGUA	5,51	5,60	5,10	¾"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	21,01	20,48	17,90	1/2"	12,70	3,5	0,8%	0,8%	99,2%
% HUMEDAD	26,23	27,34	28,49	3/8"	9,51			0,8%	99,2%
				4	4,76	25,1	5,8%	6,7%	93,3%
				8	2,38				
				10	2,00	83,7	19,5%	26,1%	73,9%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	177,0	41,2%	67,3%	32,7%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	35,1	8,2%	75,4%	24,6%
				200	0,07	10,9	2,5%	78,0%	22,0%
				Pasa 200		94,7	22,0%	100,0%	0,0%
				Total		430,0			
LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural					
RECIP. No.	82	217	26						
PESO DE RECIP. + S.H.	17,23	17,32	879,50						
PESO DE RECIP. + S.S.	15,50	15,76	784,60						
PESO RECIPIENTE	7,10	8,16	63,60						
PESO AGUA	1,73	1,56	94,90						
PESO SUELO SECO	8,40	7,60	721,00						
% HUMEDAD	20,60	20,53	13,16						

Límites de Atterberg

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
25	28,0
25	27,0
25	26,0

Diametro (mm)	Porcentaje que Pasa
1000,00	100,0%
100,00	100,0%
10,00	100,0%
1,00	100,0%
0,10	100,0%
0,075	22,0%

RESULTADOS			OBSERVACIONES: Material compuesto por una arena arcillosa ligeramente limosa color marfil claro			
Límite Líquido	27,2	%				
Límite Plástico	20,6	%				
Índice Plástico	6,7	%				
Gravas	6,7%					
Arenas	71,3%					
Finos	22,0%					
CLASIFICACIÓN						
Índice de Grupo	0		EDWIN F. VALENCIA PINZÓN		FEDERICO OSORIO	
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4		Ingeniero Civil		Laboratorista	
U.S.C	SC-SM		REVISÓ		REALIZÓ	

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#1
		MUESTRA	M8
CLIENTE:		PROF.	19,00 - 20,00
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 767,60 gr Peso final: 583,80 gr					
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES				3"	76,10				
RECIP. No.				2 ½"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.				2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.				1 ½"	38,10				
PESO RECIPIENTE				1"	25,40				
PESO AGUA				¾"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO				½"	12,70				100,0%
% HUMEDAD				3/8"	9,51				100,0%
				4	4,76				100,0%
				8	2,38				
				10	2,00	8,2	1,1%	1,1%	98,9%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	401,0	52,2%	53,3%	46,7%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	138,7	18,1%	71,4%	28,6%
				200	0,07	35,9	4,7%	76,1%	23,9%
				Pasa 200		183,8	23,9%	100,0%	0,0%
				Total		767,6			

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIP. No.			8
PESO DE RECIP. + S.H.			830,30
PESO DE RECIP. + S.S.			710,10
PESO RECIPIENTE			62,70
PESO AGUA			120,20
PESO SUELO SECO			647,40
% HUMEDAD			18,57

Límites de Atterberg

RESULTADOS			OBSERVACIONES:
Límite Líquido	N.L.	%	
Límite Plástico	N.P.	%	
Índice Plástico	-	%	
Gravas	0,0%		
Arenas	76,1%		
Finos	23,9%		

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b	
U.S.C	SM	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#1
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M9
				PROF.	20,00 - 21,00
				FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:	692,70	gr	Peso final:	469,10	gr		
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa		
No GÓLPES				3"	76,10						
RECIP. No.				2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.				2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.				1 1/2"	38,10						
PESO RECIPIENTE				1"	25,40						
PESO AGUA				3/4"	19,00					100,0%	
PESO SUELO SECO				1/2"	12,70					100,0%	
% HUMEDAD				3/8"	9,51					100,0%	
				4	4,76	7,5	1,1%	1,1%		98,9%	
				8	2,38						
				10	2,00	17,6	2,5%	3,6%		96,4%	
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	225,6	32,6%	36,2%		63,8%	
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	139,7	20,2%	56,4%		43,6%	
				200	0,07	78,7	11,4%	67,7%		32,3%	
				Pasa 200		223,6	32,3%	100,0%		0,0%	
				Total		692,7					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.				25
PESO DE RECIP. + S.H.				847,70
PESO DE RECIP. + S.S.				758,20
PESO RECIPIENTE				65,50
PESO AGUA				89,50
PESO SUELO SECO				692,70
% HUMEDAD				12,92

Límites de Atterberg

RESULTADOS		
Límite Líquido	N.L.	%
Límite Plástico	N.P.	%
Índice Plástico	-	%
Gravas	1,1%	
Arenas	66,6%	
Finos	32,3%	

CLASIFICACIÓN	
Índice de Grupo	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 4
U.S.C	SM

OBSERVACIONES:	
Material compuesto por una arena limosa color pardo cobre	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO
Ingeniero Civil	Laboratorista
REVISÓ	REALIZÓ

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#1
		MUESTRA	M10
CLIENTE:		PROF.	21,00 - 22,00
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 705,00 gr		Peso final: 654,70 gr			
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES				3"	76,10				
RECIP. No.				2 ½"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.				2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.				1 ½"	38,10				
PESO RECIPIENTE				1"	25,40				
PESO AGUA				¾"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO				½"	12,70				100,0%
% HUMEDAD				3/8"	9,51				100,0%
				4	4,76				100,0%
				8	2,38				
				10	2,00	0,7	0,1%	0,1%	99,9%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	469,0	66,5%	66,6%	33,4%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	149,2	21,2%	87,8%	12,2%
				200	0,07	35,8	5,1%	92,9%	7,1%
				Pasa 200		50,3	7,1%	100,0%	0,0%
				Total		705,0			

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIP. No.			57
PESO DE RECIP. + S.H.			944,50
PESO DE RECIP. + S.S.			775,60
PESO RECIPIENTE			70,60
PESO AGUA			168,90
PESO SUELO SECO			705,00
% HUMEDAD			23,96

Límites de Atterberg

Contenido de Humedad (%)

Número de Golpes

Porcentaje que Pasa

Diametro (mm)

RESULTADOS			OBSERVACIONES:
Límite Líquido	N.L.	%	
Límite Plástico	N.P.	%	
Índice Plástico	-	%	
Gravas	0,0%		
Arenas	92,9%		
Finos	7,1%		

Material compuesto por una arena mal gradada ligeramente limosa color marfil

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	1	
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - b	
U.S.C	SP-SM	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#2
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Florida Blanca			MUESTRA	M1
				PROF.	0,00 - 1,00
				FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:		59,80	gr	Peso final:		27,00	gr
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
No GOLPES	36	26	18	3"	76,10						
RECIP. No.	220	280	285	2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.	29,75	24,08	30,88	2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.	23,87	19,59	24,29	1 1/2"	38,10						
PESO RECIPIENTE	8,55	8,35	8,33	1"	25,40				100,0%		
PESO AGUA	5,88	4,49	6,59	3/4"	19,00						
PESO SUELO SECO	15,32	11,24	15,96	1/2"	12,70				100,0%		
% HUMEDAD	38,38	39,95	41,29	3/8"	9,51				100,0%		
				4	4,76				100,0%		
				8	2,38						
				10	2,00	5,6	9,4%	9,4%	90,6%		
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	11,6	19,4%	28,8%	71,2%		
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	6,4	10,7%	39,5%	60,5%		
				200	0,07	3,4	5,7%	45,2%	54,8%		
				Pasa 200		32,8	54,8%	100,0%	0,0%		
				Total		59,8					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	210	243	59	
PESO DE RECIP. + S.H.	16,21	18,00	494,00	
PESO DE RECIP. + S.S.	14,50	15,83	390,10	
PESO RECIPIENTE	8,66	8,44	72,20	
PESO AGUA	1,71	2,17	103,90	
PESO SUELO SECO	5,84	7,39	317,90	
% HUMEDAD	29,28	29,36	32,68	

Límites de Atterberg

RESULTADOS		
Límite Líquido	40,0	%
Límite Plástico	29,3	%
Índice Plástico	10,6	%
Gravas	0,0%	
Arenas	45,2%	
Finos	54,8%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	4	
A.A.S.H.T.O.	A - 6	
U.S.C	ML	

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorgánico de baja a media plasticidad color amarillo naranja

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA																																																																																																																																											
CLIENTE:				SONDEO	S#2																																																																																																																																										
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M2																																																																																																																																										
				PROF.	1,00 - 2,00																																																																																																																																										
				FECHA:	Junio/2012																																																																																																																																										
LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN																																																																																																																																											
LÍMITE LÍQUIDO				<table border="1"> <tr> <td>Peso inicial</td> <td>440,90</td> <td>gr</td> <td>Peso final</td> <td colspan="2">137,30 gr</td> </tr> <tr> <td>Tamiz (p/g)</td> <td>Tamiz (mm)</td> <td>Peso (gr)</td> <td>% Reten.</td> <td>% Ret.Acum</td> <td>% Pasa</td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>76,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>64,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50,80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>38,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12,70</td> <td>4,1</td> <td>0,9%</td> <td>0,9%</td> <td>99,1%</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9,51</td> <td>1,5</td> <td>0,3%</td> <td></td> <td>98,7%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4,76</td> <td>2,8</td> <td>0,6%</td> <td>1,9%</td> <td>98,1%</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2,38</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>98,1%</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2,00</td> <td>10,7</td> <td>2,4%</td> <td>4,3%</td> <td>95,7%</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>1,68</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>95,7%</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>1,19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>95,7%</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,59</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>95,7%</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0,42</td> <td>57,9</td> <td>13,1%</td> <td>17,5%</td> <td>82,5%</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>82,5%</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>0,18</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>82,5%</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,15</td> <td>38,1</td> <td>8,6%</td> <td>26,1%</td> <td>73,9%</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0,07</td> <td>22,2</td> <td>5,0%</td> <td>31,1%</td> <td>68,9%</td> </tr> <tr> <td>Pasa 200</td> <td></td> <td>303,6</td> <td>68,9%</td> <td>100,0%</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td>440,9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Peso inicial	440,90	gr	Peso final	137,30 gr		Tamiz (p/g)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa	3"	76,10					2 1/2"	64,00					2"	50,80					1 1/2"	38,10					1"	25,40					3/4"	19,00				100,0%	1/2"	12,70	4,1	0,9%	0,9%	99,1%	3/8"	9,51	1,5	0,3%		98,7%	4	4,76	2,8	0,6%	1,9%	98,1%	8	2,38				98,1%	10	2,00	10,7	2,4%	4,3%	95,7%	12	1,68				95,7%	16	1,19				95,7%	30	0,59				95,7%	40	0,42	57,9	13,1%	17,5%	82,5%	50	0,30				82,5%	80	0,18				82,5%	100	0,15	38,1	8,6%	26,1%	73,9%	200	0,07	22,2	5,0%	31,1%	68,9%	Pasa 200		303,6	68,9%	100,0%	0,0%	Total		440,9			
Peso inicial	440,90	gr	Peso final	137,30 gr																																																																																																																																											
Tamiz (p/g)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa																																																																																																																																										
3"	76,10																																																																																																																																														
2 1/2"	64,00																																																																																																																																														
2"	50,80																																																																																																																																														
1 1/2"	38,10																																																																																																																																														
1"	25,40																																																																																																																																														
3/4"	19,00				100,0%																																																																																																																																										
1/2"	12,70	4,1	0,9%	0,9%	99,1%																																																																																																																																										
3/8"	9,51	1,5	0,3%		98,7%																																																																																																																																										
4	4,76	2,8	0,6%	1,9%	98,1%																																																																																																																																										
8	2,38				98,1%																																																																																																																																										
10	2,00	10,7	2,4%	4,3%	95,7%																																																																																																																																										
12	1,68				95,7%																																																																																																																																										
16	1,19				95,7%																																																																																																																																										
30	0,59				95,7%																																																																																																																																										
40	0,42	57,9	13,1%	17,5%	82,5%																																																																																																																																										
50	0,30				82,5%																																																																																																																																										
80	0,18				82,5%																																																																																																																																										
100	0,15	38,1	8,6%	26,1%	73,9%																																																																																																																																										
200	0,07	22,2	5,0%	31,1%	68,9%																																																																																																																																										
Pasa 200		303,6	68,9%	100,0%	0,0%																																																																																																																																										
Total		440,9																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>Humedad Natural</td> </tr> <tr> <td>RECIPI. No.</td> <td>230</td> <td>258</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>PESO DE RECIPI. + S.H.</td> <td>17,40</td> <td>17,89</td> <td>976,70</td> </tr> <tr> <td>PESO DE RECIPI. + S.S.</td> <td>15,60</td> <td>15,94</td> <td>824,10</td> </tr> <tr> <td>PESO RECIPIENTE</td> <td>8,50</td> <td>8,36</td> <td>73,40</td> </tr> <tr> <td>PESO AGUA</td> <td>1,80</td> <td>1,95</td> <td>97,00</td> </tr> <tr> <td>PESO SUELO SECO</td> <td>7,10</td> <td>7,58</td> <td>750,70</td> </tr> <tr> <td>% HUMEDAD</td> <td>25,35</td> <td>25,73</td> <td>12,92</td> </tr> </table>				LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural	RECIPI. No.	230	258	98	PESO DE RECIPI. + S.H.	17,40	17,89	976,70	PESO DE RECIPI. + S.S.	15,60	15,94	824,10	PESO RECIPIENTE	8,50	8,36	73,40	PESO AGUA	1,80	1,95	97,00	PESO SUELO SECO	7,10	7,58	750,70	% HUMEDAD	25,35	25,73	12,92																																																																																																												
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural																																																																																																																																												
RECIPI. No.	230	258	98																																																																																																																																												
PESO DE RECIPI. + S.H.	17,40	17,89	976,70																																																																																																																																												
PESO DE RECIPI. + S.S.	15,60	15,94	824,10																																																																																																																																												
PESO RECIPIENTE	8,50	8,36	73,40																																																																																																																																												
PESO AGUA	1,80	1,95	97,00																																																																																																																																												
PESO SUELO SECO	7,10	7,58	750,70																																																																																																																																												
% HUMEDAD	25,35	25,73	12,92																																																																																																																																												
Límites de Atterberg																																																																																																																																															
RESULTADOS																																																																																																																																															
Límite Líquido	34,8	%	OBSERVACIONES: Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo azafran																																																																																																																																												
Límite Plástico	25,5	%																																																																																																																																													
Índice Plástico	9,3	%																																																																																																																																													
Gravas	1,9%																																																																																																																																														
Arenas	29,2%																																																																																																																																														
Finos	68,9%																																																																																																																																														
CLASIFICACIÓN																																																																																																																																															
Índice de Grupo	6		EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO																																																																																																																																											
A.A.S.H.T.O.	A - 4		Ingeniero Civil	Laboratorista																																																																																																																																											
U.S.C	ML		REVISÓ	REALIZÓ																																																																																																																																											

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA					
				SONDEO	S#2				
				MUESTRA	M3				
CLIENTE:				PROF.	4,00 - 5,00				
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			FECHA:	Julio/202				
LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 234,70 gr Peso final: 67,90 gr					
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES	35	26	16	3"	76,10				
RECIP. No.	200	197	193	2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	29,15	28,95	31,16	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	23	22,7	24,01	1 1/2"	38,10				100,0%
PESO RECIPIENTE	5,54	5,74	5,57	1"	25,40				100,0%
PESO AGUA	6,15	6,25	7,15	3/4"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	17,46	16,96	18,44	1/2"	12,70				100,0%
% HUMEDAD	35,22	36,85	38,77	3/8"	9,51				100,0%
				4	4,76	2,9	1,2%	1,2%	98,8%
				8	2,38				
				10	2,00	6,2	2,6%	3,9%	96,1%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	29,9	12,7%	16,6%	83,4%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	18,3	7,8%	24,4%	75,6%
				200	0,07	10,6	4,5%	28,9%	71,1%
				Pasa 200		166,8	71,1%	100,0%	0,0%
				Total		234,7			
LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural					
RECIP. No.	180	175	34						
PESO DE RECIP. + S.H.	19,22	20,05	699,10						
PESO DE RECIP. + S.S.	16,31	16,99	566,10						
PESO RECIPIENTE	5,52	5,65	60,90						
PESO AGUA	2,91	3,06	133,00						
PESO SUELO SECO	10,79	11,34	505,20						
% HUMEDAD	26,97	26,98	26,33						

Límites de Atterberg

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
25	38,8
25	27,0

Diameter (mm)	Porcentaje que Pasa (%)
75	100,0
75	71,1

RESULTADOS			OBSERVACIONES: Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo sol
Límite Líquido	36,8	%	
Límite Plástico	27,0	%	
Índice Plástico	9,9	%	
Gravas	1,2%		
Arenas	27,7%		
Finos	71,1%		
CLASIFICACIÓN			
Índice de Grupo	7		
A.A.S.H.T.O.	A - 4		
U.S.C	ML		

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#2
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M4
				PROF.	5,00 - 6,00
				FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN																																																																																																																																																																																													
LÍMITE LÍQUIDO				<table border="1"> <tr> <td>Peso inicial</td> <td>138,80</td> <td>gr</td> <td>Peso final</td> <td>22,80</td> <td>gr</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Tamiz (plg)</td> <td>Tamiz (mm)</td> <td>Peso (gr)</td> <td>% Reten.</td> <td>% Ret.Acum</td> <td>% Pasa</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>76,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>64,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50,80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>38,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100,0%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100,0%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100,0%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12,70</td> <td>2,2</td> <td>1,6%</td> <td>1,6%</td> <td>98,4%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9,51</td> <td></td> <td></td> <td>1,6%</td> <td>98,4%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4,76</td> <td>3,7</td> <td>2,7%</td> <td>4,3%</td> <td>95,7%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2,38</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2,00</td> <td>3,8</td> <td>2,7%</td> <td>7,0%</td> <td>93,0%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>1,68</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>1,19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,59</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0,42</td> <td>7,0</td> <td>5,0%</td> <td>12,0%</td> <td>88,0%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>0,18</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,15</td> <td>4,4</td> <td>3,2%</td> <td>15,2%</td> <td>84,8%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0,07</td> <td>1,7</td> <td>1,2%</td> <td>16,4%</td> <td>83,6%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Pasa 200</td> <td></td> <td>116,0</td> <td>83,6%</td> <td>100,0%</td> <td>0,0%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td>138,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						Peso inicial	138,80	gr	Peso final	22,80	gr			Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa			3"	76,10							2 1/2"	64,00							2"	50,80							1 1/2"	38,10				100,0%			1"	25,40				100,0%			3/4"	19,00				100,0%			1/2"	12,70	2,2	1,6%	1,6%	98,4%			3/8"	9,51			1,6%	98,4%			4	4,76	3,7	2,7%	4,3%	95,7%			8	2,38							10	2,00	3,8	2,7%	7,0%	93,0%			12	1,68							16	1,19							30	0,59							40	0,42	7,0	5,0%	12,0%	88,0%			50	0,30							80	0,18							100	0,15	4,4	3,2%	15,2%	84,8%			200	0,07	1,7	1,2%	16,4%	83,6%			Pasa 200		116,0	83,6%	100,0%	0,0%			Total		138,8					
Peso inicial	138,80	gr	Peso final	22,80	gr																																																																																																																																																																																												
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa																																																																																																																																																																																												
3"	76,10																																																																																																																																																																																																
2 1/2"	64,00																																																																																																																																																																																																
2"	50,80																																																																																																																																																																																																
1 1/2"	38,10				100,0%																																																																																																																																																																																												
1"	25,40				100,0%																																																																																																																																																																																												
3/4"	19,00				100,0%																																																																																																																																																																																												
1/2"	12,70	2,2	1,6%	1,6%	98,4%																																																																																																																																																																																												
3/8"	9,51			1,6%	98,4%																																																																																																																																																																																												
4	4,76	3,7	2,7%	4,3%	95,7%																																																																																																																																																																																												
8	2,38																																																																																																																																																																																																
10	2,00	3,8	2,7%	7,0%	93,0%																																																																																																																																																																																												
12	1,68																																																																																																																																																																																																
16	1,19																																																																																																																																																																																																
30	0,59																																																																																																																																																																																																
40	0,42	7,0	5,0%	12,0%	88,0%																																																																																																																																																																																												
50	0,30																																																																																																																																																																																																
80	0,18																																																																																																																																																																																																
100	0,15	4,4	3,2%	15,2%	84,8%																																																																																																																																																																																												
200	0,07	1,7	1,2%	16,4%	83,6%																																																																																																																																																																																												
Pasa 200		116,0	83,6%	100,0%	0,0%																																																																																																																																																																																												
Total		138,8																																																																																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">LÍMITE PLÁSTICO</th> <th>Humedad Natural</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIP. No.</td> <td>203</td> <td>286</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>PESO DE RECIP. + S.H.</td> <td>16,39</td> <td>15,50</td> <td>474,70</td> </tr> <tr> <td>PESO DE RECIP. + S.S.</td> <td>14,16</td> <td>13,53</td> <td>391,30</td> </tr> <tr> <td>PESO RECIPIENTE</td> <td>8,22</td> <td>8,26</td> <td>74,00</td> </tr> <tr> <td>PESO AGUA</td> <td>2,23</td> <td>1,97</td> <td>83,40</td> </tr> <tr> <td>PESO SUELO SECO</td> <td>5,94</td> <td>5,27</td> <td>317,30</td> </tr> <tr> <td>% HUMEDAD</td> <td>37,54</td> <td>37,38</td> <td>26,28</td> </tr> </tbody> </table>				LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural	RECIP. No.	203	286	69	PESO DE RECIP. + S.H.	16,39	15,50	474,70	PESO DE RECIP. + S.S.	14,16	13,53	391,30	PESO RECIPIENTE	8,22	8,26	74,00	PESO AGUA	2,23	1,97	83,40	PESO SUELO SECO	5,94	5,27	317,30	% HUMEDAD	37,54	37,38	26,28																																																																																																																																																														
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural																																																																																																																																																																																														
RECIP. No.	203	286	69																																																																																																																																																																																														
PESO DE RECIP. + S.H.	16,39	15,50	474,70																																																																																																																																																																																														
PESO DE RECIP. + S.S.	14,16	13,53	391,30																																																																																																																																																																																														
PESO RECIPIENTE	8,22	8,26	74,00																																																																																																																																																																																														
PESO AGUA	2,23	1,97	83,40																																																																																																																																																																																														
PESO SUELO SECO	5,94	5,27	317,30																																																																																																																																																																																														
% HUMEDAD	37,54	37,38	26,28																																																																																																																																																																																														
<p style="text-align: center;">Límites de Atterberg</p> <p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> <table border="1"> <tr> <td>Límite Líquido</td> <td>45,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td>37,5</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice Plástico</td> <td>7,5</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Gravas</td> <td>4,3%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arenas</td> <td>12,2%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Finos</td> <td>83,6%</td> <td></td> </tr> </table>				Límite Líquido	45,0	%	Límite Plástico	37,5	%	Índice Plástico	7,5	%	Gravas	4,3%		Arenas	12,2%		Finos	83,6%		<p style="text-align: center;">CLASIFICACIÓN</p> <table border="1"> <tr> <td>Índice de Grupo</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>A.A.S.H.T.O.</td> <td>A - 5</td> </tr> <tr> <td>U.S.C</td> <td>ML</td> </tr> </table>						Índice de Grupo	9	A.A.S.H.T.O.	A - 5	U.S.C	ML																																																																																																																																																																
Límite Líquido	45,0	%																																																																																																																																																																																															
Límite Plástico	37,5	%																																																																																																																																																																																															
Índice Plástico	7,5	%																																																																																																																																																																																															
Gravas	4,3%																																																																																																																																																																																																
Arenas	12,2%																																																																																																																																																																																																
Finos	83,6%																																																																																																																																																																																																
Índice de Grupo	9																																																																																																																																																																																																
A.A.S.H.T.O.	A - 5																																																																																																																																																																																																
U.S.C	ML																																																																																																																																																																																																
				<p style="text-align: center;">OBSERVACIONES:</p> <p>Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color naranja intenso</p>																																																																																																																																																																																													
				<p style="text-align: center;">EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ</p>			<p style="text-align: center;">FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ</p>																																																																																																																																																																																										

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#2
CLIENTE:		MUESTRA	M5
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	PROF.	8,00 - 9,00
		FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 201,40 gr		Peso final: 101,90 gr			
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten	% Ret Acum	% Pasa
No GOLPES	36	25	16	3"	76,10				
RECIP. No	198	178	155	2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	31,26	33,15	32,29	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	25,04	26,07	25,2	1 1/2"	38,10				
PESO RECIPIENTE	5,57	5,52	5,6	1"	25,40				100,0%
PESO AGUA	6,22	7,08	7,09	3/4"	19,00	10,2	5,1%	5,1%	94,9%
PESO SUELO SECO	19,47	20,55	19,60	1/2"	12,70				
% HUMEDAD	31,95	34,45	36,17	3/8"	9,51				
				4	4,76	4,2	2,1%	7,1%	92,9%
				8	2,38				
				10	2,00	6,3	3,1%	10,3%	89,7%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	30,4	15,1%	25,4%	74,6%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	36,3	18,0%	43,4%	56,6%
				200	0,07	14,5	7,2%	50,6%	49,4%
				Pasa 200		99,5	49,4%	100,0%	0,0%
				Total		201,4			

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No	170	184	3	
PESO DE RECIP. + S.H.	18,32	18,53	546,80	
PESO DE RECIP. + S.S.	15,50	15,70	493,80	
PESO RECIPIENTE	5,59	5,81	64,60	
PESO AGUA	2,82	2,83	53,00	
PESO SUELO SECO	9,91	9,89	429,20	
% HUMEDAD	28,46	28,61	12,35	

Límites de Atterberg

Gradación

RESULTADOS			OBSERVACIONES:
Límite Líquido	34,0	%	
Límite Plástico	28,5	%	
Índice Plástico	5,5	%	
Gravas	7,1%		
Arenas	43,4%		
Finos	49,4%		

CLASIFICACIÓN	
Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 4
U.S.C	SM

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#2
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M7
				PROF.	11,50 - 12,50
				FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:	249,10	gr	Peso final:	142,60	gr		
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret. Acum.	% Pasa		
No GOLPES	34	25	16	3"	76,10						
RECIP. No.	46	70	84	2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.	29,36	31,4	28,46	2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.	24,03	25,04	22,6	1 1/2"	38,10						
PESO RECIPIENTE	7,96	7,09	6,95	1"	25,40						
PESO AGUA	5,33	6,36	5,86	3/4"	19,00					100,0%	
PESO SUELO SECO	16,07	17,95	15,65	1/2"	12,70					100,0%	
% HUMEDAD	33,17	35,43	37,44	3/8"	9,51					100,0%	
				4	4,76	2,2	0,9%	0,9%		99,1%	
				8	2,38						
				10	2,00	5,8	2,3%	3,2%		96,8%	
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	71,7	28,8%	32,0%		68,0%	
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	41,7	16,7%	48,7%		51,3%	
				200	0,07	21,2	8,5%	57,2%		42,8%	
				Pasa 200		106,5	42,8%	100,0%		0,0%	
				Total		249,1					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	52	66		82
PESO DE RECIP. + S.H.	18,55	18,22		677,40
PESO DE RECIP. + S.S.	16,47	15,89		615,60
PESO RECIPIENTE	8,53	6,95		75,60
PESO AGUA	2,08	2,33		61,80
PESO SUELO SECO	7,94	8,94		540,00
% HUMEDAD	26,20	26,06		11,44

Límites de Atterberg

Gradación

RESULTADOS		
Límite Líquido	35,1	%
Límite Plástico	26,1	%
Índice Plástico	8,9	%
Gravas	0,9%	
Arenas	56,4%	
Finos	42,8%	

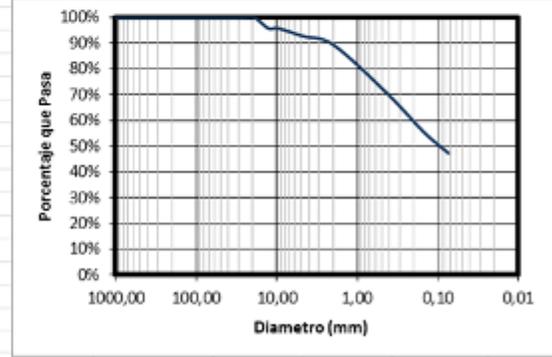
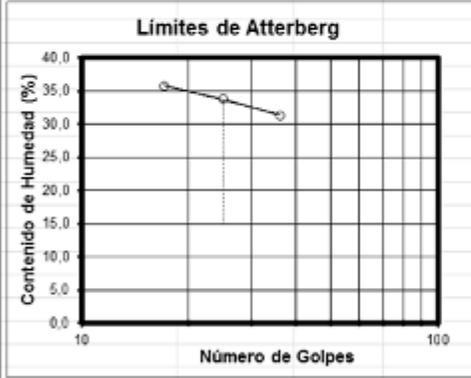
CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	1	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	SM	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

OBSERVACIONES:
Material compuesto por una arena limosa color marfil claro

PROYECTO: MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO				ABSCISA														
				SONDEO S#2														
				MUESTRA M8														
CLIENTE:				PROF. 14,00 - 15,00														
LOCALIZACION: Monumento Helechales - Floridablanca				FECHA: Julio/2012														
LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN														
LÍMITE LÍQUIDO				<table border="1"> <tr> <td>Peso inicial</td> <td>120,50</td> <td>gr</td> <td>Peso final</td> <td>63,50</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Tamiz (plg)</td> <td>Tamiz (mm)</td> <td>Peso (gr)</td> <td>% Reten.</td> <td>% Ret Acum</td> <td>% Pasa</td> </tr> </table>			Peso inicial	120,50	gr	Peso final	63,50	gr	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa
Peso inicial	120,50	gr	Peso final	63,50	gr													
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa													
Determinación No	1	2	3	3"	76,10													
No GOLPES	36	25	17	2 1/2"	64,00													
RECIP. No.	76	2	92	2"	50,80													
PESO DE RECIP. + S.H.	33,12	31,24	30,19	1 1/2"	38,10													
PESO DE RECIP. + S.S.	26,95	25,5	24,09	1"	25,40													
PESO RECIPIENTE	7,26	8,49	7,04	3/4"	19,00	100,0%												
PESO AGUA	6,17	5,74	6,10	1/2"	12,70	5,1												
PESO SUELO SECO	19,69	17,01	17,05	3/8"	9,51	4,2%												
% HUMEDAD	31,34	33,74	35,78	4	4,76	3,6												
				8	2,38													
				10	2,00	4,0												
				12	1,68	3,3%												
				16	1,19	10,5%												
				30	0,59	89,5%												
				40	0,42	23,1												
				50	0,30	19,2%												
				80	0,18	29,7%												
				100	0,15	17,8												
				200	0,07	9,9												
				Pasa 200		8,2%												
				Total		52,7%												
						47,3%												
						100,0%												
						0,0%												
						120,5												

LÍMITE PLÁSTICO						
RECIP. No.	35	92	72	Humedad Natural		
PESO DE RECIP. + S.H.	19,06	19,31	472,70			
PESO DE RECIP. + S.S.	16,75	16,89	421,80			
PESO RECIPIENTE	7,52	7,24	74,00			
PESO AGUA	2,31	2,42	50,90			
PESO SUELO SECO	9,23	9,65	347,80			
% HUMEDAD	25,03	25,08	14,63			


RESULTADOS

Límite Líquido	33,6	%
Límite Plástico	25,1	%
Índice Plástico	8,5	%
Gravas	7,2%	
Arenas	45,5%	
Finos	47,3%	

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	2
A.A.S.H.T.O.	A - 4
U.S.C	SM

OBSERVACIONES:
Material compuesto por una arena limosa color amarillo pastel

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA					
CLIENTE:				SONDEO	S#3				
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M2				
				PROF.	3,00 - 4,00				
				FECHA:	Junio/2012				
LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 373,60 gr Peso final: 112,40 gr					
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES	30	24	13	3"	76,10				
RECIP. No.	216	288	270	2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	24,06	26,89	22,84	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	20,05	22	18,8	1 1/2"	38,10				
PESO RECIPIENTE	8,29	8,51	8,48	1"	25,40				
PESO AGUA	4,01	4,89	4,04	3/4"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	11,76	13,49	10,32	1/2"	12,70	9,3	2,5%	2,5%	97,5%
% HUMEDAD	34,10	36,25	39,15	3/8"	9,51	7,0	1,9%	4,4%	95,6%
LÍMITE PLÁSTICO									
								Humedad Natural	
RECIP. No.	223	297	76	8	2,38				95,6%
PESO DE RECIP. + S.H.	17,98	17,82	946,80	10	2,00	10,2	2,7%	7,1%	92,9%
PESO DE RECIP. + S.S.	15,71	15,53	786,00	12	1,68				92,9%
PESO RECIPIENTE	8,82	8,56	72,30	16	1,19				92,9%
PESO AGUA	2,27	2,29	97,00	30	0,59				92,9%
PESO SUELO SECO	6,89	6,97	713,70	40	0,42	78,0	20,9%	28,0%	72,0%
% HUMEDAD	32,95	32,86	13,59	50	0,30				72,0%
								80	
								100	
								200	
								Pasa 200	
								Total	
								373,6	

Límites de Atterberg

Número de Golpes	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)
10	39	15
25	35	26

Diameter (mm)	Percentage that Passes (%)
75	100
47.5	97.5
25	72
75 micrometers	69.9

RESULTADOS			OBSERVACIONES: Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo naranja
Límite Líquido	35,5	%	
Límite Plástico	32,9	%	
Índice Plástico	2,6	%	
Gravas	4,4%		
Arenas	25,7%		
Finos	69,9%		
CLASIFICACIÓN			
Índice de Grupo	2		
A.A.S.H.T.O.	A - 4		
U.S.C	ML		

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA					
CLIENTE:				SONDEO	S#3				
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M3				
				PROF.	4,00 - 5,00				
				FECHA:	Julio/202				
LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LIQUIDO				Peso inicial: 275,60 gr Peso final: 157,80 gr					
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES	31	23	13	3"	76,10				
RECIP. No.	222	226	219	2 ½"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	24,07	21,55	19,55	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	20,06	18,02	16,48	1 ½"	38,10				100,0%
PESO RECIPIENTE	8,55	8,47	8,62	1"	25,40				100,0%
PESO AGUA	4,01	3,53	3,07	¾"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	11,51	9,55	7,86	½"	12,70				100,0%
% HUMEDAD	34,84	36,96	39,06	3/8"	9,51				100,0%
				4	4,76	9,5	3,4%	3,4%	96,6%
				8	2,38				
				10	2,00	23,2	8,4%	11,9%	88,1%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	85,7	31,1%	43,0%	57,0%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	27,4	9,9%	52,9%	47,1%
				200	0,07	12,0	4,4%	57,3%	42,7%
				Pasa 200		117,8	42,7%	100,0%	0,0%
				Total		275,6			
LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural					
RECIP. No.	296	224	51						
PESO DE RECIP. + S.H.	19,06	16,69	759,50						
PESO DE RECIP. + S.S.	16,37	14,69	606,30						
PESO RECIPIENTE	8,15	8,54	65,20						
PESO AGUA	2,69	2,00	153,20						
PESO SUELO SECO	8,22	6,15	541,10						
% HUMEDAD	32,73	32,52	28,31						

Limites de Atterberg

RESULTADOS			OBSERVACIONES: Material compuesto por una arena ligeramente limosa color amarillo pastel
Límite Líquido	36,1	%	
Límite Plástico	32,6	%	
Índice Plástico	3,5	%	
Gravas	3,4%		
Arenas	53,8%		
Finos	42,7%		
CLASIFICACIÓN			
Índice de Grupo	0		
A.A.S.H.T.O.	A - 4		
U.S.C	SM		

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO: MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO		ABSCISA			
		SONDEO	S#3		
		MUESTRA	M4		
CLIENTE:		PROF.	6,00 - 7,00		
LOCALIZACION: Monumento Helechales - Floridablanca		FECHA:	Julio/2012		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		GRADACIÓN			
LÍMITE LÍQUIDO					
Determinación No	1	2	3		
No GOLPES	30	23	12		
RECIP. No.	277	269	215		
PESO DE RECIP. + S.H.	20,5	27,74	24,76		
PESO DE RECIP. + S.S.	17,5	22,74	20,47		
PESO RECIPIENTE	8,24	8,37	8,56		
PESO AGUA	3,00	5,00	4,29		
PESO SUELO SECO	9,26	14,37	11,91		
% HUMEDAD	32,40	34,79	36,02		
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural		
RECIP. No.	2	60	74		
PESO DE RECIP. + S.H.	17,34	14,46	480,10		
PESO DE RECIP. + S.S.	15,30	12,71	407,50		
PESO RECIPIENTE	8,48	6,92	71,60		
PESO AGUA	2,04	1,75	72,60		
PESO SUELO SECO	6,82	5,79	335,90		
% HUMEDAD	29,91	30,22	21,61		
Límites de Atterberg					
RESULTADOS					
Límite Líquido	33,6	%			
Límite Plástico	30,1	%			
Índice Plástico	3,6	%			
Gravas	2,6%				
Arenas	61,2%				
Finos	36,2%				
CLASIFICACIÓN					
Índice de Grupo	0				
A.A.S.H.T.O.	A - 4				
U.S.C	SM				
		EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ		
		OBSERVACIONES: Material compuesto por una arena limosa color amarillo azafraan			
GRADACIÓN					
Peso inicial:	200,00	gr	Peso final:	127,60	gr
Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				100,0%
1"	25,40				100,0%
3/4"	19,00				100,0%
1/2"	12,70				100,0%
3/8"	9,51				100,0%
4	4,76	5,2	2,6%	2,6%	97,4%
8	2,38				
10	2,00	15,3	7,7%	10,3%	89,8%
12	1,68				
16	1,19				
30	0,59				
40	0,42	81,2	40,6%	50,9%	49,2%
50	0,30				
80	0,18				
100	0,15	21,8	10,9%	61,8%	38,3%
200	0,07	4,1	2,1%	63,8%	36,2%
Pasa 200		72,4	36,2%	100,0%	0,0%
Total		200,0			
Porcentaje que Pasa					

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO		ABSCISA						
CLIENTE:			SONDEO	S#3					
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Florida Blanca		MUESTRA	M5					
			PROF.	9,00 - 10,00					
			FECHA:	Junio/2012					
LÍMITES DE CONSISTENCIA			GRADACIÓN						
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 338,00 gr Peso final: 201,20 gr					
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
No GOLPES	35	25	15	3"	76,10				
RECIP. No.	259	229	248	2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	26,85	27,36	27,78	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	23,08	23,3	23,42	1 1/2"	38,10				
PESO RECIPIENTE	8,52	8,63	8,58	1"	25,40				
PESO AGUA	3,77	4,06	4,36	3/4"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	14,56	14,67	14,84	1/2"	12,70	6,2	1,8%	1,8%	98,2%
% HUMEDAD	25,89	27,68	29,38	3/8"	9,51	8,3	2,5%	4,3%	95,7%
				4	4,76	17,4	5,1%	9,4%	90,6%
				8	2,38				
				10	2,00	24,4	7,2%	16,7%	83,3%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	78,8	23,3%	40,0%	60,0%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	47,1	13,9%	53,9%	46,1%
				200	0,07	19,0	5,6%	59,5%	40,5%
				Pasa 200		136,8	40,5%	100,0%	0,0%
				Total		338,0			
LÍMITE PLÁSTICO									
RECIP. No.	289	249	78	Humedad Natural					
PESO DE RECIP. + S.H.	20,19	19,46	759,10						
PESO DE RECIP. + S.S.	17,97	17,37	669,20						
PESO RECIPIENTE	8,52	8,49	72,60						
PESO AGUA	2,22	2,09	89,90						
PESO SUELO SECO	9,45	8,88	596,60						
% HUMEDAD	23,49	23,54	15,07						
Límites de Atterberg									
RESULTADOS									
Límite Líquido	27,4	%	OBSERVACIONES: Material compuesto por una arena limosa color marfil claro						
Límite Plástico	23,5	%							
Índice Plástico	3,9	%							
Gravas	9,4%								
Arenas	50,1%								
Finos	40,5%								
CLASIFICACIÓN									
Índice de Grupo	0		EDWIN F. VALENCIA PINZÓN <i>Ingeniero Civil</i> REVISÓ						
A.A.S.H.T.O.	A - 4								
U.S.C	SM								
			FEDERICO OSORIO <i>Laboratorista</i> REALIZÓ						

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#3
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M6
				PROF.	11,00 - 12,00
				FECHA:	Junio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN		
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:	125,60	gr
Determinación No	1	2	3	Peso final:	71,30	gr
No GOLPES	35	24	13	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)
RECIP. No.	218	227	271	3"	76,10	
PESO DE RECIP. + S.H.	30,48	26,87	23,71	2 1/2"	64,00	
PESO DE RECIP. + S.S.	25,8	22,72	20,22	2"	50,80	
PESO RECIPIENTE	8,33	8,15	8,71	1 1/2"	38,10	
PESO AGUA	4,68	4,15	3,49	1"	25,40	
PESO SUELO SECO	17,47	14,57	11,51	3/4"	19,00	100,0%
% HUMEDAD	26,79	28,48	30,32	1/2"	12,70	100,0%
				3/8"	9,51	6,1
				4	4,76	4,2
				8	2,38	3,3%
				10	2,00	8,2%
				12	1,68	15,4%
				16	1,19	84,6%
				30	0,59	
				40	0,42	27,5
				50	0,30	21,9%
				80	0,18	37,3%
				100	0,15	49,7%
				200	0,07	56,8%
				Pasa 200		43,2%
				Total		100,0%
						0,0%

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIP. No.	294	251	87
PESO DE RECIP. + S.H.	17,42	18,00	527,30
PESO DE RECIP. + S.S.	15,66	16,10	460,70
PESO RECIPIENTE	8,50	8,37	73,70
PESO AGUA	1,76	1,90	66,60
PESO SUELO SECO	7,16	7,73	387,00
% HUMEDAD	24,58	24,58	17,21

Limites de Atterberg

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
25	30,0
20	28,5
10	27,0

Diametro (mm)	Porcentaje que Pasa
75	100,0%
4,75	100,0%
2,0	100,0%
0,85	100,0%
0,425	100,0%
0,25	100,0%
0,15	100,0%
0,075	43,2%

RESULTADOS		
Límite Líquido	28,1	%
Límite Plástico	24,6	%
Índice Plástico	3,5	%
Gravas	8,2%	
Arenas	48,6%	
Finos	43,2%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	SM	

OBSERVACIONES:	Muestra compuesta por una arena limosa color beige

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO
Ingeniero Civil	Laboratorista
REVISÓ	REALIZÓ

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO	ABSCISA	
		SONDEO	S#3
CLIENTE:		MUESTRA	M7
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca	PROF.	13,00 - 14,00
		FECHA:	Junio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial: 134,90 gr		Peso final: 75,80 gr			
Determinación No	1	2	3	Tamiz (p/g)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLPES	38	27	14	3"	76,10				
RECIP. No.	278	241	274	2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	22,63	26,27	26,01	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	19,82	22,49	22,13	1 1/2"	38,10				
PESO RECIPIENTE	8,44	8,46	8,51	1"	25,40				
PESO AGUA	2,81	3,78	3,88	3/4"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	11,38	14,03	13,62	1/2"	12,70				100,0%
% HUMEDAD	24,69	26,94	28,49	3/8"	9,51				100,0%
				4	4,76	3,2	2,4%	2,4%	97,6%
				8	2,38				
				10	2,00	12,9	9,6%	11,9%	88,1%
				12	1,68				
				16	1,19				
				30	0,59				
				40	0,42	36,4	27,0%	38,9%	61,1%
				50	0,30				
				80	0,18				
				100	0,15	16,2	12,0%	50,9%	49,1%
				200	0,07	7,1	5,3%	56,2%	43,8%
				Pasa 200		59,1	43,8%	100,0%	0,0%
				Total		134,9			

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	265	240	42	
PESO DE RECIP. + S.H.	17,24	17,13	568,10	
PESO DE RECIP. + S.S.	15,47	15,42	491,10	
PESO RECIPIENTE	8,39	8,49	64,60	
PESO AGUA	1,77	1,71	77,00	
PESO SUELO SECO	7,08	6,93	426,50	
% HUMEDAD	25,00	24,68	18,05	

Límites de Atterberg

RESULTADOS			OBSERVACIONES: Material compuesto por una arena limosa color amarillo azafran
Límite Líquido	26,6	%	
Límite Plástico	24,8	%	
Índice Plástico	1,7	%	
Gravas	2,4%		
Arenas	53,8%		
Finos	43,8%		

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	0	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	SM	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ
--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

PROYECTO:	MEGAPROYECTO CERRO EL SANTISIMO			ABSCISA	
CLIENTE:				SONDEO	S#3
LOCALIZACION:	Monumento Helechales - Floridablanca			MUESTRA	M8
				PROF.	14,00 - 15,00
				FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:		142,40	gr	Peso final:		67,80	gr
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
No GOLPES	35	26	17	3"	76,10						
RECIP. No.	228	246	21	2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.	27,22	23,51	26,1	2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.	22,71	19,76	21,4	1 1/2"	38,10						
PESO RECIPIENTE	8,6	8,49	7,83	1"	25,40						
PESO AGUA	4,51	3,75	4,70	3/4"	19,00				100,0%		
PESO SUELO SECO	14,11	11,27	13,57	1/2"	12,70	3,7	2,6%	2,6%	97,4%		
% HUMEDAD	31,96	33,27	34,64	3/8"	9,51			2,6%	97,4%		
				4	4,76	3,6	2,5%	5,1%	94,9%		
				8	2,38						
				10	2,00	6,9	4,8%	10,0%	90,0%		
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	29,2	20,5%	30,5%	69,5%		
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	15,9	11,2%	41,6%	58,4%		
				200	0,07	8,5	6,0%	47,6%	52,4%		
				Pasa 200		74,6	52,4%	100,0%	0,0%		
				Total		142,4					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	217	253	85	
PESO DE RECIP. + S.H.	19,47	19,30	529,80	
PESO DE RECIP. + S.S.	16,93	16,80	460,70	
PESO RECIPIENTE	8,17	8,09	71,00	
PESO AGUA	2,54	2,50	69,10	
PESO SUELO SECO	8,76	8,71	389,70	
% HUMEDAD	29,00	28,70	17,73	

Límites de Atterberg

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
25	35,0
20	33,3
15	32,8

Diámetro (mm)	Porcentaje que Pasa (%)
75	100
60	100
47,5	100
37,5	100
30	100
25	100
20	100
15	100
12,5	100
10	100
7,5	100
6	100
4,75	100
3,75	100
3	100
2,5	100
2	100
1,5	100
1,25	100
1	100
0,75	100
0,6	100
0,425	100
0,3	100
0,25	100
0,2	100
0,15	100
0,125	100
0,1	100
0,075	100
0,075	52,4
0,075	0

RESULTADOS		
Límite Líquido	33,3	%
Límite Plástico	28,8	%
Índice Plástico	4,4	%
Gravas	5,1%	
Arenas	42,5%	
Finos	52,4%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	1	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	ML	

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorganico de baja a media plasticidad color amarillo azafran

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO PROYECTO DE VIVIENDA LA CUMBRE

PROYECTO:	LA CUMBRE		ABSCISA		
			SONDEO	S#2	
			MUESTRA	M1	
CLIENTE:			PROF.	0,00 - 1,00	
LOCALIZACION:	La cumbre - Floridablanca		FECHA:	Julio/2012	

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:		455,70	gr	Peso final:		104,50	gr
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa		
No GOLPES	35	26	17	3"	76,10						
RECIP. No.	241	239	217	2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.	29,81	30,95	32,19	2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.	23,34	23,93	24,45	1 1/2"	38,10						
PESO RECIPIENTE	8,45	8,44	8,17	1"	25,40				100,0%		
PESO AGUA	6,47	7,02	7,74	3/4"	19,00						
PESO SUELO SECO	14,89	15,49	16,28	1/2"	12,70	13,1	2,9%	2,9%	97,1%		
% HUMEDAD	43,45	45,32	47,54	3/8"	9,51	1,8	0,4%	3,3%	96,7%		
				4	4,76	6,4	1,4%	4,7%	95,3%		
				8	2,38						
				10	2,00	7,6	1,7%	6,3%	93,7%		
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	18,8	4,1%	10,5%	89,5%		
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	35,8	7,9%	18,3%	81,7%		
				200	0,07	21,0	4,6%	22,9%	77,1%		
				Pasa 200		351,2	77,1%	100,0%	0,0%		
				Total		455,7					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	205	271	39	
PESO DE RECIP. + S.H.	17,52	17,36	1105,20	
PESO DE RECIP. + S.S.	15,37	15,29	901,40	
PESO RECIPIENTE	8,58	8,70	67,70	
PESO AGUA	2,15	2,07	203,80	
PESO SUELO SECO	6,79	6,59	833,70	
% HUMEDAD	31,66	31,41	24,45	

Límites de Atterberg

Gradación

RESULTADOS		
Límite Líquido	45,4	%
Límite Plástico	31,5	%
Índice Plástico	13,9	%
Gravas	4,7%	
Arenas	18,3%	
Finos	77,1%	

CLASIFICACIÓN	
Índice de Grupo	12
A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 5
U.S.C	ML

OBSERVACIONES:
Material compuesto por un limo inorgánico de baja a media plasticidad color amarillo sol

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
REALIZÓ

PROYECTO:	LA CUMBRE	ABSCISA	
CLIENTE:		SONDEO	S#2
LOCALIZACION:	La cumbre - Floridablanca	MUESTRA	M2
		PROF.	2,00 - 3,00
		FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN					
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial	147,10	gr	Peso final	79,60	gr
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
No GOLFES	36	28	15	3"	76,10				
RECIP. No	289	245	242	2 1/2"	64,00				
PESO DE RECIP. + S.H.	36,34	35,1	30,51	2"	50,80				
PESO DE RECIP. + S.S.	29,9	28,61	24,8	1 1/2"	38,10				
PESO RECIPIENTE	8,51	8,41	8,33	1"	25,40				
PESO AGUA	6,44	6,49	5,71	3/4"	19,00				100,0%
PESO SUELO SECO	21,39	20,20	16,47	1/2"	12,70	13,1	8,9%	8,9%	91,1%
% HUMEDAD	30,11	32,13	34,67	3/8"	9,51	1,8	1,2%		89,9%
				4	4,76	6,4	4,4%	14,5%	85,5%
				8	2,38				85,5%
				10	2,00	7,6	5,2%	19,6%	80,4%
				12	1,68				80,4%
				16	1,19				80,4%
				30	0,59				80,4%
				40	0,42	18,8	12,8%	32,4%	67,6%
				50	0,30				67,6%
				80	0,18				67,6%
				100	0,15	14,3	9,7%	42,1%	57,9%
				200	0,07	17,6	12,0%	54,1%	45,9%
				Pasa 200		67,5	45,9%	100,0%	0,0%
				Total		147,1			

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No	243	5	65	
PESO DE RECIP. + S.H.	18,63	18,99	521,40	
PESO DE RECIP. + S.S.	16,75	16,87	454,40	
PESO RECIPIENTE	8,45	7,70	73,00	
PESO AGUA	1,88	2,12	97,00	
PESO SUELO SECO	8,30	9,17	381,40	
% HUMEDAD	22,65	23,12	25,43	

Límites de Atterberg

Contenido de Humedad (%)

Número de Golpes

Porcentaje que Pasa

Diametro (mm)

RESULTADOS		
Límite Líquido	32,2	%
Límite Plástico	22,9	%
Índice Plástico	9,3	%
Gravas	14,5%	
Arenas	39,8%	
Finos	45,9%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	2	
A.A.S.H.T.O.	A - 4	
U.S.C	SC	

OBSERVACIONES:	
Material compuesto por una arena arcillosa color amarillo pastel	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO
Ingeniero Civil	Laboratorista
REVISÓ	REALIZÓ

PROYECTO:	LA CUMBRE	ABSCISA	
CLIENTE:		SONDEO	S#2
LOCALIZACION:	La cumbre - Floridablanca	MUESTRA	M3
		PROF.	2,00 - 3,00
		FECHA:	Julio/202

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:	312,40	gr	Peso final:	161,90	gr		
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa		
No GOLPES	36	27	18	3"	76,10						
RECIP. No.	247	296	216	2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.	32,56	33,45	30,43	2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.	27,1	27,5	24,94	1 1/2"	38,10					100,0%	
PESO RECIPIENTE	8,56	8,13	8,28	1"	25,40	24,8	7,9%	7,9%		92,1%	
PESO AGUA	5,46	5,95	5,49	3/4"	19,00			7,9%		92,1%	
PESO SUELO SECO	18,54	19,37	16,66	1/2"	12,70	10,8	3,5%	11,4%		88,6%	
% HUMEDAD	29,45	30,72	32,95	3/8"	9,51	4,1	1,3%	12,7%		87,3%	
				4	4,76	3,7	1,2%	13,9%		86,1%	
				8	2,38						
				10	2,00	5,7	1,8%	15,7%		84,3%	
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	31,4	10,1%	25,8%		74,2%	
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	48,5	15,5%	41,3%		58,7%	
				200	0,07	32,9	10,5%	51,8%		48,2%	
				Pasa 200		150,5	48,2%	100,0%		0,0%	
				Total		312,4					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	215	227	37	
PESO DE RECIP. + S.H.	18,23	18,14	825,80	
PESO DE RECIP. + S.S.	16,41	16,24	726,30	
PESO RECIPIENTE	8,56	8,12	66,80	
PESO AGUA	1,82	1,90	99,50	
PESO SUELO SECO	7,85	8,12	659,50	
% HUMEDAD	23,18	23,40	15,09	

Límites de Atterberg

RESULTADOS		
Límite Líquido	31,2	%
Límite Plástico	23,3	%
Índice Plástico	8,0	%
Gravas	13,9%	
Arenas	37,9%	
Finos	48,2%	

CLASIFICACIÓN	
Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 4
U.S.C	SM

OBSERVACIONES:	
Material compuesto por una arena limosa color naranja intenso	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO
Ingeniero Civil	Laboratorista
REVISÓ	REALIZÓ

PROYECTO:	LA CUMBRE	ABSCISA	
		SONDEO	S#2
		MUESTRA	M4
CLIENTE:		PROF.	6,00 - 7,00
LOCALIZACION:	La cumbre - Floridablanca	FECHA:	Julio/2012
LÍMITES DE CONSISTENCIA		GRADACIÓN	
LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
No GÓLPES	35	25	17
RECIP. No.	288	295	297
PESO DE RECIP. + S.H.	32,18	30,43	33,35
PESO DE RECIP. + S.S.	26,53	24,8	26,82
PESO RECIPIENTE	8,5	8,32	8,57
PESO AGUA	5,65	5,63	6,53
PESO SUELO SECO	18,03	16,48	18,25
% HUMEDAD	31,34	34,16	35,78
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
RECIP. No.	222	25	25
PESO DE RECIP. + S.H.	18,41	18,41	647,00
PESO DE RECIP. + S.S.	16,54	16,47	551,30
PESO RECIPIENTE	8,54	8,09	65,50
PESO AGUA	1,87	1,94	95,70
PESO SUELO SECO	8,00	8,38	485,80
% HUMEDAD	23,38	23,15	19,70
RESULTADOS			
Límite Líquido	33,6	%	
Límite Plástico	23,3	%	
Índice Plástico	10,4	%	
Gravas	5,4%		
Arenas	44,0%		
Finos	50,6%		
CLASIFICACIÓN			
Índice de Grupo	3		
A.A.S.H.T.O.	A - 4		
U.S.C.	CL		
		OBSERVACIONES: Material compuesto por una arcilla inorganica de baja a media plasticidad color amarillo azafran	
		EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	
		FEDERICO OSORIO Laboratorista REALIZÓ	

PROYECTO:	LA CUMBRE	ABSCISA	
CLIENTE:		SONDEO	S#2
LOCALIZACION:	La cumbre - Floridablanca	MUESTRA	M5
		PROF.	8,00 - 9,00
		FECHA:	Julio/2012

LÍMITES DE CONSISTENCIA				GRADACIÓN							
LÍMITE LÍQUIDO				Peso inicial:		177,10	gr	Peso final:		80,20	gr
Determinación No	1	2	3	Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
No GOLPES	35	25	15	3"	76,10						
RECIP. No.	14	203	220	2 1/2"	64,00						
PESO DE RECIP. + S.H.	33,51	31,96	32,11	2"	50,80						
PESO DE RECIP. + S.S.	27,09	25,8	25,74	1 1/2"	38,10						
PESO RECIPIENTE	8,14	8,2	8,53	1"	25,40						
PESO AGUA	6,42	6,16	6,37	3/4"	19,00				100,0%		
PESO SUELO SECO	18,95	17,60	17,21	1/2"	12,70				100,0%		
% HUMEDAD	33,88	35,00	37,01	3/8"	9,51				100,0%		
				4	4,76	4,3	2,4%	2,4%	97,6%		
				8	2,38						
				10	2,00	7,2	4,1%	6,5%	93,5%		
				12	1,68						
				16	1,19						
				30	0,59						
				40	0,42	30,4	17,2%	23,7%	76,3%		
				50	0,30						
				80	0,18						
				100	0,15	24,3	13,7%	37,4%	62,6%		
				200	0,07	14,0	7,9%	45,3%	54,7%		
				Pasa 200		96,9	54,7%	100,0%	0,0%		
				Total		177,1					

LÍMITE PLÁSTICO				Humedad Natural
RECIP. No.	166	167	86	
PESO DE RECIP. + S.H.	19,26	18,95	590,40	
PESO DE RECIP. + S.S.	16,60	16,41	506,80	
PESO RECIPIENTE	5,54	5,86	74,00	
PESO AGUA	2,66	2,54	83,60	
PESO SUELO SECO	11,06	10,55	432,80	
% HUMEDAD	24,05	24,08	19,32	

RESULTADOS		
Límite Líquido	35,1	%
Límite Plástico	24,1	%
Índice Plástico	11,0	%
Gravas	2,4%	
Arenas	42,9%	
Finos	54,7%	

CLASIFICACIÓN		
Índice de Grupo	4	
A.A.S.H.T.O.	A - 6	
U.S.C	CL	

OBSERVACIONES:	
Material compuesto por una arcilla inorganica de baja a media plasticidad color amarillo azafran	

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN	FEDERICO OSORIO
Ingeniero Civil	Laboratorista
REVISÓ	REALIZÓ

