



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN
EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE
LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ,
D.C.



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ, D.C.

INFORME FINAL
JUNIO 2019

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por (Especialista geotecnia):	Diego Alexander Reyes Velandia
Firma:	
Fecha:	Junio de 2019
Elaborado por (Especialista geología):	Nancy Yolanda Alfonso Bernal
Firma:	
Fecha:	Junio de 2019
Elaborado por (Especialista hidráulica):	Eduardo Zamudio Huertas
Firma:	
Fecha:	Junio de 2019
Elaborado por (Ingeniero Civil):	Roberto Andrés Jurado Montoya
Firma:	
Fecha:	Junio de 2019
Aprobado por (Director):	Javier Antonio Millán López
Firma:	
Fecha:	Junio de 2019

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	26
1.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	28
2	REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	29
2.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES	29
2.2	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	47
2.3	ASPECTOS GEOTÉCNICOS.....	47
2.3.1	Investigación del subsuelo de estudios anteriores	47
2.4	ASPECTOS HIDROLÓGICOS	50
2.4.1	Clima	51
2.4.2	Estaciones.....	56
2.5	REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS.....	57
3	MODELO DE OCUPACIÓN TERRITORIAL	60
4	ESTUDIOS BÁSICOS	64
4.1	CONSECUENCIA DE CARTOGRAFÍA BASE	64
4.1.1	Georreferenciación y fotocontrol.....	64
4.1.2	Levantamiento topográfico.....	68
4.1.3	Aerofotogrametría.....	71
4.1.4	Resultados obtenidos	74
4.2	INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.....	78
4.2.1	Exploración por métodos directos.....	79
4.2.2	Exploración por métodos indirectos	85
4.2.3	Instalación y monitoreo de inclinómetros y piezómetros	93
4.3	EVALUACIÓN GEOLÓGICA	101
4.3.1	Unidades de Roca	113
4.3.2	Hallazgos.....	121
4.4	EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA	129
4.5	EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA	133
4.5.1	Modelo.....	134

4.5.2	Resultados	135
4.6	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA.....	136
4.6.1	Contenido de agua y límites de consistencia	136
4.6.2	Granulometría.....	138
4.6.3	Peso unitario.....	138
4.6.4	Compresión inconfiada	138
4.6.5	Compresión simple	139
4.6.6	Corte directo.....	140
4.6.7	Resistencia al corte (SPT)	141
4.6.8	Caracterización del macizo rocoso	143
4.7	ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	150
4.7.1	Modelo geológico geotécnico - perfiles	156
4.8	CONDICIONES SÍSMICAS	157
4.9	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA, DRENAJE SUPERFICIAL Y VERTIMIENTOS	157
4.9.1	Objetivos	157
4.9.2	Caracterización Hidroclimática	158
4.9.3	Evaluación del Drenaje Superficial	159
4.9.4	Análisis Estadístico.....	160
4.9.5	Análisis de Lluvias	165
4.9.6	Curvas IDF	167
4.10	EVALUACIÓN REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS.....	171
4.10.1	Inventario de la Red.....	171
4.10.2	Estado de la Red de Alcantarillado	172
4.10.3	Conclusiones.....	175
4.11	COBERTURA Y USO DEL SUELO.....	175
5	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	177
5.1	INTRODUCCIÓN.....	177
5.2	CONDICIONES ACTUALES Y MECANISMOS DE FALLA A ANALIZAR.....	177
5.3	ESCENARIOS A CONSIDERAR MECANISMO DE FALLA EN ROCA	178

5.4	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	179
5.4.1	Perfil 1- Amenaza	180
5.4.2	Perfil 3 – Amenaza	183
5.4.3	Perfil 4 - Amenaza	185
5.4.4	Perfil 5 - Amenaza	187
5.4.5	Perfil 6 - Amenaza	189
5.4.6	Perfil 7 – Amenaza	191
5.4.7	Distancias de viaje.....	194
5.5	ESCENARIOS A CONSIDERAR MECANISMO DE FALLA SUPERFICIALES	
	196	
5.5.1	Perfil 1	197
5.5.2	Perfil 3	198
5.5.3	Perfil 4	198
5.5.4	Perfil 5	199
5.5.5	Perfil 6	200
5.5.6	Perfil 7	201
5.5.7	Resumen de análisis	203
5.6	ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	203
6	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ESTRUCTURAL DE LAS	
	EDIFICACIONES POR FALLA EN ROCA	205
6.1	MÉTODO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD.....	205
6.2	IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	206
6.3	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	211
6.3.1	Grado de exposición.....	211
6.3.2	Tipología.....	213
6.3.3	Fragilidad de los elementos frente a la amenaza.....	216
6.4	EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.	219
7	EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, FALLA EN ROCA.	
	221	
8	PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	224

8.1	ALTERNATIVA 1 - CONTRAFUERTE	224
8.2	ALTERNATIVA 2 - ANCLAJES	226
8.3	ALTERNATIVA 3- RELOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS	226
8.4	DISEÑO DE ALTERNATIVAS - OBRAS.....	227
8.4.1	Criterios de evaluación de amenaza con intervención	228
8.4.2	Alternativa I	229
8.4.3	Alternativa II	255
8.4.4	Resumen de resultados.....	260
8.5	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	260
8.5.1	Consideraciones técnicas.....	260
8.5.2	Consideraciones ambientales.....	262
8.5.3	Consideraciones económicas	266
8.6	MATRIZ DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE.....	269
9	PLAN DE ACCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO.	271
9.1	MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	271
9.1.1	Muro en tierra Armada.....	271
9.1.2	Obras complementarias.....	273
9.2	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES	276
9.3	FASES DE OBRA	277
9.3.1	Fase I	277
9.3.2	Fase II	279
10	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CON PLAN DE ACCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO	281
10.1	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	281
10.2	EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO POR MOVIMIENTOS EN MASA FALA EN ROCA.	281
11	INVENTARIO FORESTAL.....	282
12	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	284
13	PLAN DE MANEJO SOCIAL.....	285

14	PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO	290
14.1	LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS	291
14.2	DURACIÓN Y HORARIO DE LA OBRA	292
14.3	MAQUINARIA Y EQUIPO A UTILIZAR.....	292
14.3.1	Instalación, manejo y retiro de maquinaria.....	293
14.4	PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO	294
14.4.1	Características de las vías afectadas por la obra.....	294
14.4.2	Manejo de tránsito	294
14.4.3	Manejo de peatones	294
14.4.4	Manejo de vehículos de carga	294
14.4.5	Señalización y adecuaciones temporales	294
14.5	PROCESO PARA LA PUESTA EN MARCHA	298
14.6	PROCESO PARA FISCALIZACIÓN DEL PLAN	298
14.7	REGISTRO DE AJUSTE DEL PLAN	298
15	ESTUDIO PREDIAL.....	299
15.1	INTRODUCCIÓN.....	299
15.2	METODOLOGÍA.....	299
15.3	ÁREA DE AFECTACIÓN PREDIAL.....	301
15.4	DISTRIBUCIÓN PREDIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO	301
15.5	INFORMACIÓN BÁSICA CATASTRAL.....	302
15.6	INFORMACIÓN URBANÍSTICA Y REGISTROS DADEP (RUPI).....	304
15.6.1	Afectación en Cesiones de Uso Público	306
15.6.2	Predios con Procesos de Compra por Entidad Pública.....	311
15.7	INFORMACIÓN JURÍDICA	313
15.7.1	Información general	313
15.7.2	Estudio de títulos	316
15.8	FICHAS PEDIALES.....	318
16	PRESUPUESTO FASE I Y FASE II.....	319
16.1	Desglose AIU	319
16.2	Cantidades de obra	319

16.3	Análisis de precios unitarios	319
16.4	Programación de obra.....	323
16.5	Otros componentes	323
16.6	Proceso Constructivo – Fase I.....	324
16.6.1	Actividades preliminares.....	324
16.6.2	Conformación del módulo de SME 1	324
16.6.3	Perfilado de la zona alta	324
16.6.4	Construcción del módulo de SME I.....	324
16.6.5	Conformación del módulo de SME II	325
16.6.6	Construcción del módulo de SME II.....	325
16.6.7	Conformación del módulo de SME III	325
16.6.8	Construcción del módulo de SME III.....	325
16.6.9	Relleno del trasdós de los muros.....	325
16.6.10	Conformación Hydroblock	325
16.6.11	Construcción muros transversales complementarios	327
16.6.12	Conformación del terreno con material de sitio	328
16.6.13	Revegetalización y cerramiento	328
17	BIBLIOGRAFÍA	329

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Área objeto de estudio. Coordenadas de los vértices que conforman el Polígono.	28
Ilustración 2-1 Mapa Geología Regional Cerro Altos de la Estancia, esc 1:5000. Tomado de Consorcio Altos de la Estancia (2007)	30
Ilustración 2-2 Diagrama evolución geológica del cerro Altos de la Estancia. Tomado de Georiesgos 2004	31
Ilustración 2-3 Diagrama del modelo de la falla transversal de Rosales. Tomado de Georiesgos 2004.	32
Ilustración 2-4 Modelamiento del deslizamiento de los diferentes bloques.....	35
Ilustración 2-5 Inestabilización de un talud por actividad minera.....	35
Ilustración 2-6 Diagrama de cuerpo libre del bloque fallado.....	36
Ilustración 2-7 Perfil Geológico Regional El Espino Esc 1:10000. Tomado de INGEOMINAS, 1999	37
Ilustración 2-8 Perfil Geológico geotécnico 1 Barrio El Espino, Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. 1999.....	38
Ilustración 2-9 Perfil geológico geotécnico 2 Barrio El Espino, Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. 1999.....	39
Ilustración 2-10 Unidades geológicas superficiales. GEOCING (2013)	42
Ilustración 2-11 Geología local Peñón del Cortijo III Sector. GEOCING (2013).....	43
Ilustración 2-12 Perfil 2-2' Unidades geológicas superficiales. GEOCING (2013)	44
Ilustración 2-13 Mapa de Unidades geológicas superficiales. Universidad Nacional de Colombia (2009)	46
Ilustración 2-14 Perfiles geológicos geotécnicos. Universidad Nacional de Colombia (2009)	46
Ilustración 2-15 Localización exploración Información secundaria (Anexo B1)	48
Ilustración 2-16 Resumen exploración estudio UNAL (2009)	49
Ilustración 2-17 Interpretación de exploración - sondeos elaborados por Geocing (2014)	50
Ilustración 2-18 Temperatura media anual para el depto. de Cundinamarca	51
Ilustración 2-19 Precipitación total anual para el depto. de Cundinamarca	52
Ilustración 2-20 Número de días con lluvia para el depto. de Cundinamarca	52
Ilustración 2-21 Clasificación climática para el depto. de Cundinamarca	53

Ilustración 2-22 Temperatura media anual para Bogotá.....	54
Ilustración 2-23 Precipitación media anual para Bogotá.....	55
Ilustración 2-24 Ubicación estaciones hidrometeorológicas	56
Ilustración 2-25 Precipitaciones totales mensuales.....	57
Ilustración 2-26 Plano de redes de acueducto. Plancha 246-II-B-2.....	58
Ilustración 2-27 Plano de redes de alcantarillado pluvial. Plancha L14	58
Ilustración 2-28 Plano de redes de alcantarillado sanitario. Plancha L14	59
Ilustración 3-1 Cartografía de Haciendas 1924. Archivo Cartográfico Bogotá, D.C.....	60
Ilustración 3-2 Cartografía de Veredas – área rural año 1953. Archivo Cartográfico Bogotá, D.C	61
Ilustración 3-3 Vuelo C-773. Aerofotografía 162, año 1956, escala 1:9000.....	61
Ilustración 3-4 Vuelo C-1724. Aerofotografía 140, año 1977, escala 1:7100.....	62
Ilustración 3-5 Vuelo SAV415. Aerofotografía 53, año 1998, escala 1:21000	63
Ilustración 4-1 Marca de fotocontrol en forma de “L”.....	65
Ilustración 4-2 Red Geodésica con base en BOGA	65
Ilustración 4-3 Red Geodésica con base en GPS-001	65
Ilustración 4-4 Esquema levantamiento topográfico.....	68
Ilustración 4-5 Zonas de levantamiento con detalle (zona1 color rojo y zona2 color azul) 70	
Ilustración 4-6 Esquema levantamiento topográfico de detalle (escaleras, anden y paramento)	70
Ilustración 4-7 Misión en oficina.....	71
Ilustración 4-8 Punto de despegue y aterrizaje.	72
Ilustración 4-9 Puntos de fotocontrol identificados con software de post-proceso.....	73
Ilustración 4-10 Esquema Ortophoto.....	74
Ilustración 4-11 Nube de puntos densificadas en color RGB (Vista de oriente - occidente)	75
Ilustración 4-12 Planta, mezcla entre topografía convencional y ortophoto.....	75
Ilustración 4-13 Planta y curvas de nivel, mezcla entre topografía convencional y ortophoto.	76
Ilustración 4-14 Vista 3D curvas de nivel y restitución planimetría.	76
Ilustración 4-15 Equipo UAV marca DJI del tipo cuadricoptero. Fuente propia.....	78

Ilustración 4-16 Trinchera – 3 Coordenadas E: 90040 m N: 98484 m	81
Ilustración 4-17 Variación del Ncorregido con la profundidad.....	82
Ilustración 4-18 Resumen de materiales identificados en las perforaciones.....	85
Ilustración 4-19 Interpretación Línea sísmica 1	87
Ilustración 4-20 Interpretación línea sísmica 2	87
Ilustración 4-21 Interpretación línea sísmica 3	88
Ilustración 4-22 Superior: mediciones de resistividad tomadas en campo, el marcador circular representa la media de los datos y las barras la correspondiente desviación estándar. Inferior: esquema de curva de resistividades aparentes para un perfil tipo HA. Tomado de Orellana (1982).....	89
Ilustración 4-23 SEV	91
Ilustración 4-24 Datos de resistividad	92
Ilustración 4-25 Localización ejes inclinómetros.....	93
Ilustración 4-26 Registro fotográfico instalación de piezómetro. S-1 (JAM S.I).....	94
Ilustración 4-27 Registro fotográfico instalación de piezómetro S-2 (JAM S-11)	94
Ilustración 4-28 Registro fotográfico instalación de inclinómetro S-4 (JAM S-2).....	95
Ilustración 4-29 Registro fotográfico instalación de inclinómetro S-3 (JAM S-5).....	95
Ilustración 4-30 Lectura Piezométricas S-1(JAM S-1)	96
Ilustración 4-31 Lecturas Piezométricas S-2 (JAM S-11)	97
Ilustración 4-32 Lectura Base S-3 (JAM S-5)	98
Ilustración 4-33 Desplazamiento acumulado del Inclinómetro S-3 (JAM S-5) (desde el 28 de agosto del 2018 al 02 de Octubre del 2018)	99
Ilustración 4-34 Lectura Base S-4 (JAM S-2)	100
Ilustración 4-35 Desplazamiento acumulado del Inclinómetro S-4 (JAM S-2) (desde el 28 de agosto del 2018 al 09 de Octubre del 2018).....	101
Ilustración 4-36 Geología Regional escala 1:10000. INGEOCIM Ltda. 1997.....	105
Ilustración 4-37 Localización estaciones de levantamiento geológico y de discontinuidades	106
Ilustración 4-38 Afloramiento de banco de arenisca cuarzosa de grano fino. Parque el Ensueño	107
Ilustración 4-39 Reporte declinación Magnética Bogotá D.C. Tomado de NOAA.....	108
Ilustración 4-40 Toma de datos estructurales.....	109

Ilustración 4-41 Parque el Ensueño: Afloramiento de banco de arenisca cuarzosa de grano fino. Unidades de la base del conjunto medio de la Formación Guaduas	109
Ilustración 4-42 Afloramiento de arenisca cuarzosa altamente fracturada. Costado derecho, sobre la transversal 60, entre la calle 69 y 68C Sur.	110
Ilustración 4-43 Sector La Virgen:	110
Ilustración 4-44 Levantamiento de datos estructurales.	112
Ilustración 4-45 Unidades de roca en los taludes viales.....	113
Ilustración 4-46 Afloramiento en talud minero sin recubrimiento	114
Ilustración 4-47 Afloramiento de nivel de arcilla caolinitica, Talud del antiguo frente de explotación.	114
Ilustración 4-48 Afloramiento en taludes de cortes – Trinchera 2. Coordenadas E: 90037m N: 98538m.....	115
Ilustración 4-49 Unidades geológicas superficiales de la zona de estudio	116
Ilustración 4-50 Perfil 1 Unidades Geológicas Superficiales de la zona de Estudio.....	117
Ilustración 4-51-Columna estratigráfica de la zona de estudio	120
Ilustración 4-52 Fotografías comparativas de materiales involucrado.	121
Ilustración 4-53 Clasificación del talud minero. Criterio de experto	122
Ilustración 4-54 Cartografía de grietas – Levantamiento en campo. El trazado en blanco Las líneas blancas marcan la dirección de los taludes mineros y las líneas rojas delimitan las grietas.....	123
Ilustración 4-55 Cartografía de grietas – levantamiento en campo. El trazado en blanco las líneas blancas marcan la dirección de los taludes mineros y las líneas rojas delimitan las grietas.....	124
Ilustración 4-56 Similitud en la forma cartográfica del movimiento en el Peñón del Cortijo (foto superior, 2014) y El deslizamiento de El Espino (foto inferior, 1997).....	125
Ilustración 4-57 Sistemas primarias y secundarias del Macizo Rocoso aledaño al Talud Mineros.....	127
Ilustración 4-58 Perfil de Ladera. Barrio El Peñón del Cortijo.....	129
Ilustración 4-59 Unidades geomorfológicas de ladera.....	131
Ilustración 4-60 Localización procesos morfodinámicos.....	132
Ilustración 4-61 Modelo hidrogeológico conceptual.....	134
Ilustración 4-62 Carga hidráulica en el macizo.....	135

Ilustración 4-63 Parámetros índice vs profundidad	137
Ilustración 4-64 Carta de plasticidad	137
Ilustración 4-65 a) Granulometría b) Peso unitario.....	138
Ilustración 4-66 Curva τ vs σ – Suelo residual arcillolita.....	141
Ilustración 4-67 Curva τ vs σ –Arcillolita	142
Ilustración 4-68 Curva τ vs σ – Suelo residual Arenisca	142
Ilustración 4-69 Curva τ vs σ – Relleno	143
Ilustración 4-70 RMR - Sistema de clasificación	145
Ilustración 4-71 Parámetros de resistencia arenisca.....	146
Ilustración 4-72 Parámetros de resistencia arenisca moderadamente fracturada	147
Ilustración 4-73 Zonificación geotécnica	151
Ilustración 4-74 Aspecto zonas 1, con presencia de flujos de detritos.....	152
Ilustración 4-75 Aspecto parte superior de la zona1, donde se observa el escarpe del movimiento en masa profundo.....	152
Ilustración 4-76 Aspecto zona 1, presenta viviendas notoriamente dañadas e inclinación de la vegetación.	153
Ilustración 4-77 Aspecto de la parte baja de la zona 1	153
Ilustración 4-78 Aspecto Zona 2 sin movimientos en masa activos.....	154
Ilustración 4-79 Aspecto de la zona 3, con presencia de Arcillas superficiales.....	154
Ilustración 4-80 Aspecto de la zona 5, rocas en contrapendiente estructural	155
Ilustración 4-81Aspecto de la zona 5, medias a altas pendientes.	156
Ilustración 4-82 Aspecto de la zona 6, pendientes menores a 10°.....	156
Ilustración 4-83 Tendencia - Estación Casablanca	158
Ilustración 4-84 Tendencia - Estación Sierra Morena.....	159
Ilustración 4-85 Prueba de ajuste para P máx en 24 h. Estación Casablanca.....	164
Ilustración 4-86 Prueba de ajuste para P máx en 24 h. Estación Sierra Morena.....	165
Ilustración 4-87 Curva de masa para el año 2018 - Est. Casablanca	166
Ilustración 4-88 Curva IDF - Estación Casablanca.....	168
Ilustración 4-89 Curva IDF - Estación Sierra Morena	169
Ilustración 4-90 Curvas IDF para el área de estudio.	170

Ilustración 4-91 Inventario y revisión de estado de la red de alcantarillado	171
Ilustración 4-92 Pozo de inspección colmatado	172
Ilustración 4-93 Pozo de inspección con residuos dispuestos por la comunidad.....	172
Ilustración 4-94 Acometidas irregulares a los pozos de inspección.....	173
Ilustración 4-95 Taponamiento de colectores de aguas residuales	173
Ilustración 4-96 Ruptura de calzada sobre el colector.....	173
Ilustración 4-97 Tuberías sanitarias rotas	174
Ilustración 4-98 Acometidas irregulares	174
Ilustración 4-99 Conexiones domiciliarias con residuos y sedimentos	174
Ilustración 5-1 Modelo de falla del macizo rocoso.....	180
Ilustración 5-2 Red estereográfica perfil 1.....	181
Ilustración 5-3 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña	181
Ilustración 5-4 Análisis por volteo cinemático.....	182
Ilustración 5-5 Modelo 3D mecanismo de falla en cuña perfil 1.....	182
Ilustración 5-6 Red estereográfica perfil 3.....	183
Ilustración 5-7 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña	184
Ilustración 5-8 Análisis cinemático por volteo.....	184
Ilustración 5-9 Modelo 3D Cuña perfil 3	184
Ilustración 5-10 Red estereográfica perfil 4.....	185
Ilustración 5-11 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña	186
Ilustración 5-12 Análisis cinemático por volteo.....	186
Ilustración 5-13 Modelo 3D Cuña perfil 4	187
Ilustración 5-14 Red estereográfica perfil 5.....	188
Ilustración 5-15 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña	188
Ilustración 5-16 Análisis cinemático por volteo.....	188
Ilustración 5-17 Red estereográfica perfil 6.....	189
Ilustración 5-18 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña	190
Ilustración 5-19 Análisis cinemático por volteo.....	190
Ilustración 5-20 Modelo 3D Cuña perfil 6	191
Ilustración 5-21 Red estereográfica perfil 7.....	192

Ilustración 5-22 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña	192
Ilustración 5-23 Análisis cinemático por volteo.....	193
Ilustración 5-24 Modelo 3D Cuña perfil 7	193
Ilustración 5-25 Relación entre el volumen y la distancia de viaje para diferentes deslizamientos $F = L/H$	195
Ilustración 5-26 Análisis falla superficial perfil 1	197
Ilustración 5-27 Análisis falla superficial perfil 1 - Pseudoestáticos	198
Ilustración 5-28 Análisis falla superficial perfil 4	199
Ilustración 5-29 Análisis falla superficial perfil 4	199
Ilustración 5-30 Análisis falla superficial perfil 5	200
Ilustración 5-31 Análisis falla superficial perfil 5	200
Ilustración 5-32 Análisis falla superficial perfil 6	201
Ilustración 5-33 Análisis falla superficial perfil 6	201
Ilustración 5-34 Análisis falla superficial perfil 7	202
Ilustración 5-35 Análisis falla superficial perfil 7	202
Ilustración 6-1 Mapa de amenaza a corto y largo plazo por movimientos en masa, falla en roca. Nivel de amenaza criterio semáforo.	206
Ilustración 6-2 Fotografías del área de estudio en proceso de reasentamiento de familias y demolición de infraestructura.	207
Ilustración 6-3 Fotografías de los predios localizados en la zona con condición de amenaza media por movimientos en masa, falla en roca.	208
Ilustración 6-4 Nomenclatura vial. Fuente: Secretaria Distrital de Movilidad. 2018.....	209
Ilustración 6-5 Red de Acueducto en la zona de estudio. Fuente: Plancha 246-II-B-2 suministrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB. 2018..	210
Ilustración 6-6 Red de Alcantarillado Combinado en la zona de estudio. Fuente: Plancha L-14 suministrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB. 2018.	210
Ilustración 6-7 Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento.	211
Ilustración 6-8 Daños sobre las edificaciones en la zona en condición de amenaza alta por movimientos en masa falla en roca, adelante las viviendas sobre la grieta (Colapso Parcial), al fondo viviendas en la zona de movimiento (Deformaciones e inclinaciones de la estructura).	212

Ilustración 6-9 Daños sobre la infraestructura vial, rotura y deformaciones.....	212
Ilustración 6-10: Usos del suelo a nivel de manzana 2018. (Tomado del portal IDECA)	213
Ilustración 6-11 Inventario detallado de las afectaciones y la tipología de las viviendas	215
Ilustración 8-1 Fotografías ilustrativas muro en tierra armada Fuente: JAM.....	225
Ilustración 8-2 Detalle de fachada con geobiobolsa	225
Ilustración 8-3 a) Esquema de anclajes b) Distribución de anclajes zonas geotécnica 5	226
Ilustración 8-4 Predios objeto de reubicación (rojo)	227
Ilustración 8-5 Parámetros para estructura de tierras Fuente: Ingeniería geológica de Vallejo	230
Ilustración 8-6 Modelo en 3D vista en perfil	231
Ilustración 8-7 Modelo equivalente en 2D (Perfil 7 – amenaza)	231
Ilustración 8-8 a) Modelo 3D vista en perfil b) Modelo 2D equivalente perfil 3	232
Ilustración 8-9 Modelo 3D vista en perfil (Perfil 6- amenaza)	233
Ilustración 8-10 Modelo 2D equivalente (Perfil 6- amenaza)	233
Ilustración 8-11 Modelo 3D vista en perfil (Perfil 3 – amenaza).....	234
Ilustración 8-12 Modelo 2D equivalente (Perfil 3 – amenaza)	234
Ilustración 8-13 Modelo 3D vista en perfil (Perfil 1- amenaza)	235
Ilustración 8-14 Modelo 2D equivalente (Perfil 1- amenaza)	236
Ilustración 8-15 Modelo con muro en tierra armada perfil 1.....	238
Ilustración 8-16 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 1 ..	239
Ilustración 8-17 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 1 ..	239
Ilustración 8-18 Modelo con muro en tierra armada perfil 3.....	240
Ilustración 8-19 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 3 ..	241
Ilustración 8-20 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 3 ..	241
Ilustración 8-21 Modelo con muro en tierra armada perfil 4.....	242
Ilustración 8-22 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 4 ..	243
Ilustración 8-23 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 4 ..	244
Ilustración 8-24 Modelo con muro en tierra armada perfil 6.....	245
Ilustración 8-25 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 6 ..	245
Ilustración 8-26 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 6 ..	246

Ilustración 8-27 Modelo con muro en tierra armada perfil 8.....	247
Ilustración 8-28 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 8 ..	247
Ilustración 8-29 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 8 ..	248
Ilustración 8-30 Estabilidad global del muro perfil 1- Obras condición estática	251
Ilustración 8-31 Estabilidad global del muro perfil 1 -Obras condición pseudoestatica.	251
Ilustración 8-32 Estabilidad global del muro perfil 3 condición estática	252
Ilustración 8-33 Estabilidad global del muro perfil 3 condición pseudoestática.....	252
Ilustración 8-34 Estabilidad global del muro perfil 6 Obras condición estática.....	253
Ilustración 8-35 Estabilidad global del muro perfil 6 Obras condición pseudoestática	253
Ilustración 8-36 Estabilidad global del muro perfil 8 Obras condición estática.....	254
Ilustración 8-37 Estabilidad global del muro perfil 8 Obras condición pseudoestática	254
Ilustración 8-38 Cálculo dimensiones de los anclajes, cado y cabezal de soporte.	255
Ilustración 8-39 Modelo 3D con anclajes perfil 6	256
Ilustración 8-40 Resultados modelo MIDAS condición estática.....	257
Ilustración 8-41 Modelo 3D con anclajes perfil 3	258
Ilustración 8-42 Resultados modelo MIDAS condición pseudoestatica	258
Ilustración 8-43 Modelo 3D con anclajes perfil 1	259
Ilustración 8-44 Resultados modelo MIDAS condición pseudoestática	259
Ilustración 8-45 Efecto de la gestión ambiental sobre un área degradada	265
Ilustración 8-46 Deterioro de las coberturas biológicas producto del movimiento, desplazamiento de las especies vegetales.	265
Ilustración 8-47 Presupuesto para alternativa I	267
Ilustración 8-48 Presupuesto para alternativa 11	268
Ilustración 8-49 Presupuesto para alternativa III	269
Ilustración 9-1 Detalle del muro en tierra armada propuesto.	272
Ilustración 9-2 Geodren Planar	272
Ilustración 9-3 Esquema de sellamiento de grietas.	274
Ilustración 9-4 Identificación pozos de inspección.....	275
Ilustración 9-5 tipo de césped a considerar en el área de estudio.	276
Ilustración 9-6 Fase I. Ejecución muro en tierra armada en la Fase I.....	278

Ilustración 9-7 Monitoreo topográfico propuesto	279
Ilustración 9-8 Fase II. Ejecución muro en tierra armada en la Fase II.....	280
Ilustración 11-1 Individuos vegetales presentes en el área de afectación por obras.	282
Ilustración 14-1 Localización del proyecto.....	291
Ilustración 15-1 Información shape DADEP	300
Ilustración 15-2 Localización área de estudio	301
Ilustración 15-3 Distribución espacial de los predios afectados.....	302
Ilustración 15-4 RUPI 1335-13.....	306
Ilustración 15-5 Predio cesión vial hoy Carrera 72 F.....	307
Ilustración 15-6 RUPI 1241-58, plano topográfico, plano urbanístico CB 269/4-4	308
Ilustración 15-7 RUPI 1335-19, plano urbanístico CB 65/4-19, plano topográfico	309
Ilustración 15-8 RUPI 1335-21, plano urbanístico CB 65/4-19, plano topográfico	310
Ilustración 15-9 RUPI 1268-75, plano urbanístico CB 58/4-03, plano topográfico	311
Ilustración 15-10 Predios 6 a 10 y 16 a 36	312
Ilustración 15-11 Predios manzanas 57, 60 y 59 del plano urbanístico CB 65/4-19	312
Ilustración 15-12 Predios 11 a 16.....	313

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Estaciones Hidrometeorológicas.....	56
Tabla 4-1 Coordenada de amarre.....	64
Tabla 4-2 Resumen de coordenadas GPS.....	66
Tabla 4-3 Cantidad de fotos homologas a cada GPS.....	73
Tabla 4-4 Metadato de vuelo.....	77
Tabla 4-5 Especificaciones UAV.....	78
Tabla 4-6 Exploración del subsuelo por métodos directos.....	79
Tabla 4-7 Resumen metros de perforación en roca y suelo.....	81
Tabla 4-8-Resultados de ensayos de infiltración.....	83
Tabla 4-9 Cantidad de ensayos.....	83
Tabla 4-10 Exploración del subsuelo por métodos indirectos.....	86
Tabla 4-11 Valores de saturación obtenidos de la ley de Archie para los bloques de arenisca en el caso de un macizo rocoso sin fracturamiento.....	92
Tabla 4-12 Coordenadas localización instrumentación.....	93
Tabla 4-13 Coordenadas de las estaciones de levantamiento geológico.....	104
Tabla 4-14 Conductividad de los materiales involucrados en el modelo.....	134
Tabla 4-15 Resultados ensayos compresión inconfineda.....	139
Tabla 4-16 Compresión simple.....	139
Tabla 4-17 Corte directo.....	140
Tabla 4-18 Clasificación del macizo rocoso.....	144
Tabla 4-19 Clasificación RMR y GIS.....	144
Tabla 4-20 Descripción de materiales y niveles encontrados.....	147
Tabla 4-21 Material 1.....	148
Tabla 4-22 Material 2.....	148
Tabla 4-23 Material 3.....	148
Tabla 4-24 Material 4.....	149
Tabla 4-25 Material 5.....	149
Tabla 4-26 Material 7.....	149
Tabla 4-27 Coeficientes de diseño.....	157

Tabla 4-28 Valores de Kn para la prueba de Outliers.....	161
Tabla 4-29 Prueba de datos dudosos. Estación Casablanca.	162
Tabla 4-30 Prueba de datos dudosos. Estación Sierra Morena.	163
Tabla 4-31 Lluvia antecedente para los eventos registrados.....	166
Tabla 4-32 Períodos de retorno de lluvia acumulada	166
Tabla 4-33 Parámetros a, b, c y d para cada región.....	168
Tabla 4-34 Coeficientes curvas IDF.	169
Tabla 4-35 Valores de intensidad de las curvas IDF.	170
Tabla 4-36 Cobertura terrestre y Uso actual del suelo para el área de estudio	176
Tabla 5-1 Resultados análisis retrospectivo.....	180
Tabla 5-2 Parámetros utilizados en el modelo	180
Tabla 5-3 Resultados análisis equilibrio límite perfil 1	182
Tabla 5-4 Resultados análisis equilibrio límite perfil 3.....	185
Tabla 5-5 Resultados análisis equilibrio límite perfil 4.....	187
Tabla 5-6 Resultados análisis equilibrio límite perfil 6.....	191
Tabla 5-7 Resultados análisis equilibrio límite perfil 7.....	193
Tabla 5-8 Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad	194
Tabla 5-9 Ecuaciones de regresión para $\log(H/L) = A + B * \log V$. Volumen	196
Tabla 5-10 Resumen de los análisis de estabilidad presentados	203
Tabla 5-11 Categorización de la amenaza por Movimientos en masa – Adaptada de la NSR-10	204
Tabla 6-1. Tipologías de Edificaciones	214
Tabla 6-2. Factor de fragilidad en función de la Tipología de la construcción.	216
Tabla 6-3. Factor de fragilidad en función de la altura de la construcción	217
Tabla 6-4. Factor de estado de conservación	217
Tabla 6-5. Vida útil de la edificación en función de la tipología	218
Tabla 6-6. Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción	218
Tabla 7-1 Estimación del costo aproximado de daño.....	222

Tabla 8-1 Categorización de la amenaza por Movimientos en masa definida por JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE, adaptado de los criterios del Norma Sismoresistente NSR-10..... 229

Tabla 8-2 Resumen resultados de análisis de estabilidad alternativa 1 236

Tabla 8-3 Resistencias de diseño geomallas 237

Tabla 8-4 Resumen resultados alternativas 260

Tabla 8-5 Comparación de alternativas..... 270

Tabla 15-1 Información catastral..... 302

Tabla 15-2 Información Urbanística 304

Tabla 15-3 Información Jurídica..... 314

Tabla 15-4 Anotación 5 del folio de matrícula inmobiliaria matriz 50S-847617..... 317

Tabla 16-1. Resumen presupuesto de obra Fase I 321

Tabla 16-2. Resumen presupuesto de obra Fase II 323

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A- TOPOGRAFÍA, MDT Y PLANOS

A1- Ortofoto

A1.2 Vuelo (Fotos crudas, Reporte Peñón)

Ortofoto

A2-Nube de puntos

A3- MDT y fotorestitución

A3.1 Georreferenciación (Crudos GPS, rinex, rinex base, coordenadas base, efemérides precisas, reporte postproceso, kmz Peñón, Registro Fotografico)

A3.2 Topografía (Crudos, Cartera)

A3.3 MDT – Plano técnicas Lev. Topográfico y Fotogrametría.

A4- Planos (Formatos en pdf , MXD y dwg)

Plano 1- Cartografía base

Plano 2 - Estaciones levantamiento geológico y de discontinuidades

Plano 3 - Geología regional

Plano 4 - Localización de procesos morfodinámicos

Plano 5 - Exploración geotécnica

Plano 6 - Geología local

Plano 7 - Unidades geomorfológicas

Plano 8 - Exploración geotécnica información secundaria

Plano 9.1 - Zonificación geotécnica

Plano 9.2 - Perfiles de zonificación geotécnica

Plano 10 - Cobertura y uso del suelo

Plano 11 - Mapa modelo digital

Plano 12.1 - Mapa de amenaza a corto plazo por mecanismo de falla roca.

Plano 12.1 - Mapa de amenaza a largo plazo por mecanismo de falla roca.

Plano 13.1 - Mapa de vulnerabilidad física estructural de edificaciones por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 13.2 - Mapa de vulnerabilidad física de la red de acueducto por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 13.3 - Mapa de vulnerabilidad física de la red de alcantarillado por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 13.4 - Mapa de vulnerabilidad física y funcional de la red vial por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 14.1 - Mapa de riesgo de edificaciones por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 14.2 - Mapa de riesgo de la red de acueducto por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 14.3 - Mapa de riesgo de la red de alcantarillado por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 14.4 - Mapa de riesgo de la red vial por falla en roca a corto y largo plazo.

Plano 15.1 - Mapa de la planta de obras

Plano 15.2 - Mapa de secciones P1 a P4 de obras

Plano 15.3 - Mapa de secciones P5 a P8 de obras

Plano 15.4 - Mapa de secciones P9 a P11 de obras

Plano 15.5 - Mapa de detalle de obras

Plano 16 - Mapa de amenaza a corto y a largo plazo con obras por mecanismo de falla en roca- con obras.

Plano 17.1- Mapa de vulnerabilidad física estructural de edificaciones por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 17.2 Mapa de vulnerabilidad física de red de acueducto por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 17.3 Mapa de vulnerabilidad física de red de alcantarillado por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 17.4 Mapa de vulnerabilidad física y funcional de vías por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 18.1- Mapa de riesgo físico estructural de edificaciones por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 18.2 Mapa de riesgo de red de acueducto por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 18.3 Mapa de riesgo de red de alcantarillado por movimientos en masa- falla en roca con obras.

Plano 18.4 Mapa de riesgo físico y funcional en red vial por movimientos en masa- falla en roca con obras

Plano 19 – Mapa de áreas de influencia

Plano 20 - Mapa de inventario forestal.

ANEXO B- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

B1- Exploración información secundaria

B2- Información secundaria geotecnia

B3- Exploración JAM

- B3.1 Plan de exploración
- B3.2 SPT
- B3.3 Ensayos Laboratorio
- B3.4 Registros fotográficos
- B3.5 Registros de campo
- B3.6 Calibración Equipos Laboratorio

B4-Registro fotográfico salida de campo

B5- Levantamiento de discontinuidades

ANEXO C- HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

C1- Datos estaciones

C2- Levantamiento redes

C3- Redes_ SPD

C4-Pruebas datos dudosos

C5-Curvas IDF

ANEXO D- AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

D1- Cartas de estabilidad

D2- Figura de microzonificación

D3- Informes de monitoreo

ANEXO E- PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

E1- Plan de manejo ambiental

E2- Matriz de calificación de impacto ambiental

ANEXO F- DISEÑO OBRAS

F1- Cartas de amenaza obras

F2- Diseños geomatrix

ANEXO G- PRESUPUESTO

G1- Presupuesto

G2- AIU

G3- Memorias cantidades

G4- APU

G5- Listados mano de obra e insumos

G6- Programación de obra

G7- Presupuesto plan de manejo ambiental y de seguridad y salud en el trabajo

G8- Presupuesto plan de gestión social

G9- Presupuesto PMT

ANEXO H- PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO

H1- Lista de chequeo de plan de manejo de tránsito

H2- Figura plan de manejo tránsito

ANEXO I- PREDIAL, CATASTRAL Y JURÍDICO.

I1. Sabana predial

I2. Información DADEP

I3. Información Urbanística

I4. Información Jurídica Catastral.

ANEXO J- PROCESO CONSTRUCTIVO

ANEXO K- INVENTARIO FORESTAL

K1 Informe

K2.Ficha 1. Información por individuo

K3 Ficha 2. Técnica de registro

K4 Registro fotográfico del inventario

K5. Cálculo de IVP para aprovechamiento forestal

K6 Información ingeniero forestal

I INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

El barrio Peñón del Cortijo es un área legalizada con crecimiento urbano desde el año 1985, asentado sobre espacios de antigua explotación minera sin recuperación geomorfológica que modelaron el paisaje previo a la urbanización; el proceso de intervención del territorio ha incluido la generación de espacios para viviendas, inclusión de redes de servicios públicos, mobiliario urbano, vías, todos adaptándose a la geoforma antropizada del área y limitados por la cercanía al escarpe rocoso de altura mayor a 25 metros que marca el cambio topográfico más importante de la zona.

En dicho talud y desde el inicio de la conformación del barrio, se han presentado algunos movimientos en masa de magnitud preferentemente baja y que había generado daños en el pie del mismo; el avance de estos daños aumentó notoriamente en los años 2006 a 2015 y por ello la alcaldía local de Ciudad Bolívar construyó una medida de mitigación que generó una estabilidad temporal.

Ahora bien, en el transcurso del año 2018 se ha generado un aumento de las afectaciones y cambio de la dinámica del movimiento, afectando por lo menos tres manzanas ubicadas en la parte superior del talud junto a los elementos urbanos adyacentes, por lo cual el IDIGER declaró la condición de urgencia manifiesta bajo la Resolución 281 de 19 de junio de 2018 y asignó a JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS, en el marco del contrato 231 de 28 de junio de 2018, la elaboración del “Estudio de riesgo por movimientos en masa y planteamiento de medidas de reducción en el barrio el Peñón del Cortijo III Sector de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, D.C.”

El documento corresponde al informe Final que contiene el estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y el diseño de las obras de reducción en el barrio El Peñón del Cortijo III sector de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, D.C. En el capítulo 1 se presentan las generalidades del proyecto y del polígono objeto de estudio. En el capítulo 2 se presenta la recopilación, revisión y análisis de información secundaria en cuanto a aspectos geológicos - estructurales, hidrológicos y geotécnicos de estudios anteriores, cercanos y en la zona de estudio.

El capítulo 3 presenta el modelo de ocupación territorial del Barrio El Peñón del Cortijo III sector y su proceso urbanístico a partir de los años 50's. El desarrollo de los estudios básicos correspondientes a la consecución de la cartografía base, investigación del subsuelo, caracterización geomecánica, geología, geomorfología, monitoreo e interpretación geotécnica, cobertura vegetal, hidrología e hidráulica se enseñan en el capítulo 4, siendo el resultado de los estudios básicos el modelo geológico – geotécnico a analizar.

En el capítulo 5, 6 y 7 se presenta el análisis de estabilidad para diferentes perfiles en función de la zonificación geotécnica, la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, falla en roca, respectivamente, y en el capítulo 8 el planteamiento

de alternativas de intervención y la selección de la obra para la reducción del riesgo por movimientos en masa, falla en roca. Seguidamente se plantean las acciones de gestión del riesgo en el territorio en el capítulo 9.

En el capítulo 10 y 11 se presenta la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa con obras de reducción propuestas, respectivamente.

El inventario forestal se presenta en el capítulo 11, los detalles de planes de manejo ambiental, social, tránsito por las intervenciones propuestas en el territorio para la reducción del riesgo se enseñan en los capítulos 12, 13 y 14, respectivamente. A continuación se presenta el estudio predial de los predios afectados por obra, esto con el fin de la habilitación jurídica predial, capítulo 15.

Por último, lo relacionado con el presupuesto y programación de obra, se muestra en el capítulo 16, y este contiene el desglose del AIU, cálculo de cantidades de obra, el análisis de precios unitarios, programación de obra, especificaciones técnicas y de obra.

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el barrio El Peñón del Cortijo Sector III, en la localidad de Ciudad Bolívar, al sur-occidente de la ciudad de Bogotá; con un área aproximada de 7 Ha. A continuación, se presentan las coordenadas de los vértices del polígono que conforma el área de estudio. Ilustración 1-1.

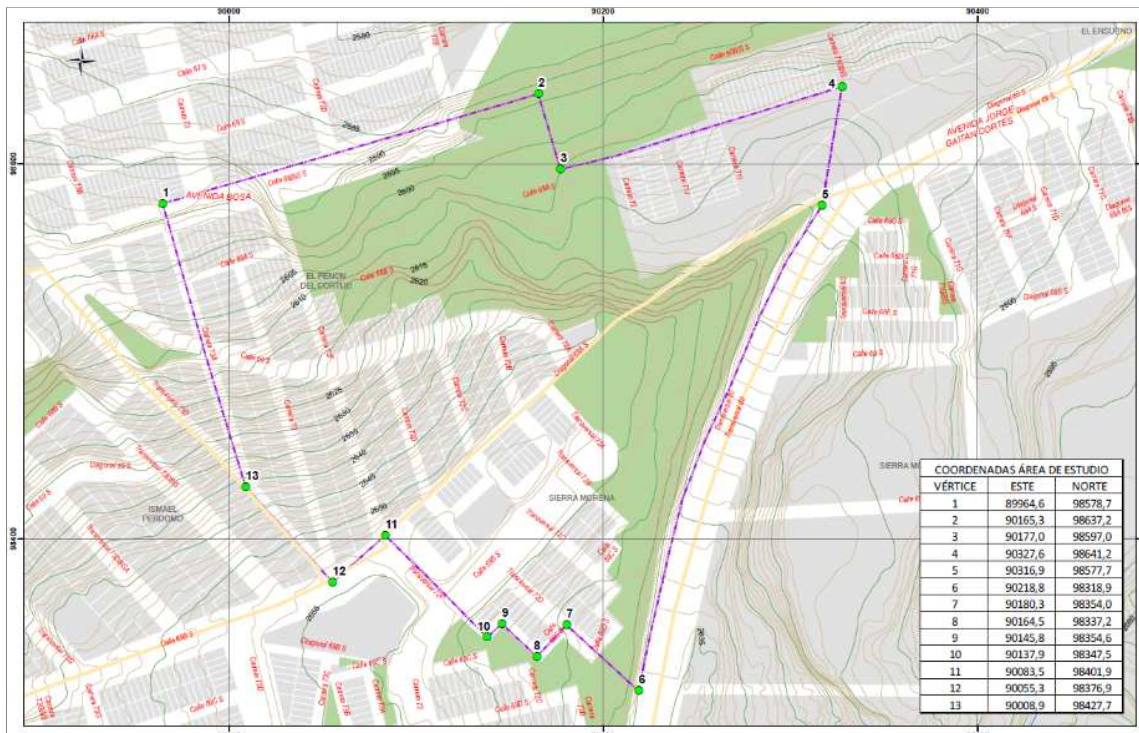


Ilustración 1-1 Área objeto de estudio. Coordenadas de los vértices que conforman el Polígono.
Fuente: IDECA. Elaboración: Propia.

2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

2.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES

Partiendo del análisis de algunos estudios realizados en el área de estudio y en sectores aledaños al área de influencia en los cuales existe una relación entre los materiales rocosos, fenómenos de inestabilidad observados, factores detonantes identificados y mecanismos de falla. Condiciones que se han venido agravando por el aporte de agua debido a la rotura de las redes de alcantarillado y acueducto del sector, a la capacidad de infiltración y características mecánicas que tienen los materiales geológicos que componen la ladera.

Otro aspecto a resaltar de estas zonas, es que los deslizamientos se pueden iniciar claramente en aquellas zonas de cambios de pendiente, asociadas a fallas geológicas o a coronas de antiguos frentes de explotación, donde los materiales están desconfiados.

Diseños detallados, presupuestos y especificaciones Técnicas para la construcción de las obras de mitigación de riesgos requeridos en el sector Altos de la Estancia de la Localidad Ciudad Bolívar en la Ciudad de Bogotá – Informe Final. Consorcio Altos de la Estancia. Consultoría 410, 2007

La cartografía geológica del estudio (Ilustración 2-1) del Cerro Alto de la Estancia muestra una secuencia de unidades litoestratigráficas del cretáceo al terciario cubierta parcial y discordantemente por materiales y depósitos cuaternarios de diferente origen. Esta secuencia se presenta en franjas orientadas en dirección NW-SE. Desde la base en la parte sur del área afloran rocas del cretáceo de la formación Guadalupe y sus miembros Plaeners (Ksgp), Labor (Ksgl) y Arenisca Tierna (Ksgt) en contactos normales. Sobre esta secuencia se presentan las rocas de la formación Guaduas de edad terciario - cretáceo subdividida en tres unidades inferior (Tkgi), medio (Tkgm) y superior (Tkgs). Los materiales semiconsolidados que se presentan en la planicie de la Sabana de Bogotá corresponden a la Formación Tiltatá de edad Terciario.

Los depósitos cuaternarios más importantes en el Cerro Altos de la Estancia corresponden a depósitos de ladera como coluviones y derrubios (Qd), depósitos fluviolacustres asociados a la zona de depresión morfológica del embalse de Terreros (Qfl), un depósito remanente de origen fluvio-glaciar (Qfg), localizado en la ladera nororiental del cerro en inmediaciones de Sierra Morena y materiales depositados por corrientes aluviales superficiales y humedales (Qah). Localmente se identifican materiales de rellenos y botaderos de escombros antrópicos (Qb). Igualmente la dinámica de las laderas por procesos de remoción en masa ha originado depósitos de deslizamientos en los que se encuentran El espino y La Carbonera.

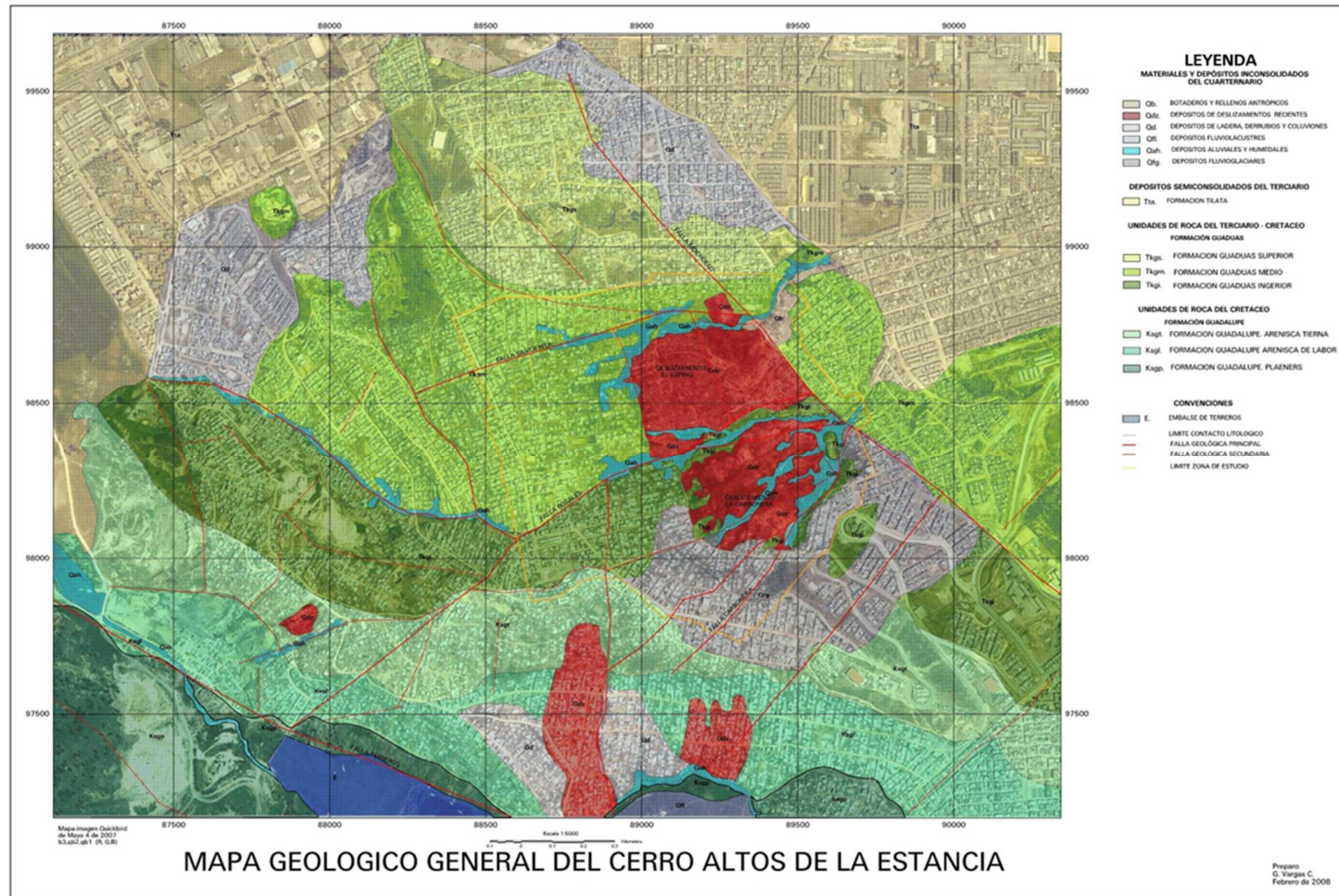


Ilustración 2-1 Mapa Geología Regional Cerro Altos de la Estancia, esc 1:5000. Tomado de Consorcio Altos de la Estancia (2007)

Como estructuras geológicas se destaca la presencia de dos sistemas de fallas: uno principal de dirección NW-SE en las que se encuentran el sistema de fallas de Mochuelo y al NE y Terreros al SW. El otro sistema de fallas se presenta en dirección NE en el cual se destacan las fallas de Santa Rita, Rosales y Carbonera.

Teniendo en cuenta el modelo de evolución geológica del Cerro Altos de la Estancia (ver informe de Georiesgos, 2004, Ver Ilustración 2-2). Esta geoforma es producto de procesos tectónicos y corresponde a un bloque levantado entre la depresión de Terreros por la falla de igual nombre y la zona hundida de la Sabana por la Falla de Mochuelo. Entre estos dos sistemas de dirección NW-SE se presentan los dos sistemas de fallas de Terreros al sur y Mochuelo al norte.

Posteriormente a este evento se desarrollaron sistemas de fallas transversales principalmente con componente normal y de rumbo con direcciones SW-NE, en las que se encuentran las fallas de Rosales y Carbonera entre otras (Ilustración 2-3).

De la interpretación y cartografía de las estructuras geológicas asociadas a fallas en el área del Cerro Altos de la Estancia, se puede establecer el control estructural del Cerro por las fallas de Terreros y Mochuelo hacia sus extremos sur y norte los desplazamientos laterales que sufre el cerros y sus rocas por la presencia de fallas normales y de rumbo perpendicularmente a estos dos primeros sistemas.

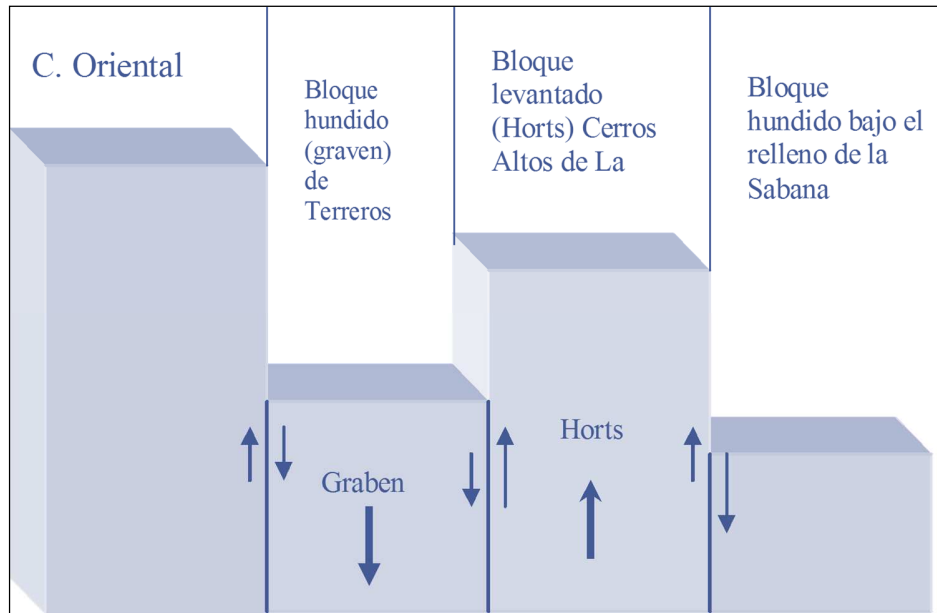


Ilustración 2-2 Diagrama evolución geológica del cerro Altos de la Estancia. Tomado de Georiesgos 2004

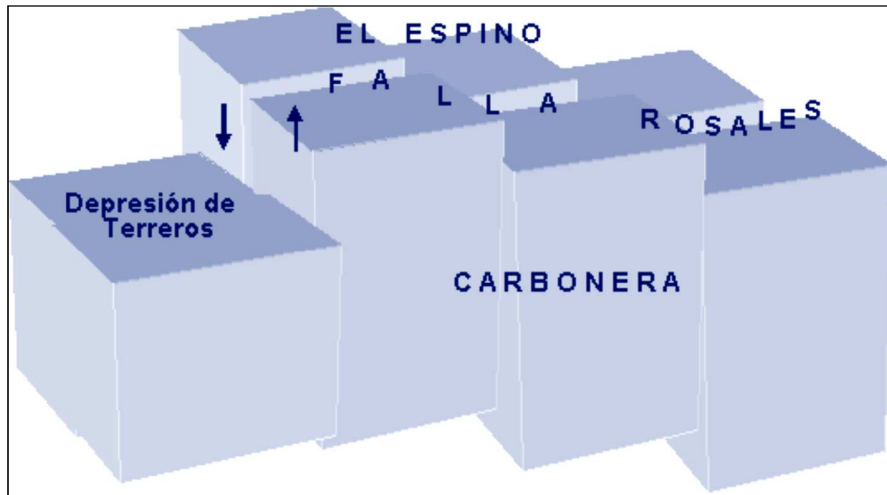


Ilustración 2-3 Diagrama del modelo de la falla transversal de Rosales. Tomado de Georiesgos 2004.

Estudio de Riesgo y Diseño de medidas de Mitigación en el Sector Altos de La Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar, D.C. INGENIERÍA Y GEORIESGOS IGR LTDA 2004

En la interpretación estructural de la zona se determinaron tres sistemas principales: El primero y más antiguo se presenta en dirección N60 a 70W que corresponde a un sistema de estructuras paralelas del sistema de Fallas de Terreros. El segundo sistema corresponde a estructuras de dirección N45W. El tercer sistema (N45E) se presenta en sentido perpendicular al segundo sistema y corresponde a falla más recientes de tipo normal y componente de rumbo. A este sistema se asoció la falla de Rosales.

La identificación de capas estructurales, su dirección, inclinación y asociación a pliegues semiregionales indican una dirección preferencial de los estratos Al sur del sistema de Terreros y en dirección N10W a N10E y la formación de pliegues sinclinales y anticlinales estrechos y con control estructural. Por el contrario al norte del Sistema de Terreros las capas se orientan en dirección casi perpendicular a esta anterior y muestran una tendencia a EW e inclinadas hacia el norte con bajo ángulo (10 – 30 grados).

Al sur de Terreros la estructura semiregional más destacable corresponde a la prolongación norte flanco W del sinclinal de Usme con la particularidad que este presenta un buzamiento preferencial hacia N40-48E (distinto de la tendencia general de este flanco que más al sur buza en dirección N70-80E de modo que no es en términos estrictos parte del flanco del sinclinal) y según uno de los informes de INGEOMINAS corresponde al cierre norte del Anticlinal de Mochuelo descrito por Julivert (1963).

Se presentan estructuras menores y se pueden encontrar pliegues de menor longitud de onda debido en parte a las características reológicas de las unidades expuestas en superficie.

En torno al área de estudio en el extremo norte y nor-occidente se ve expuesta la Formación Arenisca Tierna con un espesor que bien puede superar los 50 m donde se han ubicado o aún existen canteras para la explotación de materiales. Este estrato se comporta de manera rígida y en muchos casos se encuentra muy fracturado de modo que zonas identificadas con lineamientos semiregionales corresponden a zonas donde es más intenso el fracturamiento y donde los procesos erosivos se hacen más intensos. Observaciones más locales de los sitios de exposición evidenciaron la presencia de fallas normales paralelas, de poco desplazamiento vertical que forman movimientos estructurales secuenciales en escalón.

Este estudio no solamente ha permitido la integración de un gran volumen de información geológica existente de estudios anteriores, sino la generación de nuevo conocimiento de la geología local, semiregional y regional, estableciendo un modelo geológico apoyado en el uso de tecnología de punta con imágenes de satélite de diferentes tipos óptico y radar con resoluciones espaciales para análisis regionales, semiregionales y locales, entre 1 y 30 metros, sondeos geofísicos de refracción y reflexión sísmica

Se resalta la independencia geológica-estructural determinada por el Cerro Altos de la Estancia, respecto al sistema NE traído de la cordillera Oriental. En él se presenta una orientación general Este - Oeste y está separado al sur por la depresión tectónica asociada al sistema de fallas de Terreros y al norte por el sistema de Fallas de Mochuelo, ambos correspondientes a sistemas de dirección NW. Perpendicularmente a estos sistemas de fallas se presenta en la zona de estudio un sistema de fallas más reciente denominadas Santa Rita, Rosales y Carbonera, orientadas en dirección NE entre los 45 y 85 grados. Estas fallas presentan movimientos normales e inversos. Análisis de estrías de falla evidencian también pulsos de movimientos en sentido de rumbo sinistral (Rosales) y dextral (Carbonera).

Litoestratigráficamente en la zona de estudio se presentan dos unidades de roca de tipo sedimentario clástico conformando las Formaciones Guadalupe de edad Cretáceo superior con su unidad Arenisca Tierna y la Formación Guaduas de edad Cretáceo – Terciario y de composición predominantemente arcillosa y en menor proporción arenosa.

El estudio y análisis litoestratigráfico del subsuelo permito establecer que a partir del trazo de la falla de Los Rosales ubicada en la parte central se presentan en el área de interés, dos bloques tectónicos, uno hundido que corresponden a la zona de El Espino permitiendo aflorar una secuencia predominantemente arenosa de la parte media de la Formación Guaduas (Segmentos 3, 4 y 5) y otro bloque levantado que corresponde a la zona de la Carbonera y en donde subyacen bajo los depósitos cuaternarios una secuencia predominantemente arcillosas de la Formación Guaduas.

Otros sistemas de fallas menores y posteriores a este último, se presentan en dirección NW como las fallas denominadas El Espino, Sierra Morena y el Morro, los cuales forman bloques menores.

Otra característica estructural importante del área es la dirección de la estratificación de las rocas en el mismo sentido y similar ángulo de la pendiente topográfica (15-25°) y la presencia de fracturas y fallas menores normales y perpendiculares a la dirección de los estratos formando geoestructuras en forma escalonada.

En conclusión el componente geológico estructural influye en gran proporción en la inestabilidad del área, particularmente por la presencia de fallas que producto del movimiento relativo a través de sus planos de fallas han producido una zona de bloques tectónicos con movimientos diferenciales y efectos sobre las rocas afectadas de composición arcillosa y arenosa, ocasionando una moderada a alta meteorización, fracturadas a cizalladas y con direcciones de estratificación paralelas a la pendiente. Por otra parte la presencia de diferentes tipos de materiales depósitos inconsolidados, particularmente en la zona de la Carbonera evidencia una alta dinámica de estas laderas durante el Cuaternario.

Estudio de evaluación de amenazas por deslizamiento de los barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá. Convenio 076/2002 INGEOMINAS

La zona El Espino y Cerros del Diamante está conformada por rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Guaduas, compuesta por intercalaciones de arenisca y arcillolita, inclinadas en la misma dirección de la pendiente y afectadas por fallamiento.

Estructuralmente esta zona se caracteriza por la presencia de fallas principales de dirección N 80° a E-W que atraviesan el sector, las cuales controlan los cauces de las quebradas Santa Rita y Santo Domingo y delimitan el deslizamiento. También se presenta fallas de rumbo, posiblemente dextrales, con dirección NNW.

El deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante corresponde a un movimiento de tipo traslacional retrogresivo con una dirección que varía entre 30 y 40° e involucró aproximadamente 1.750.000 m³ de areniscas muy fracturadas con intercalaciones de arcillolitas, y algunos suelos residuales que los sobreyacen. Presento un escarpe de aproximadamente 450 m de longitud y altura entre 8 y 10 m. Su desplazamiento horizontal ha sido de 20 a 30 m entre mayo de 2002 y marzo de 2003. Se presentaron levantamientos del orden de 7 a 8 m en el sector del barrio San Rafael y en los alrededores de la quebrada Santa Rita.

Sobre el perfil considerado como el eje longitudinal del desplazamiento se analizaron tres (03) etapas de desarrollo del movimiento, donde se identificaron tres (03) bloques de material deslizado – Bloque A, B y C. Ver Ilustración 2-4



Ilustración 2-4 Modelamiento del deslizamiento de los diferentes bloques.

El bloque A fue generado por actividad minera a cielo abierto. En la Ilustración 2-5 se puede apreciar el esquema de un terreno que es desestabilizado al realizar excavación en la base del talud.

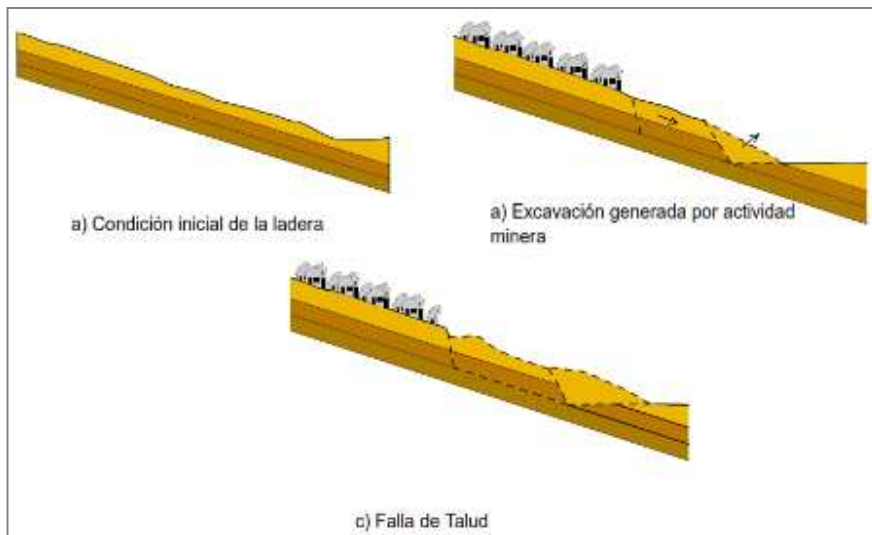


Ilustración 2-5 Inestabilización de un talud por actividad minera

En la Ilustración 2-6 se observa el diagrama de cuerpo libre, haciendo énfasis en las diferentes fuerzas que actúan sobre la cuña.

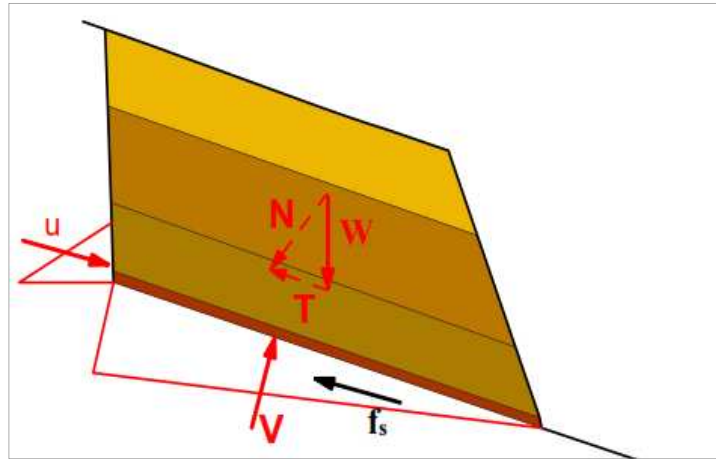


Ilustración 2-6 Diagrama de cuerpo libre del bloque fallado

Estudio geotécnico, evaluación de alternativas de medidas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar la zona comprendida entre las quebradas Santo Domingo y Santa Rita, Barrio El Espino. Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. 1999

Este estudio tuvo como objeto caracterizar la zona desde el punto de vista geológico, geotécnico, hidrológico y poblacional además de realizar el seguimiento a la evolución de los fenómenos, en especial el avance retrogresivo principal, evaluando de manera objetiva las condiciones de exposición de los habitantes y de sus bienes a los distintos fenómenos latentes de remoción en masa en la zona y brindarle las herramientas necesarias al Distrito para la toma de decisiones referentes a las medidas, acciones de reducción de la vulnerabilidad y obras de mitigación de la amenaza.

Estratigráficamente el terreno de la Cantera El Espino y el área aledaña hacia el suroccidente, están ubicadas sobre rocas sedimentarias, preferencialmente areniscas, pertenecientes al grupo Arenisca La Guía, de la formación Guaduas; hacia el norte, noreste y sur; en contacto fallado con estas areniscas se encuentran secuencias potentes de arcillolitas con cintas de carbón y areniscas con intercalaciones de arcillolitas, de esta misma formación. Estas rocas están cubiertas por depósitos recientes. En la Ilustración 2-7 se presenta el modelo geológico regional validado.

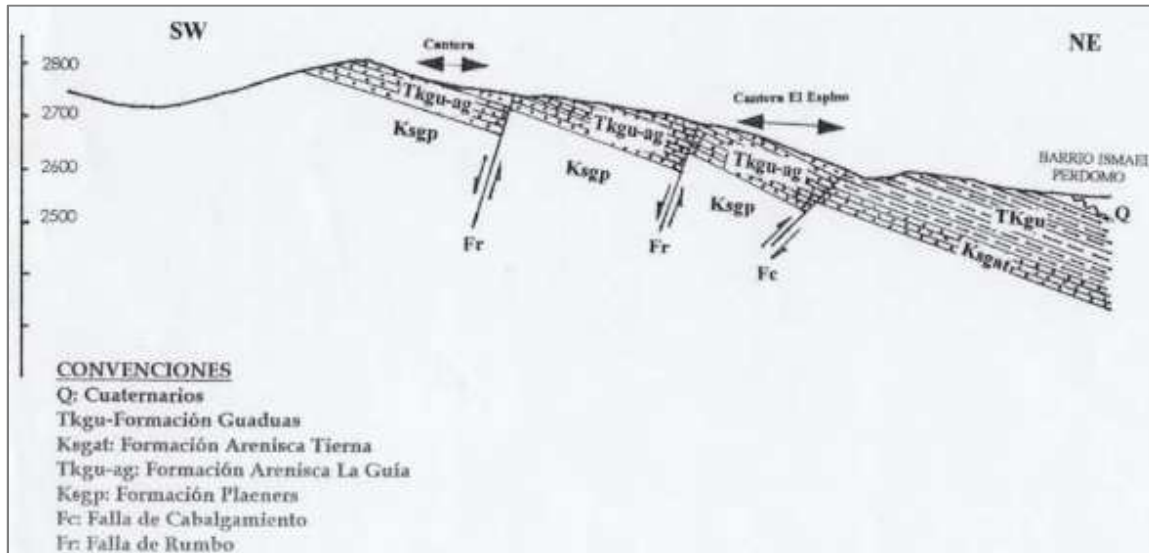


Ilustración 2-7 Perfil Geológico Regional El Espino Esc 1:10000. Tomado de INGEOMINAS, 1999

En este trabajo se identificaron ocho (8) fuentes de amenaza mediante levantamientos geológicos, dentro de los cuales se encontraron siete (7) procesos activos; los cuales fueron clasificados teniendo en cuenta el volumen de material inestable y la cercanía a las viviendas.

En la parte alta del antiguo frente de explotación se describió un movimiento traslacional producido por el movimiento de las aguas servidas de los barrios de la parte superior de la ladera. El movimiento, además de tener carácter traslacional era retrogresivo, ya que afectó un área mayor atrás del escarpe de falla. Desde el punto de vista geotécnico, la inestabilidad se debió al corte de los estratos de arcillolita caolinítica que afloran en el sitio, y que están intercalados con diferentes niveles de arenisca, las cuales a su vez presentan distintas características de resistencia y pertenecen al grupo Arenisca La Guía; en algunos estratos de ambos tipos de roca hay estratificación laminar.

Los materiales que conformaron el cuerpo del deslizamiento fueron clasificados en dos grandes grupos: uno, el más superficial, es una capa de suelo (suelo orgánico y arena con bloques meteorizados) de espesor aproximado de 2.0 m; en el segundo grupo, por debajo del anteriormente mencionado, está la serie de intercalaciones de arcillolitas caoliníticas con areniscas, que ya se ha descrito. Estos materiales sobreyacen en un estrato potente de arenisca de grano fino que presenta una pendiente estructural cercana a los 25° que favorece el movimiento del deslizamiento, por lo que se consideró necesario obtener muestras de la roca en el contacto entre la arenisca y la masa en movimiento, con el propósito de establecer pesos unitarios y propiedades de resistencia al corte, entre otros. La roca involucrada en el contacto es, además de la arenisca, un estrato de arcillolita

caolínica gris de un espesor promedio de 1.20 m, el cual presenta estratificación laminar y en el frente de explotación se muestra comprimido.

En cuanto a las características in situ del macizo rocoso, se observó en el material que ha sido objeto de explotación un nivel de fracturamiento elevado, facilitando su extracción manual en forma de bloques. Cada una de las formaciones geológicas que aflora en el sitio presenta un comportamiento diferente con respecto a la acción de las fallas geológicas.

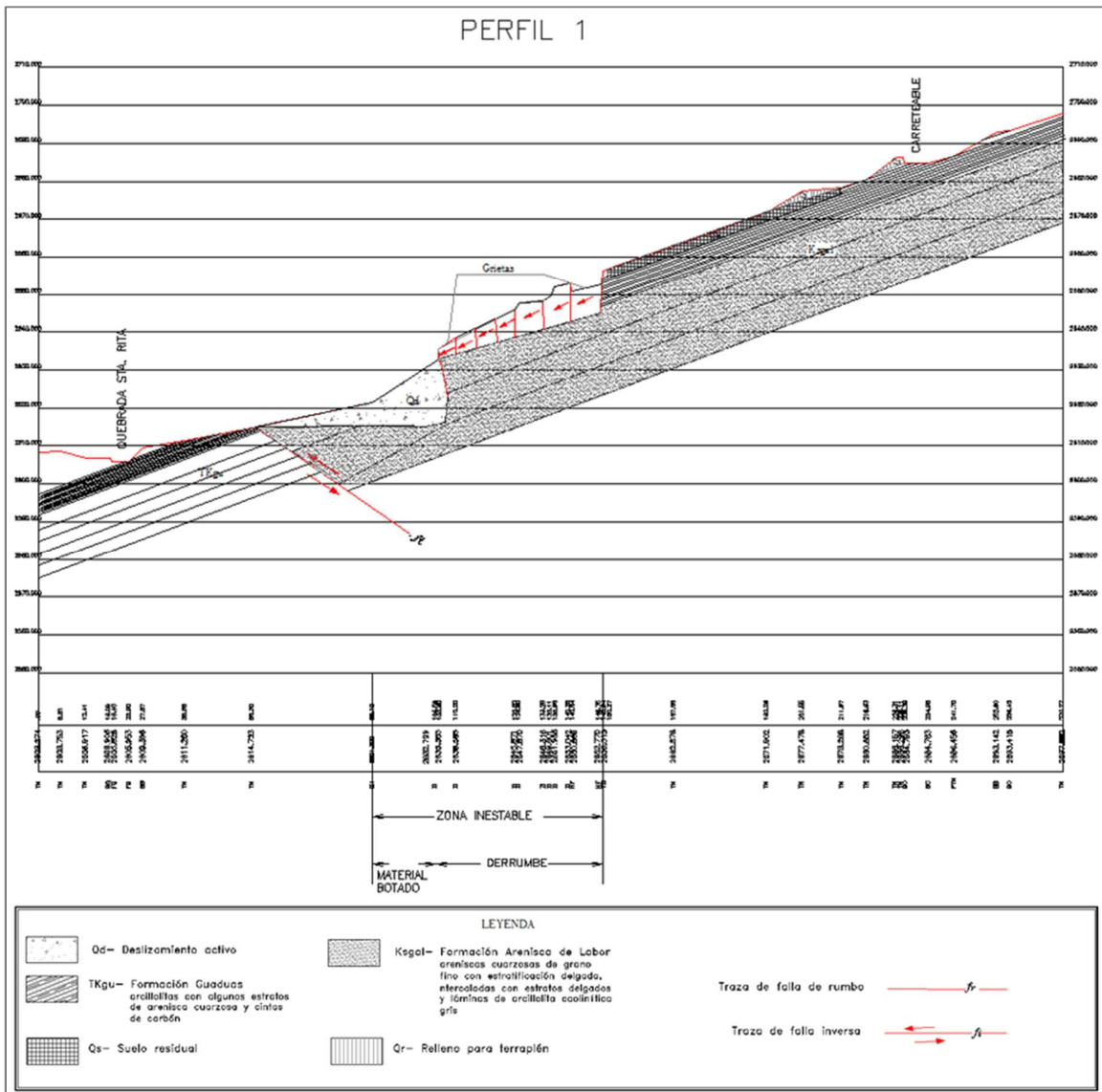


Ilustración 2-8 Perfil Geológico geotécnico | Barrio El Espino, Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. 1999

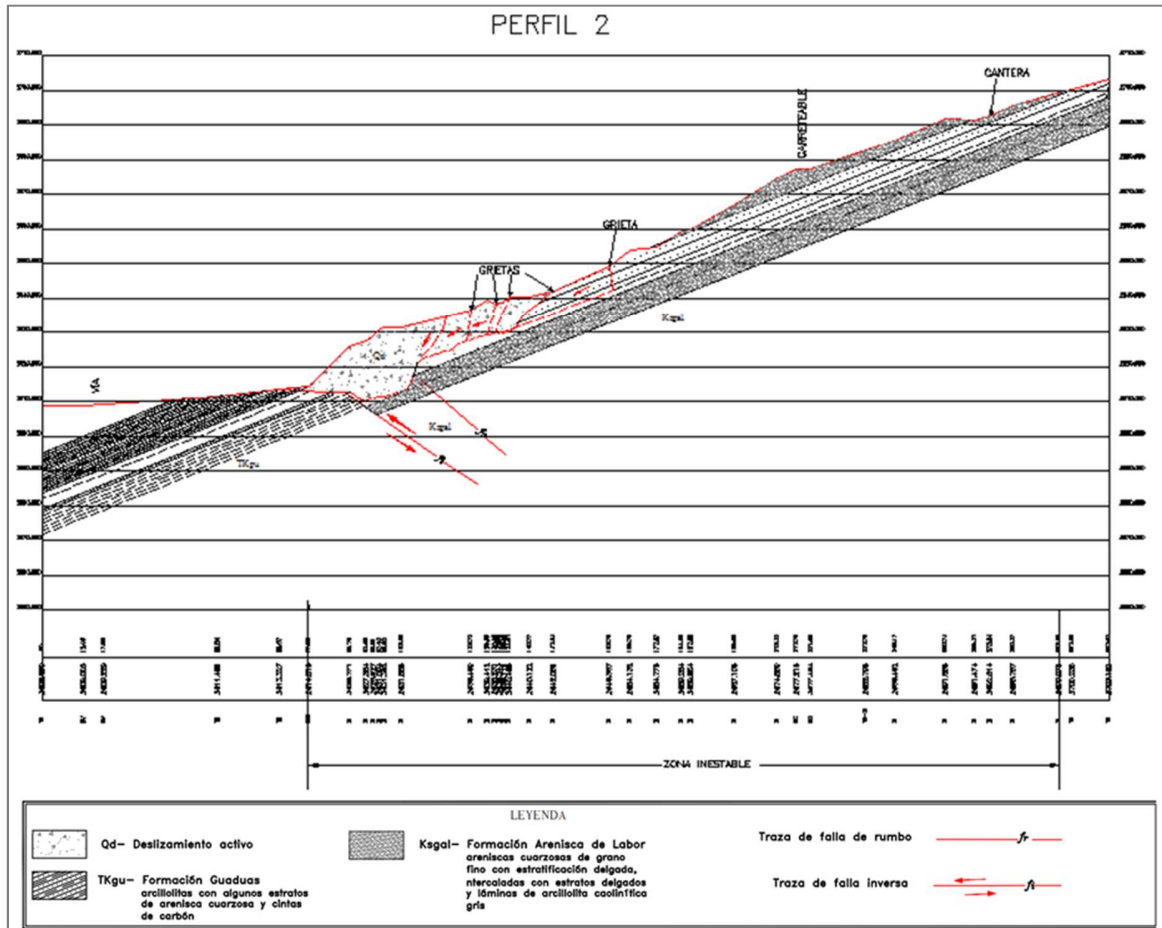


Ilustración 2-9 Perfil geológico geotécnico 2 Barrio El Espino, Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. 1999

En general, y para cada uno de los frentes de explotación que existen en la zona de estudio, se observó la generación de bloques de diferente tamaño, definidos por familias de discontinuidades aproximadamente verticales y horizontales, cuya génesis se asocia a la presencia de fallas geológicas y a una fuerte actividad minera. En las fuentes de explotación de la cantera Santa Rita, cantera sur y antigua explotación de la parte suroccidental alta, además de los problemas de remoción en masa a lo largo de la pendiente estructural, se encontraron evidencias de caída y volcamiento de bloques, con movimiento preferencial hacia el este.

Diseño, instalación y monitoreo de instrumentación para zonas inestables en El Espino – Ciudad Bolívar. Geotecnia y Cimentaciones. 2001

En términos generales la metodología de este trabajo consistió en un procedimiento en campo de toma de lecturas periódicas de la instrumentación instalada y calibrada, de donde se obtuvo información directa sin ser manipulada por el operador. Dentro de los

instrumentos para medición se emplearon dos (02) piezómetros, cuatro (04) inclinómetros, treinta tres (33) mojones, tres (03) BM's y cuarenta (40) niveletas.

Teniendo en cuenta la zonificación específica para las fuentes de amenaza que planteó el estudio geotécnico y las condiciones observadas en campo, la instrumentación se orientó a monitorear las laderas y en especial las fallas locales.

En los aspectos geológicos locales a resaltar del estudio, se encontró que la zona está conformada por depósitos y afloramientos observados en campo, tanto a nivel superficial, como en aquellos estratos subyacentes descubiertos por los escarpes. Estas unidades geológicas fueron agrupadas en dos conjuntos:

- a) Rocas sedimentarias: Las rocas que afloran pertenecen a la formación la guía, que hace parte del grupo de Guaduas, compuesta por intercalaciones de estratos delgados y láminas de arenisca y arcillolitas grises.
- b) Depósitos recientes. Compuestos por suelos residuales, masas deslizadas, flujos de detritos, botadero de escombros y rellenos para terraplén.

Estructuralmente el área se caracteriza por estar ubicada sobre una estructura monoclinal, aparentemente sencilla, que buza hacia el nororiente con inclinación inferior a 25°. Sin embargo, está afectada por tres clases de fallas: Inversa, de tendencia gravitacional y de rumbo.

En el modelo de estabilidad general, se estableció con base al ángulo de fricción de los materiales ensayados; que el factor que prima es la cohesión, lo cual representa un índice de estabilidad favorable, teniendo en cuenta el volumen de material granular involucrado en los procesos de amenaza. De acuerdo con los análisis se encontró que el mecanismo de falla que afecta a todas las zonas de amenaza es de tipo planar infinito (donde la longitud de falla es mucho mayor que el espesor de la masa inestable). También destaca el volcamiento y caída de bloques; y el deslizamiento rotacional.

Estudio geotécnico, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar la cuenca de la quebrada La Carbonera en la Localidad de Ciudad Bolívar. INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA. Contrato de Consultoría G-800-101/98

En el sector de la Carbonera se tienen registros de deslizamientos retrogresivos desde la década del 70, cuyas coronas se extienden desde la quebrada La Carbonera hasta la quebrada Rosales. Estos fenómenos se activaron debido a la explotación de canteras, las cuáles han estado en actividad por más de 30 años. Además de lo anterior la ocupación de las zonas en los alrededores de las canteras por viviendas con deficiencia en las redes de servicios públicos, incrementó la problemática que es común a la zona de El Espino y La Carbonera.

Según información obtenida a partir de fotografías aéreas, la zona de la carbonera se ha desarrollado sobre un deslizamiento antiguo cuya corona principal estaba bien definida.

Se asumió que la profundidad de plano de falla de este deslizamiento podría ser superior a los 25 metros, desde la superficie del terreno. Sin embargo hacia la parte media baja de esta zona se observaban escarpes asociados a fenómenos superficiales activos ya que se observan deformaciones en el terreno y pequeña coronas de deslizamiento que atraviesan la zona.

La ladera sobre la cual se localiza el sector de la Carbonera presenta hacia la parte más alta, en la divisoria de aguas, afloramientos de la formación Arenisca Tierna (Ksgt). En contacto normal se encuentra la formación Guaduas (KTg), la cual conforma una pendiente estructural en las intercalaciones de arenitas y arcillolitas de su conjunto inferior (KTgi), afectado por deslizamientos, surcos de erosión y cárcavas.

Por otra parte se observaba que las fallas de dirección noreste que provienen de la zona de El Espino pasan a través de La Carbonera, coincidiendo con las coronas del deslizamiento de la zona y con algunas coronas de antiguas canteras.

El barrio La Carbonera y los barrios aledaños se localizan en el cierre de un gran pliegue anticlinal llamado el anticlinal de Piedra Parada, el cual se extiende en dirección suroeste hacia la laguna de Los Colorados. En este estudio se definieron dos (02) lineamientos de fallas principales con evidencias de intenso diaclasamiento y alto grado de fracturación, observados en las laderas de las quebradas La Carbonera y Rosales, basados en los alineamientos interpretados en las fotografías aéreas y comprobadas en los reconocimientos de campo.

Estudio de riesgo por proceso de remoción en masa, diseño y presupuesto para las medidas de mitigación y estabilización de los taludes en los barrios Juan José Rondón - sector Alto de la Cruz y Peñón del Cortijo, de la Localidad de Ciudad Bolívar en la Ciudad de Bogotá, D.C. GEOICNG. Contrato de consultoría No CDC -104-2013

El estudio se concentró en la parte media-alta de los Cerros Sur Occidentales de la ciudad de Bogotá, donde afloran rocas continentales del Cretácico/ Terciario, pertenecientes a la formación Guaduas, conjunto Medio (K2E1gm).

Desde el punto de vista estructural el área se caracteriza por presentar procesos tectónicos propios de la evolución geológica de la cordillera Oriental, en la región de la Sabana de Bogotá. Entre las fallas regionales de mayor influencia sobre la zona, se encuentra la Falla de Mochuelo, de naturaleza inversa y rumbo NW-SE, cuyo trazo se sitúa aproximadamente a unos 800 m al noroeste del sitio de estudio.

Los materiales geológicos presentes en el sector fueron clasificados en unidad de suelo y unidad de roca (Ilustración 2-10). Los materiales clasificados como suelos se dividieron según su origen en: Depósitos de movimientos de remoción en masa recientes (Scor), materiales antrópicos (Sa) y Rellenos ingenieriles (RI). La unidad de roca, de acuerdo a sus características litológicas, dureza, grado de meteorización y fracturamiento, se clasificó en: Rocas blandas (Rb); con un GSI muy pobre (10-20%), rocas intermedias (Ri); con un GSI bueno (45-60%) y rocas duras (Rd); con un GSI en general muy bueno (65-90%).

LEYENDA GEOLOGICA			
UNIDAD GEOLOGICA BÁSICA	CLASE DE MATERIAL	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
Cuaternario	Depósitos de Deslizamientos Recientes		Materiales originados por procesos de inestabilidad recientes, color amarillo naranja, de baja a moderada magnitud, de composición arena limosa y de moderado espesor.
Cuaternario	Depósitos Antrópicos		Materiales procedentes de los escombros de algunas actividades urbanísticas de los alrededores del sitio; de composición heterogénea; debajo espesor, ubicados en sitios puntuales.
Cuaternario	Rellenos Ingenieriles		Materiales seleccionados y compactados, correspondientes a las capas de base y sub-base del desarrollo de las obras ingenieriles (vías, construcciones, etc); constituidos por gravas, arenas y limos, de espesor variado.
CRETÁCICO / Terciario, Formación Guaduas, Conjunto Medio (K2E1gm)	Rocas de Resistencia blanda		Corresponden a las (Rb), rocas blandas. Los niveles superiores de la taludes, constituidas por areniscas, color gris claro y amarillo naranja por meteorización, grano fino a medio, en estratos gruesos, meteorizadas y altamente fracturada o desintegradas, de aspecto brechoso, de resistencia blanda; con delgadas capas de arcillolitas gris violáceas.
CRETÁCICO / Terciario, Formación Guaduas, Conjunto Medio (K2E1gm)	Rocas de Resistencia Intermedia		Las Rocas intermedias (Ri), corresponden a la secuencia intermedia, de niveles de areniscas, color gris y amarillo por meteorización grano fino a medio; en estratos gruesos, poco meteorizadas, de moderada a altamente fracturadas, moderadamente meteorizadas; de resistencia media.
CRETÁCICO / Terciario, Formación Guaduas, Conjunto Medio (K2E1gm)	Rocas de Resistencia dura		Las Rocas duras (Rd), son la secuencia conformante de la parte inferior, resultante de actividades de explotación, constituida por niveles de areniscas, grises y amarillas, grano fino a medio, en estratos gruesos, poco fracturadas, y de resistencia dura.

Ilustración 2-10 Unidades geológicas superficiales. GEOICING (2013)

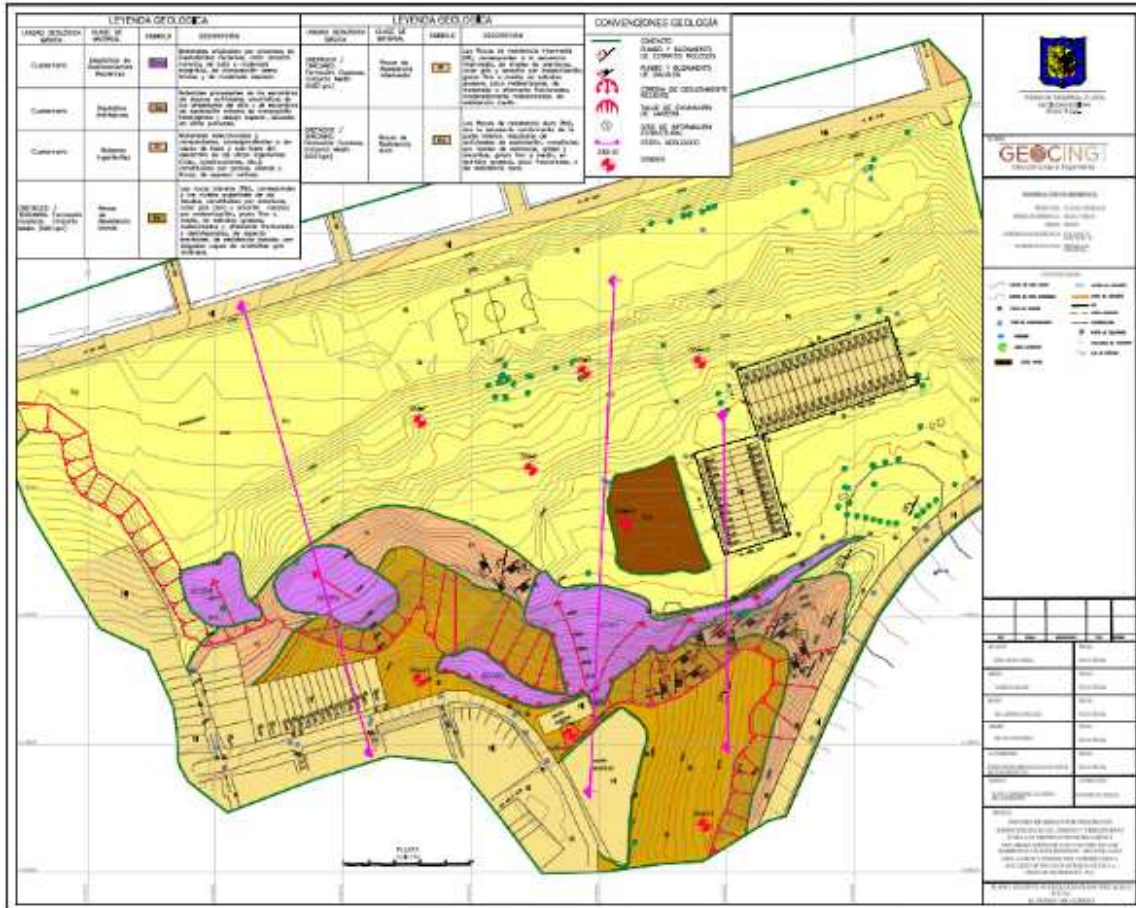
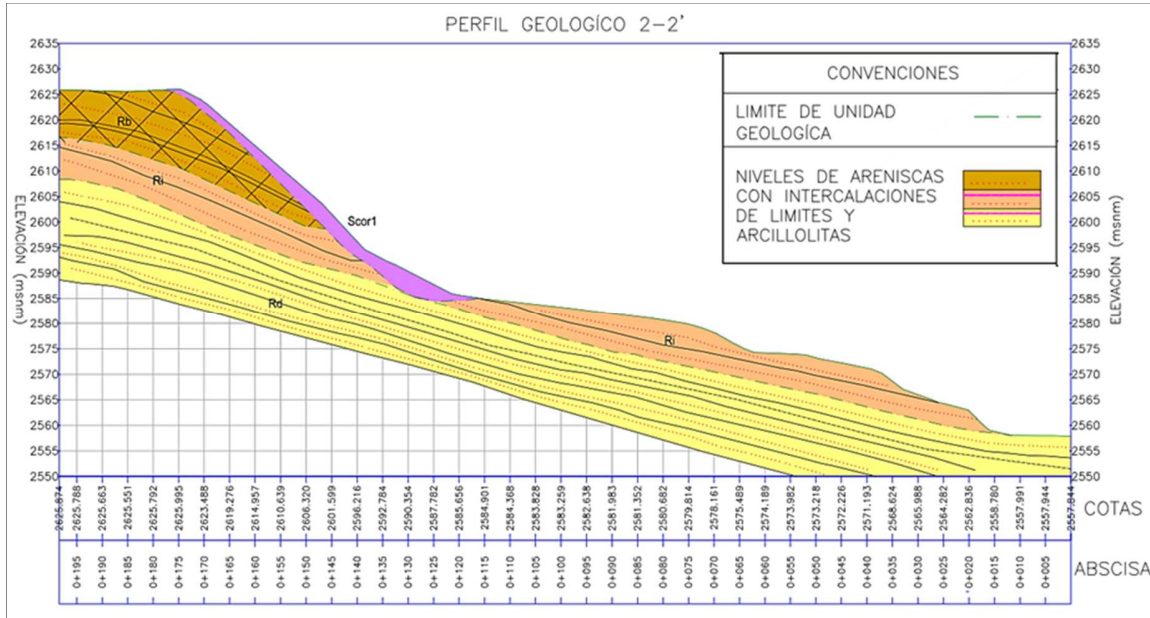


Ilustración 2-11 Geología local Peñón del Cortijo III Sector. GEOCING (2013)

En la Ilustración 2-12 se presenta el perfil 2, en cual se establece la relación de los niveles rocosos, posición estratigráfica y espesor de los materiales, y su correspondencia con los procesos de inestabilidad.



La información reportada en este estudio es en general consistente con los depósitos y afloramientos identificados en campo, tanto a nivel superficial como en aquellos estratos subyacentes identificados en la exploración del subsuelo.

GEOCING destaca que a nivel local, esta zona se encuentra ubicada en la parte inferior de los Cerros Sur-Occidentales de Bogotá, zona de intenso fracturamiento, donde predominan estructuras de fallamiento y en menor proporción de plegamiento. Igualmente a nivel local el macizo rocoso se encuentra influenciado por elementos estructurales menores, correspondientes a la estratificación y a las discontinuidades (diaclasas).

Estudios técnicos de recuperación y tratamiento del talud y las deficiencias del terreno en la urbanización “Peñón del Cortijo – Etapa VI”, Localidad Ciudad Bolívar. Universidad Nacional de Colombia, 2009

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la condición actual y futura de la estabilidad de las viviendas que conforman la manzana 3, 4 y 5, localizadas en una zona de amenaza Media-alta, por remoción en masa de acuerdo al Concepto Técnico CT-4369 de 2006.

Se menciona que el área Sur de la urbanización El Peñón del Cortijo – Etapa VI presenta rocas sedimentarias y suelos transportados de composición heterogénea. Se destaca el relleno antrópico sobre el que fue construida la urbanización.

La caracterización del macizo rocoso permitió concluir que este se encuentra afectado por cuatro familias principales de discontinuidades: estratificación y tres familias de diaclasas. Localmente las rocas tienen fracturamiento importante. La familia de discontinuidades D2 (161/72) facilita el desprendimiento de bloques por volteo.

Los procesos denudativos y constructivos de origen antrópico, por actividad minera poco técnica, han generado dificultades por procesos de remoción en masa en el escarpe, y asentamientos diferenciales en los rellenos sobre los que se construyó esta urbanización, siendo muy acentuados los de la planicie de la cota 2606 msnm.

El modelo geológico definido en este estudio con sus respectivos perfiles (orientación NW-SE) se presentan en la Ilustración 2-13 e Ilustración 2-14. Para este modelo se delimitó la extensión superficial de las siguientes unidades litológicas: Secuencia parcial de la Formación Guaduas (K2E1g), y depósitos recientes de origen Fluvio-glacial (Qgl); además, depósitos de origen antrópico, rellenos (Qra) y depósitos resultantes de procesos de remoción en masa, flujos de detritos (Qfd) y coluviones (Qco).



Ilustración 2-13 Mapa de Unidades geológicas superficiales. Universidad Nacional de Colombia (2009)

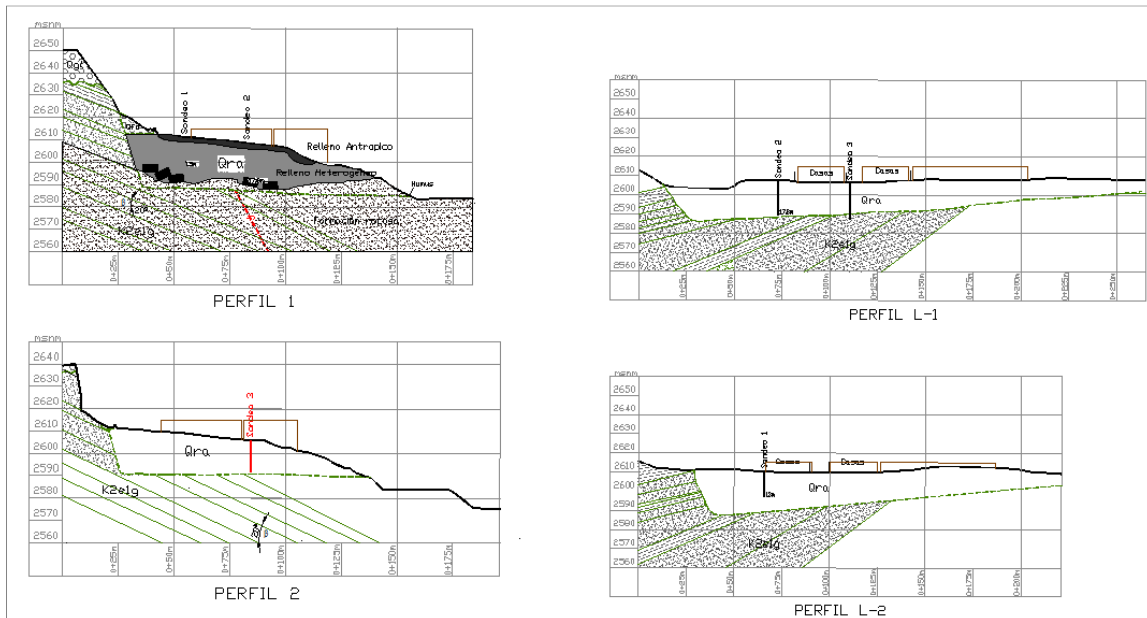


Ilustración 2-14 Perfiles geológicos geotécnicos. Universidad Nacional de Colombia (2009)

2.2 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

La Formación Guaduas, compuesta por arcillolitas, areniscas y mantos de carbón, en líneas generales es una unidad confinante. Sin embargo, las areniscas y mantos de carbón son acuíferos, como se ha podido comprobar en las minas subterráneas y en el pozo Chambourcy-1 (Facatativá), el cual produce 10 lps de una arenisca fracturada con una transmisividad de 4.4 m²/d (Fandiño, E., 1975).

Angel E. et al (1988) agrupa las unidades de la Formación Arenisca Tierna y conjunto medio de la formación Guaduas por tener características granulométricas y composicionales semejantes, ambas pueden tener porosidad primaria por su carácter friable y regionalmente en zonas donde se encuentra ambas puede considerarse como un sólo sistema acuífero, debido a que sólo las separan 20 m de arcillolitas del Conjunto Inferior del Guaduas¹. Ya sea en conjunto o aisladas se consideran como acuíferos y aún más en zonas con alto grado de fracturamiento.

2.3 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

A continuación, se describe la información de estudios anteriores analizada, los trabajos realizados y sus resultados.

2.3.1 Investigación del subsuelo de estudios anteriores

Se realizó la recolección de información geotécnica de los estudios anteriores del peñón del cortijo Etapa IV y III Sector, los cuales fueron cubiertos por los siguientes estudios:

- UNAL (2009) Estudios técnicos de recuperación y tratamiento del talud y las deficiencias del terreno en la urbanización “Peñón del Cortijo Etapa IV”, Localidad Ciudad Bolívar; solicitado por la Subsecretaría de Inspección, Vigilancia y Control de la Secretaría Distrital de Hábitat.
- GEOCING (2014) Estudio de riesgo por proceso de remoción en masa, diseño y presupuesto para las medidas de mitigación y estabilización de los taludes en los barrios Juan José Rondón – Sector Alto de la Cruz y Peñón del Cortijo, en la localidad de Ciudad Bolívar; con supervisión del Fondo de Desarrollo Local de Ciudad Bolívar CDC 184-2013.

Se encontró información de exploración directa e indirecta como se muestra a continuación.

¹ Angel E. et al., (1988). Estudio Hidrogeológico de las zonas de Soacha y Ciudad Bolívar.

2.3.1.1 Exploración UNAL 2009

En este estudio se realizaron tres (3) sondeos mecánicos con profundidades entre los 13.1 y 17.8 metros distribuidos en las manzanas 4 y 5 (urbanización), cinco (5) apiques con profundidades entre 0.6 y 2 metros. 3 sondeos eléctricos verticales SEV que cubren profundidades hasta 25 m y 3 líneas de refracción tipo ReMi.

De esta exploración se extrajeron los reportes de los sondeos y SEV que se incluían en el cuerpo del informe, ya que la demás información se reportaba en los anexos los cuales no fueron suministrados. La distribución de dicha exploración se presenta en la Ilustración 2-15 y **Anexo B1** y en la Ilustración 2-16 se presenta un resumen de la misma, aclarando que no se realizó reinterpretación de los datos dado que no existían los soportes suficientes.

Las características de los materiales fueron recopiladas en una base de datos geotécnica que se incluye en el **Anexo B2**.

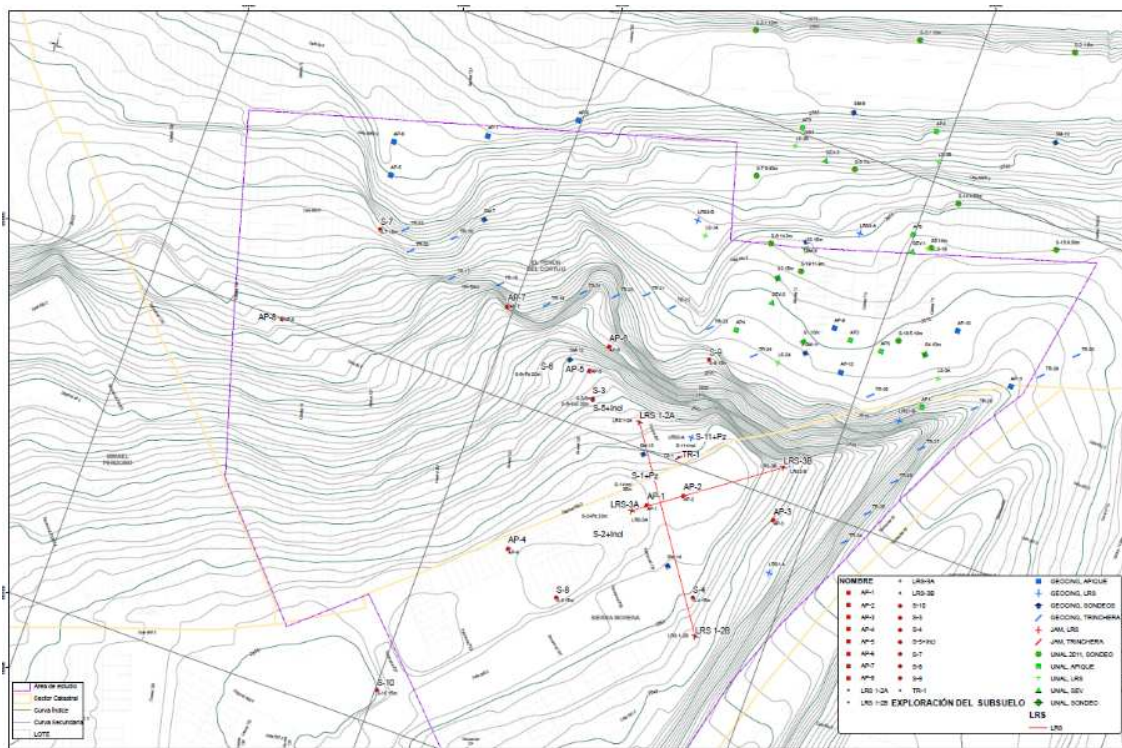


Ilustración 2-15 Localización exploración Información secundaria (Anexo B1)

Ilustración 2-16 Resumen exploración estudio UNAL (2009)

m	UNAL SEV-1	UNAL SEV-2	UNAL SEV-3	UNAL S-1	UNAL S-2	UNAL S-3
0.5			Relleno			
1						
1.5			Areniscas amarillentas fracturadas secas, de la formación Guaduas			
2						
2.5						
3	Relleno de bloques y gravas angulosas					
3.5	soportadas en matriz limo arenosa					
4	parcialmente saturada					
4.5		Relleno de bloques y gravas angulosas		Relleno de bloques y gravas angulosas		
5		soportadas en matriz limo arenosa		soportadas en matriz limo arenosa		
5.5		parcialmente saturada		parcialmente saturada		
6			Arcillolitas abigarradas de la formación Guaduas. Con niveles delgados areno-gravosos secos		Relleno de bloques y gravas angulosas	Relleno de bloques y gravas angulosas
6.5					soportadas en matriz limo arenosa	soportadas en matriz limo arenosa
7					parcialmente saturada	parcialmente saturada
7.5						
8						
8.5						
9						
9.5						
10						
10.5	Arcillolitas abigarradas de la formación Guaduas. Con niveles delgados areno-gravosos secos					
11						
11.5						
12						
12.5						
13						
13.5						
14						
14.5						
15						
15.5						
16						
16.5						
17						
17.5		Areniscas amarillentas fracturadas secas, de la formación Guaduas				
18			Areniscas amarillentas fracturadas secas, de la formación Guaduas			
18.5						
19	Areniscas amarillentas fracturadas secas, de la formación Guaduas					
19.5						
20						
20.5						
21						
21.5						
22						
22.5						
23						
23.5						
24						
24.5						
25						

Fuente: UNAL 2009

2.3.1.2 Exploración GEOCING 2014

En este estudio se reporta información de ocho (8) sondeos mecánicos de 10 a 11 metros de profundidad (Numerados SM-7 a SM-13), 20 trincheras, 8 apiques, 3 barrenos y dos líneas de refracción sísmica. La información analizada corresponde a los reportes de los sondeos mecánicos que contenían registro fotográfico, de los demás elementos no se encontró soporte.

Los sondeos están distribuidos tanto en la corona de talud como en la pata, de tal manera que otorgan información valiosa para el proyecto: se reinterpretaron a la luz de la información geológica y visitas a campo, con resultados que se presenta en la Ilustración 2-17.

Ilustración 2-17 Interpretación de exploración - sondeos elaborados por Geocing (2014)

m	GEOCING SM- 7	GEOCING SM- 8	GEOCING SM- 9	GEOCING SM- 10	GEOCING SM- 11	GEOCING SM- 12	GEOCING SM- 13	GEOCING SM- 14			
0.5											
1	Residual Limo arenoso con algo de gravas. N=18-25	Relleno Limo arenoso con algo de gravas, firme	Relleno Limo arenoso con fragmentos de Arenisca	Relleno Limo arenoso amarillo, firme (N=15- 37)	Limo arenoso amarillo con fragmentos de Arenisca, compacidad media	Relleno	Relleno	Relleno			
1.5						Arcilla café de baja humedad y consistencia	Residual Arena con	Residual Limo arenoso			
2											
2.5											
3	Roca altamente meteorizada: Limo arenoso con bloques n=27- R	Roca? arenisca amarilla y friable, rech	Residual Limo arenoso con fragmentos de Arenisca (N=4-23)	Residual: Limo arenoso amarillo, compacidad media (N=6-14)	Roca altamente meteorizada: Arena de grano fino con fragmentos de Arenisca (N=24-47)	Roca altamente meteorizada: Arcillolita café, recobro a 30 a 50 %	Arenisca moderadamente meteorizada, relleno de diaclasas en limo, recobro >50%	Arenisca moderadamente meteorizada, relleno de diaclasas en limo, recobro >50%			
3.5											
4											
4.5											
5	Roca moderadamente meteorizada: Arenisca amarilla (avance SPT N>45, No R)	Roca moderadamente meteorizada:	Roca altamente meteorizada: Limo arenoso	Roca altamente meteorizada: Limo arenoso	Roca moderadamente meteorizada: Arenisca amarilla, friable, recobro 50 a 60%	Roca moderadamente meteorizada: Arenisca amarilla, friable, recobro 50 a 60%	Arenisca moderadamente meteorizada, relleno de diaclasas en limo, recobro >50%	Arenisca moderadamente meteorizada, relleno de diaclasas en limo, recobro >50%			
5.5											
6											
6.5											
7											
7.5											
8											
8.5											
9											
9.5											
10											
10.5											
11											

Las características de los materiales fueron recopiladas en una base de datos geotécnica que se incluye en el **Anexo B2**

2.4 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

Para realizar la caracterización climática de la zona, se tiene en cuenta el estudio realizado para la Secretaría Distrital de Ambiente denominado “Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital” (Franco, 2013) y el publicado por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM denominado “Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo”; adicionalmente, se emplea el Atlas Climatológico del IDEAM.

En cuanto a la medición de parámetros hidrometeorológicos, se tienen los registros diarios y mensuales de dos estaciones, la primera de tipo pluviográfica (Casablanca) operada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB y la segunda de tipo pluviométrica (Sierra Morena) operada por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER, a partir de las cuales se puede describir el comportamiento de la precipitación.

También se realiza la solicitud a la EAAB para tener acceso a los coeficientes para construir las curvas IDF correspondientes a la coordenada del área de estudio.

2.4.1 Clima

Los mapas que se presentan a continuación se emplean para la caracterización hidroclimatológica del área de estudio y son los obtenidos del Atlas Interactivo del IDEAM y de los estudios mencionados previamente.

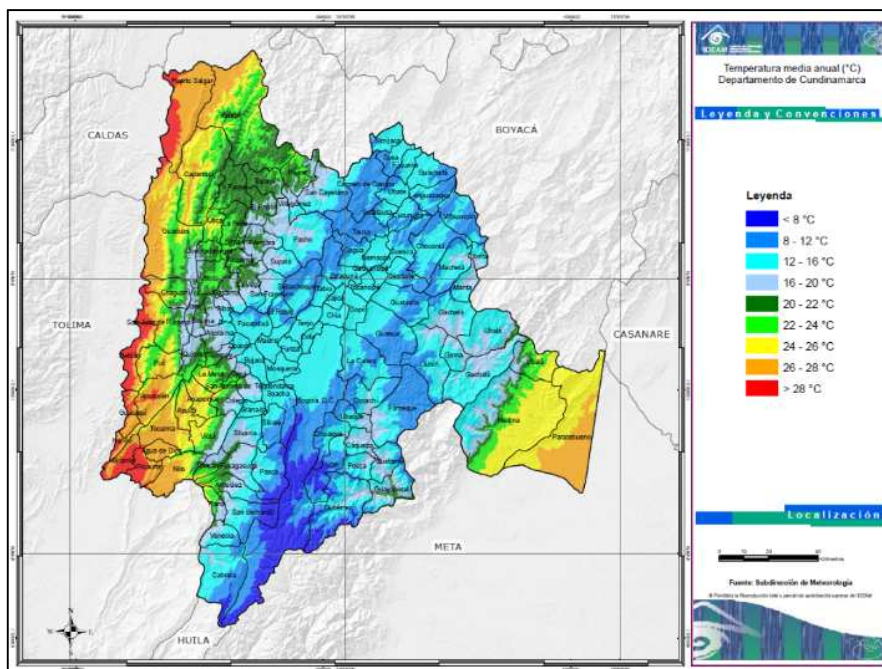


Ilustración 2-18 Temperatura media anual para el depto. de Cundinamarca
Fuente: IDEAM, 2015

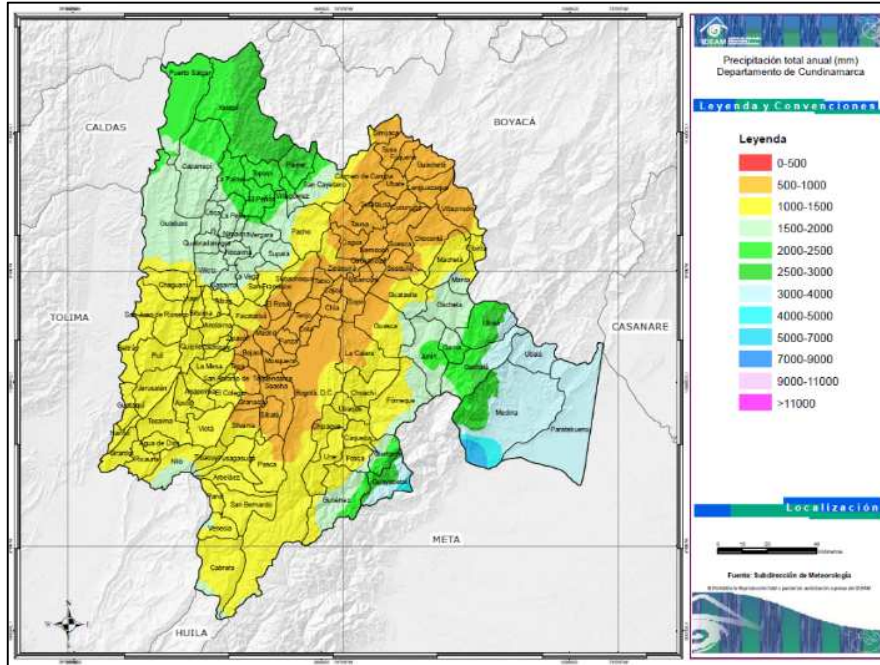


Ilustración 2-19 Precipitación total anual para el depto. de Cundinamarca
Fuente: IDEAM, 2015

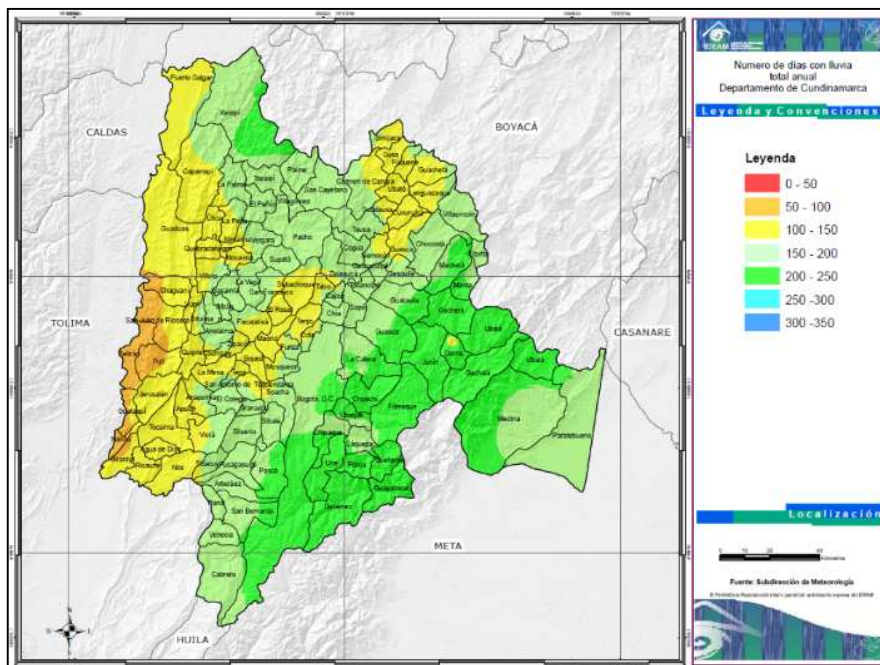


Ilustración 2-20 Número de días con lluvia para el depto. de Cundinamarca
Fuente: IDEAM, 2015

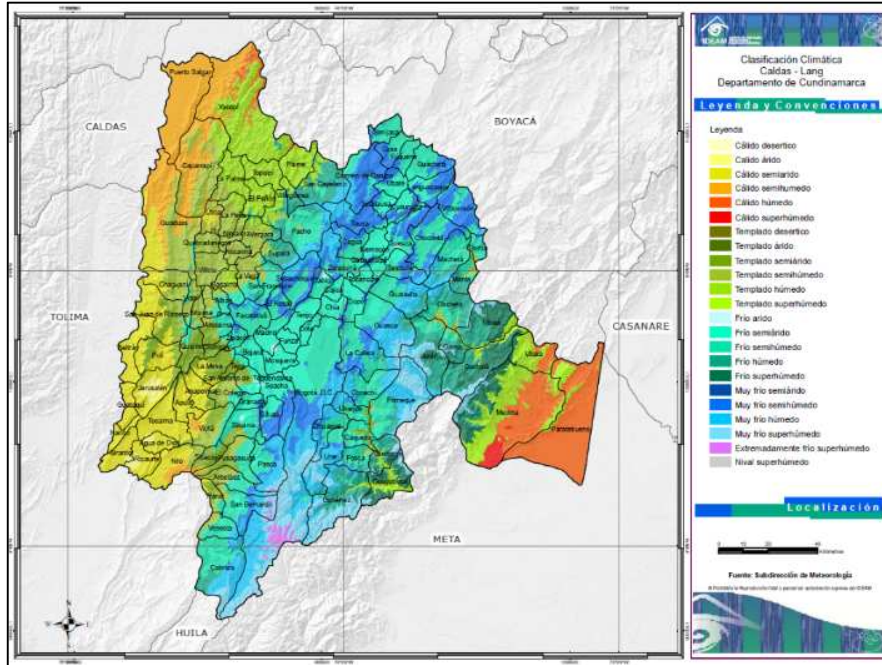


Ilustración 2-21 Clasificación climática para el depto. de Cundinamarca
Fuente: IDEAM, 2015

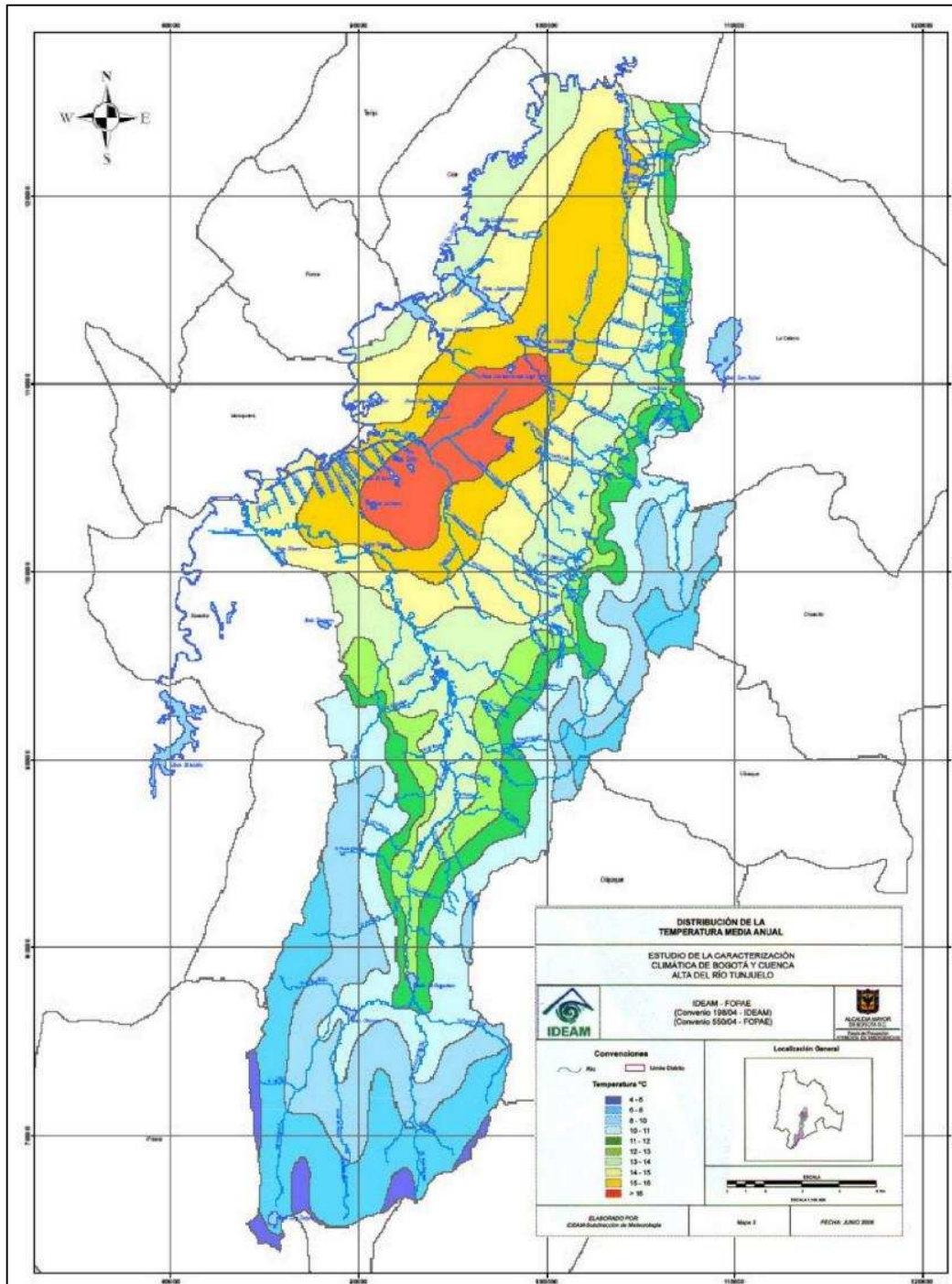


Ilustración 2-22 Temperatura media anual para Bogotá
Fuente: IDEAM

2.4.2 Estaciones

Los análisis de los eventos de precipitación se realizan con las estaciones presentadas en la Tabla 2-1, las cuales resultan ser las que se encuentran más cerca al área de estudio y son aquellas a las que se tiene acceso por parte de la consultoría (Ilustración 2-24).

Tabla 2-1 Estaciones Hidrometeorológicas.

Código	Entidad	Nombre	Estado	Tipo	Depto.	Municipio	Elevación(m)
2120197	EAAB	Casablanca	Activa	PG	Cundinamarca	Bogotá	2665
-	IDIGER	Sierra Morena	Activa	PM	Cundinamarca	Bogotá	2783

Fuente: JAM, 2018

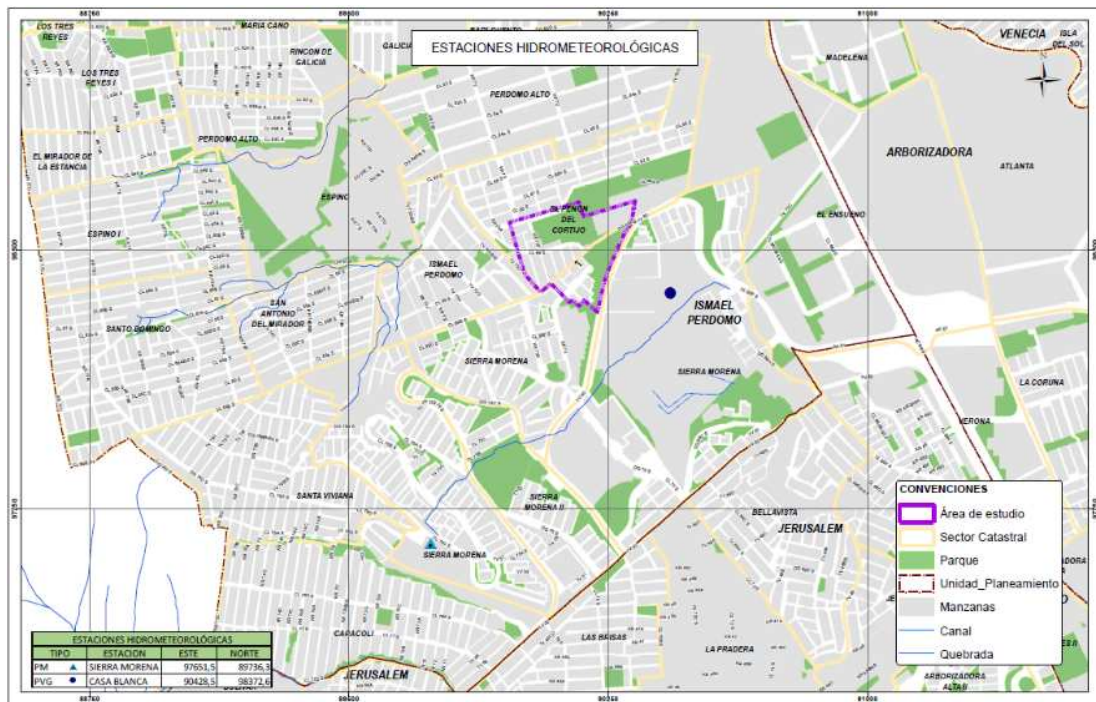
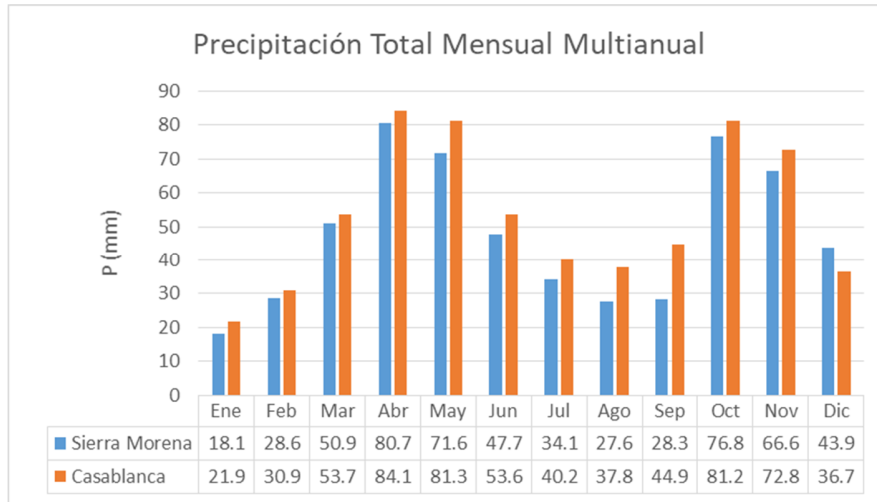


Ilustración 2-24 Ubicación estaciones hidrometeorológicas

Fuente: JAM, 2018

A continuación, se presentan las gráficas obtenidas producto de los registros de las estaciones, las cuales sirven como insumo para la elaboración del diagnóstico y caracterización del área de estudio.



*Ilustración 2-25 Precipitaciones totales mensuales
Fuente: JAM, 2018*

2.5 REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

Se realiza la solicitud de información cartográfica al EAAB de las redes de acueducto y alcantarillado presentes en la zona de estudio y sus características, que se encuentra en el **Anexo C**.

A continuación, se relacionan los planos entregados por la entidad en respuesta de la solicitud realizada por parte de la consultoría.



Ilustración 2-26 Plano de redes de acueducto. Plancha 246-II-B-2
Fuente: EAAB



Ilustración 2-27 Plano de redes de alcantarillado pluvial. Plancha L14
Fuente: EAAB



Ilustración 2-28 Plano de redes de alcantarillado sanitario. Plancha L14
Fuente: EAAB

Se consideró pertinente para el desarrollo del estudio tener conocimiento del registro de daños y/o afectaciones de las redes de acueducto y alcantarillado, razón por la cual también se solicitaron dichos reportes al EAAB, los cuales fueron aportados a la consultoría. Resulta importante aclarar que en el listado proporcionado por el EAAB no se cuenta con fechas, las cuales ya fueron requeridas por parte de la consultoría.

3 MODELO DE OCUPACIÓN TERRITORIAL

El barrio El Peñón del Cortijo hace parte de la UPZ Ismael Perdomo de la Localidad 19-Ciudad Bolívar, que ha venido transformando los usos del suelo. Hacia principios de Siglo XIX, el área de estudio hacia parte de la Hacienda Casablanca, donde generalmente estaban administrados por familias, muchas de estas haciendas fueron abandonadas por sus dueños y quedaron como parte de terrenos baldíos, economía agrícola y pecuaria campesina. En la Ilustración 3-1 se presenta la ubicación del área de estudio en el sistema de haciendas de la década del 20 en el siglo XIX, en la zona sur de Bogotá, D.C.

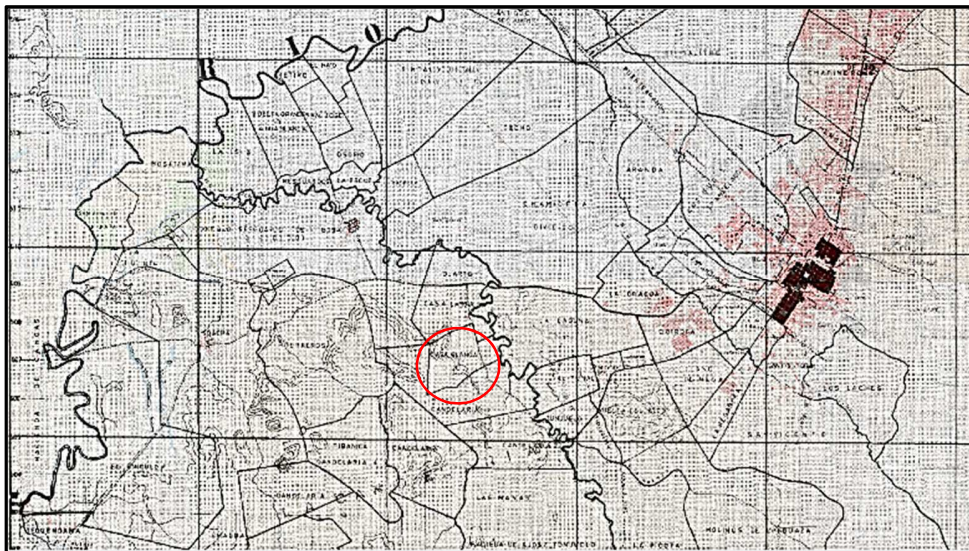


Ilustración 3-1 Cartografía de Haciendas 1924. Archivo Cartográfico Bogotá, D.C

Hacia principios de los años 50's, en plena guerra civil colombiana, se inicia la construcción de la Autopista Sur que se desarrolla no solamente como una vía para la comunicación de la Sabana de Bogotá, sino como recepción de familias campesinas como fuerza de trabajo en las nuevas áreas industriales.

El proceso urbanístico se desarrolla inicialmente en las áreas planas con alto grado de erosión a lo largo de la Autopista Sur como se puede ver en la imagen del archivo de la estructura urbana y rural de Bogotá del año 1953 (Ver Ilustración 3-2). En la fotointerpretación aérea Vuelo C-773 del año 1956 (Ver Ilustración 3-3), se puede apreciar el avance urbanístico en lo que hoy se conoce como UPZ Ismael Perdomo y el importante desarrollo de frentes mineros.

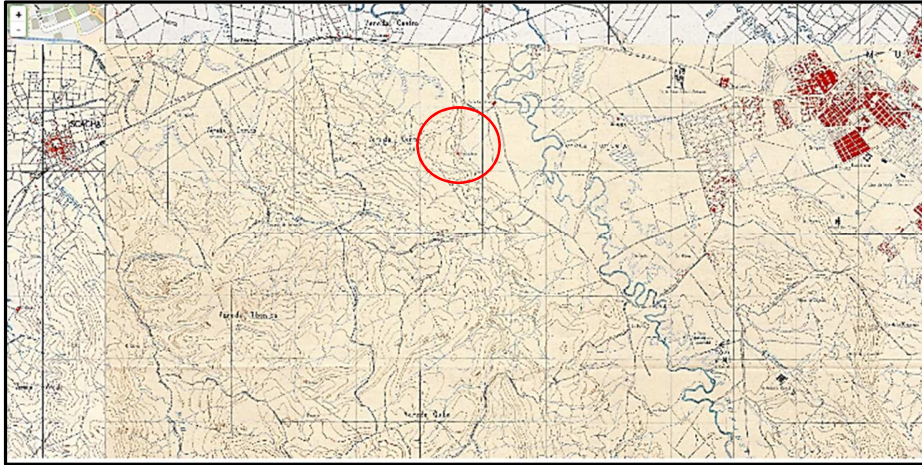


Ilustración 3-2 Cartografía de Veredas – área rural año 1953. Archivo Cartográfico Bogotá, D.C

- | | |
|--|--|
|  Proceso morfodinámico de Deslizamiento |  Escorpe o más pendiente |
|  Carrizales |  Unidades litológicas |
|  Extracción |  Dismorfa oleagosa |
| |  Divergias |

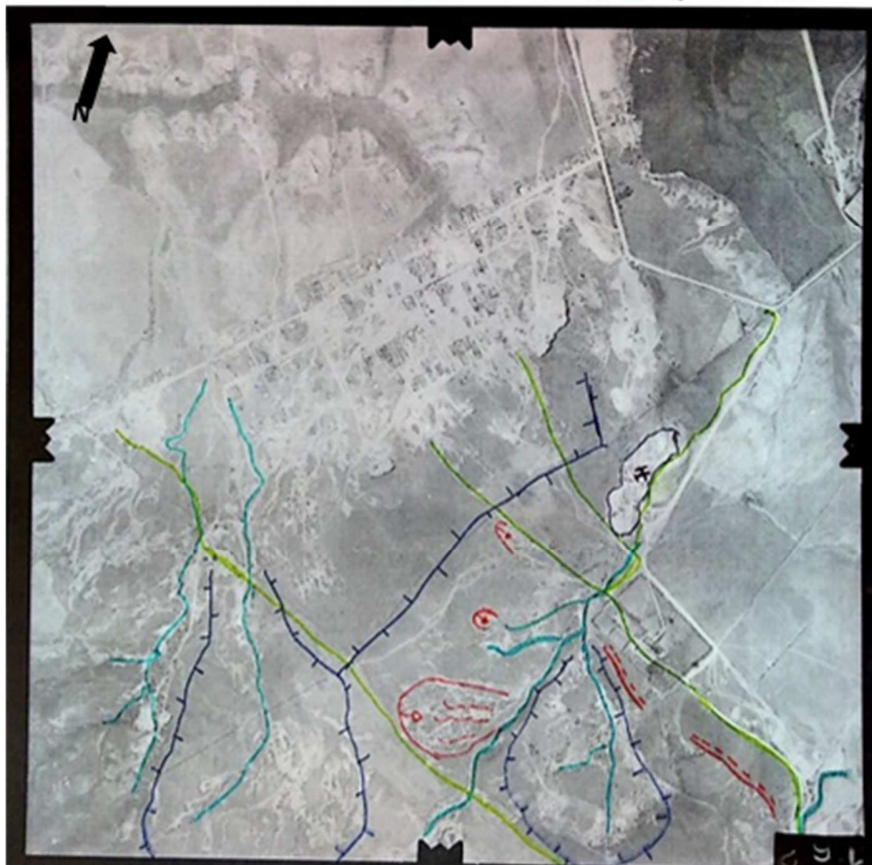


Ilustración 3-3 Vuelo C-773. Aerofotografía 162, año 1956, escala 1:9000
Fuente: IGAC

En los siguientes 30 años, se desarrolló de manera paralela la urbanización de la zona y la explotación minera, dejando áreas de escombreras y taludes mineros de gran altura conservando un área sin urbanización alrededor de estas explotaciones; como se puede observar en la Ilustración 3-4.



Ilustración 3-4 Vuelo C-1724. Aerofotografía 140, año 1977, escala 1:7100
Fuente: IGAC

Finalmente, el proceso de urbanización fue de mayor rentabilidad que el desarrollo minero, consolidándose la zona urbanísticamente, de origen ilegal, a través de procesos de ocupación y de venta de mercaderes de tierra. A finales de la década de los 90's, la zona fue incluida en procesos de legalización de barrios, donde la ciudad y sus habitantes asumieron los riesgos generados por la ocupación de áreas de antiguas explotaciones mineras. En la Ilustración 3-5 se presenta la fotointerpretación de 1998.



Ilustración 3-5 Vuelo SAV415. Aerofotografía 53, año 1998, escala 1:21000
Fuente: IGAC

4 ESTUDIOS BÁSICOS

4.1 CONSECUCIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE

4.1.1 Georreferenciación y fotocontrol

4.1.1.1 Objeto

Localizar puntos de coordenadas en la zona de estudio, con GPS de precisión, los cuales se amojonan y se marcan para ser tomados como base en el levantamiento topográfico y que al mismo tiempo puedan ser reconocidos desde el aire para el proceso de aerofotogrametría.

4.1.1.2 Metodología

Tomando como punto de referencia el punto permanente BOGA del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en su red MAGNA-ECO, se posiciona la base GPS-001.

Coordenadas Gauss Krueger Origen Central			
Punto	Norte	Este	Elipsoidal
BOGA	1004697.739	999729.083	2609.793

Tabla 4-1 Coordenada de amarre

A partir de la base GPS-001 se posicionan GPS-002, FTC-003, FTC-004 Y FTC-005.

Las marcas de fotocontrol se hacen en el piso con pintura blanca en forma de “X” o de “L”, de aproximadamente 1.2 x 1.2m para ser vistos desde el aire. Los puntos se sitúan en diversos lugares para evitar que queden alineados y se produzcan errores de georreferenciación, con la premisa de obtener mejores condiciones para la fotogrametría.

Los puntos de GPS se materializan con equipos de marca Topcon de doble frecuencia los cuales tienen suficiente memoria para el volumen de datos que se almacena a diario, cumpliendo las siguientes especificaciones técnicas para la toma de datos.

- Ángulo mínimo de recepción: 15 grados sobre el horizonte
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 6
- No inclusión de satélites descompuestos
- Recolección de datos para tres dimensiones
- Duración de épocas a captar: 15 segundos
- Distancias entre puntos: no mayores de 20 Km con respecto a cada base

Dadas estas condiciones y con el adecuado procesamiento de datos se obtiene información de alta calidad para cada punto



Ilustración 4-1 Marca de fotocontrol en forma de "L"

4.1.1.3 Post-proceso GPS

Utilizando el software Topcon Tools V 8.2, se procede a calcular la red geodésica con la base BOGA, y siguiendo con traslado de base a GPS-001.

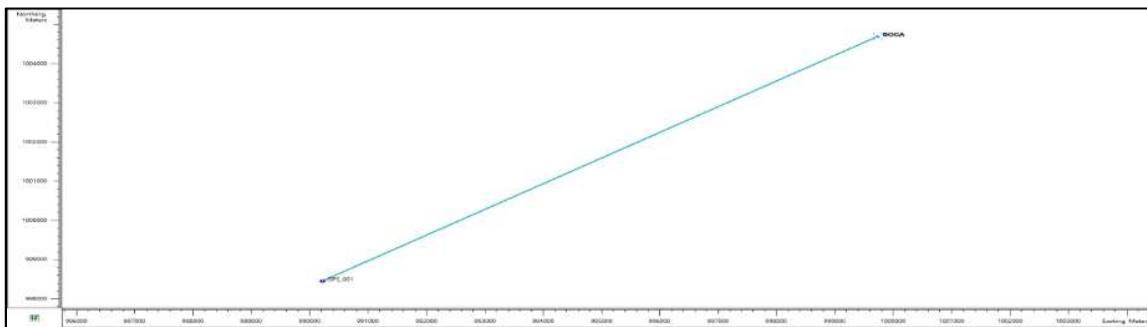


Ilustración 4-2 Red Geodésica con base en BOGA

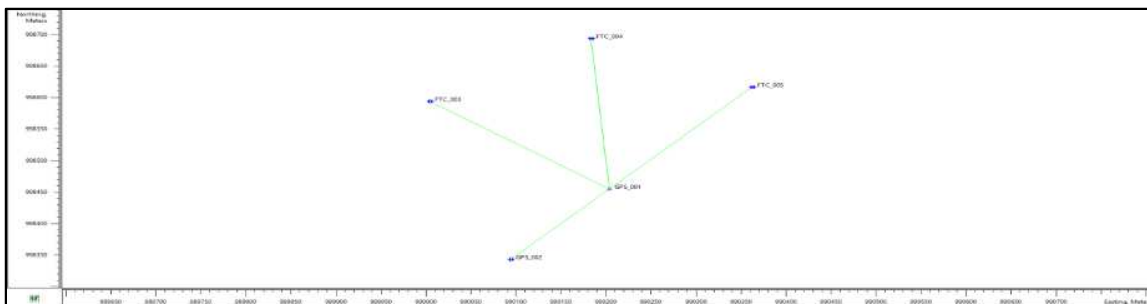


Ilustración 4-3 Red Geodésica con base en GPS-001

Se obtiene las siguientes coordenadas en el sistema Magna Sirgas Origen Central con coordenadas planas Bogotá:

Resumen de Puntos Coordenadas Planas Bogotá			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Ortométrica (m)
GPS_001	98450.742	90203.474	2648.784
GPS_002	98338.622	90093.761	2651.095
FTC_003	98589.662	90003.762	2591.402
FTC_004	98689.942	90182.911	2581.421
FTC_005	98612.507	90362.057	2606.484

Tabla 4-2 Resumen de coordenadas GPS

La cota ortométrica se calcula con el modelo geoidal EGM del 2008.

4.1.1.4 Registro fotográfico



GPS-001



GPS-002



GPS-003 (FTC-003)



GPS-004 (FTC-004)



GPS-005 (FTC-005)

4.1.1.5 Equipos utilizados

- 3 GPS TOPCON HIPER LITE + Doble Frecuencia

Descripción: Estación de la última generación de tecnología Topcon – Javad, tienen integrado el receptor de GPS y la antena, radio transmisor y antena, y por separado CDU/PCMCIA y la batería interna recargable, posee 40 canales en L1, 20 L1+L2 GPS/GLONASS y está abierto a Galileo

Especificaciones en Static/Rapid Static: en Horizontal 3mm+1 ppm y en vertical 5 mm + 1 ppm

- GPS ANTENNA / Internal; ANTENNA TYPE 7 Microstrip (zero-centered), GROUND PLANE Antenna on a flat ground plane.
- Navegador Garmin GPSMAP60Cx

Es un navegador de precisión pos-métrica que puede detectar hasta 12 satélites y que con seis (6) que capture nos da una buena precisión de posicionamiento para localizar puntos de control del trabajo de localización.

4.1.2 Levantamiento topográfico

4.1.2.1 Objeto

Determinar la magnitud y forma real (planimétrica y altimétrica) de la zona ubicada en el barrio Peñón en la localidad de Ciudad Bolívar – Bogotá, amarrado a la red nacional de coordenadas magna-sirgas para obtener una cartografía clara y precisa de la zona.

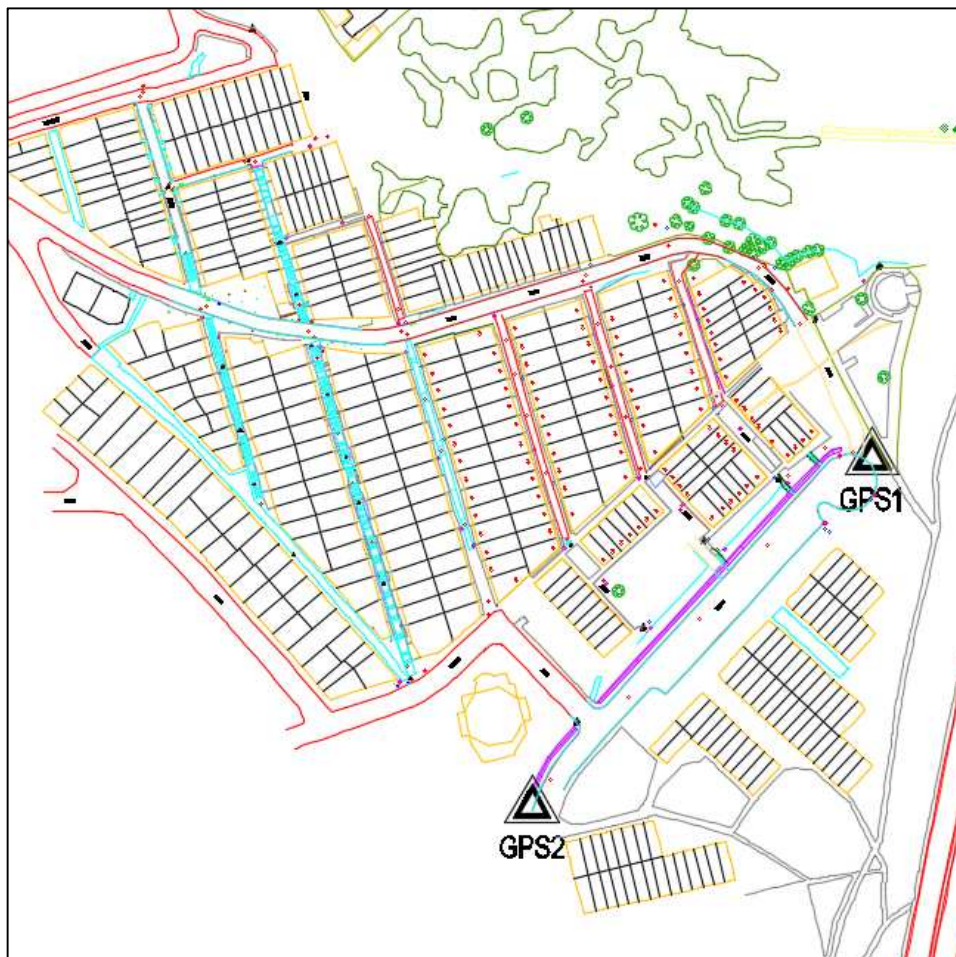


Ilustración 4-4 Esquema levantamiento topográfico

4.1.2.2 Metodología

A partir los GPS-001 y GPS-002 se trazó una poligonal con estación total geodésica y por radiación directa desde cada vértice se tomaron los detalles pertinentes a este trabajo, todos los puntos que describen la zona de estudio, tales como vías, grietas, cercas, canales, construcciones, caminos, cerramientos, árboles, zonas de bosque, zonas duras y principalmente sobre los pozos y postes que pertenecen a los servicios públicos domiciliarios que se prestan en la zona, como todos aquellos elementos que se consideren de importancia y que son parte de la base cartográfica georreferenciada de la zona.

También se realiza un levantamiento topográfico arquitectónico – urbanístico detallando el emplazamiento de las viviendas, en corte y lleno, respecto a vía o escaleras de acceso, principalmente sobre las zonas de mayor pendiente.

4.1.2.3 Levantamiento topográfico urbanístico de detalle.

Se levantan con topografía detallada urbanística las siguientes zonas:

- Zona1: Carrera 73 entre calle 69B sur y calle 69B sur.
- Zona2: Carrera 73A entre calle 69B sur y calle 68 Bis sur.

Se toman detalles tales como: paramentos, andes, pozos, postes, pasos en andenes, escaleras, bordillos y rampas, con lo cual se obtiene un dibujo completo de la zona en una malla en 3D, en la cual se puede identificar el contexto de los emplazamientos del urbanismos con respecto a las construcciones. Las curvas de nivel siguen la malla 3D creando un solo modelo en el mismo datum de elevación. Ver Ilustración 4-5 e Ilustración 4-6

4.1.2.4 Equipos utilizados

- Estación Electrónica Total Geodésica Leica TC1800

Es una estación de orden geodésico óptimo para cualquier tipo de trabajos de alta precisión.

Datos técnicos:

Alcance: Con un prisma, entre 3500 y 4000 m. En condiciones malas y/o buenas, falla en distancia: 3 mm / 7 Km, falla en ángulos: 1", precisión: 1" de lectura directa

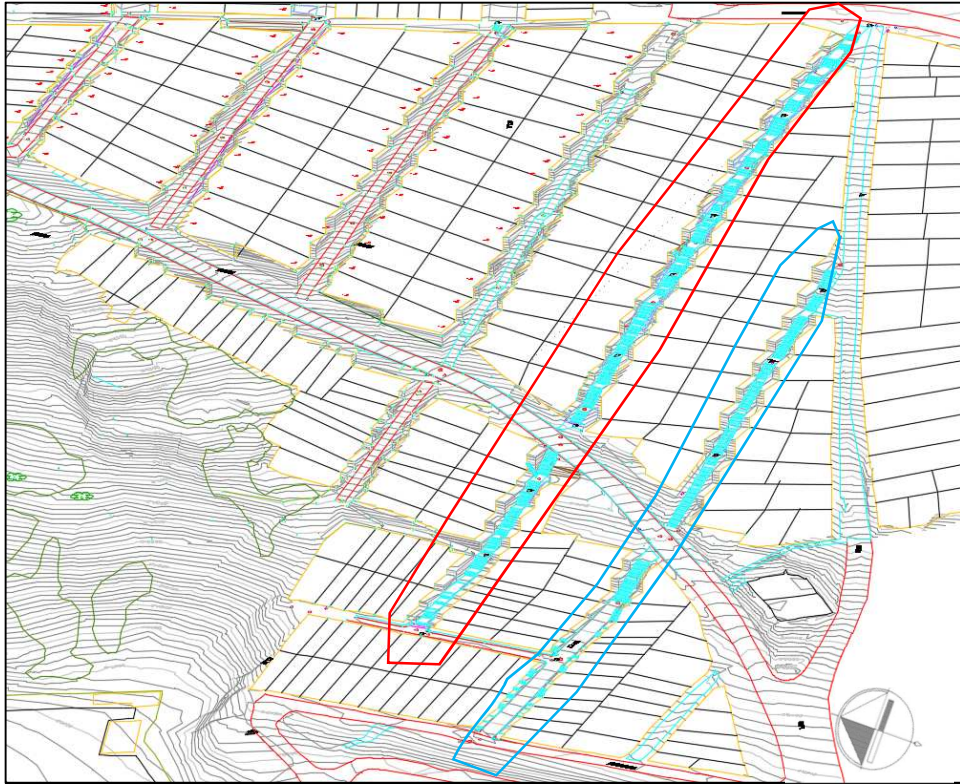


Ilustración 4-5 Zonas de levantamiento con detalle (zona1 color rojo y zona2 color azul)

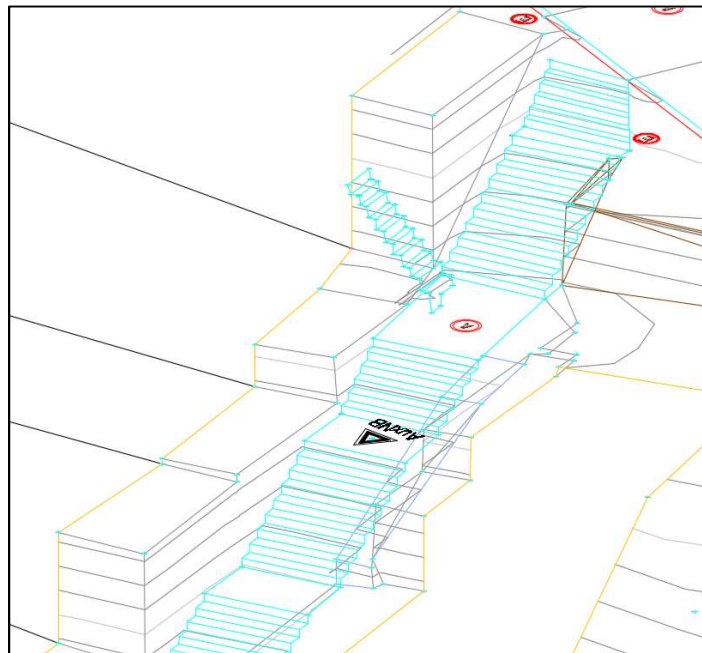


Ilustración 4-6 Esquema levantamiento topográfico de detalle (escaleras, anden y paramento)

4.1.3 Aerofotogrametría

4.1.3.1 Objeto

Determinar la magnitud y forma real de la de la zona por medio de fotografía aérea, amarrado a la red nacional de coordenadas Magna-Sirgas, y de esta manera obtener la cartografía de la zona.

4.1.3.2 Metodología

A partir del KML de la zona se determina la franja de vuelo para poder tener un aproximado del tiempo de vuelo (Ver Ilustración 4-7), en campo se aprecian las condiciones de la zona y posibles puntos de despegue y aterrizaje. Se traza un vuelo para cubrir el área de estudio y obtener un GSD menor a 5.0 cm/px



Ilustración 4-7 Misión en oficina

Al localizar el punto de despegue, se carga la misión (la cual contiene las líneas de vuelo y el GSD a volar) al UAV, se visualiza que todas las condiciones estén bien. Al aterrizar se descargan los datos tanto de fotografías como de coordenadas en X, Y y Z y Omega, Phi y Kappa.

Los datos se pre-procesan y filtran en oficina para obtener la ortophoto y la nube densificada de puntos.

4.1.3.3 Trabajo de campo

Al llegar al sitio se dispone un sitio de despegue y aterrizaje del UAV. Se garantizara un traslape de 80% transversal y 80% longitudinal.



Ilustración 4-8 Punto de despegue y aterrizaje.

Al lanzar el DRONE se observan vientos entre 3 m/s y 5.3 m/s. Al aterrizar, se descargan las fotografías y se chequean las coordenadas de las líneas de vuelo para cada una, se graba un backup de dicha información en un medio externo.

4.1.3.3.1 Trabajo de oficina

A partir del trabajo de topografía convencional se procede a identificar en cada fotografía los puntos de fotocontrol.

Dentro de las 281 fotografías que tomo el DRONE se identificaron puntos comunes para poder hacer la fotogrametría de la zona de estudio.

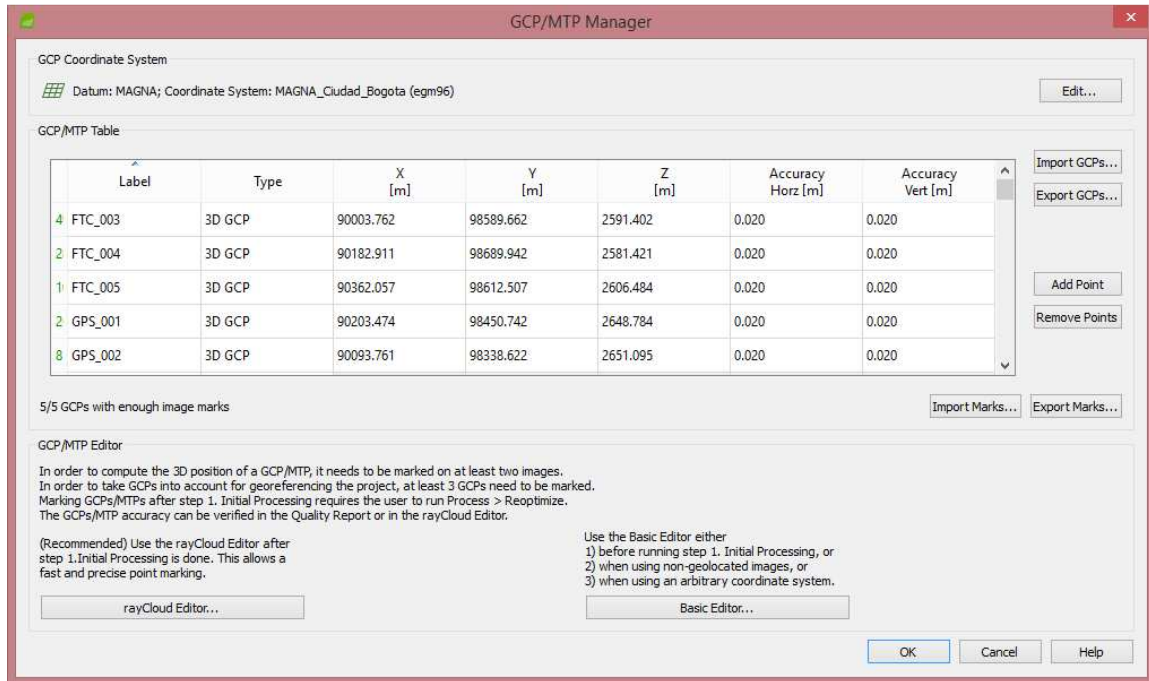


Ilustración 4-9 Puntos de fotocontrol identificados con software de post-proceso.

Manualmente para los puntos de fotocontrol, se identificaron el siguiente número de fotografías comunes:

Punto	# Fotografías
FTC-003	4
FTC-004	2
FTC-005	1
GPS-001	2
GPS-002	8

Tabla 4-3 Cantidad de fotos homologas a cada GPS

4.1.4 Resultados obtenidos

4.1.4.1 Ortophoto

Se obtuvo una ortophoto corregida y referida al Sistema Magna Sirgas Origen Central en coordenadas planas Bogotá, con un GSD de 4.12 cm/px. El formato de salida de la ortophoto es .Tiff y .ecw.

Se realiza restitución de la zona con salida en formato .dwg.



Ilustración 4-10 Esquema Ortophoto

4.1.4.2 Nube de puntos

Nube de puntos densificada de la zona con color RGB.



Ilustración 4-11 Nube de puntos densificadas en color RGB (Vista de oriente - occidente)

4.1.4.3 Restitución planimétrica y altimétrica

Tomando como base el trabajo de topografía convencional se mezclan tanto la parte planimetría de la ortophoto como la altimétrica, obteniendo los siguientes resultados.



Ilustración 4-12 Planta, mezcla entre topografía convencional y ortophoto.

Se restituyen detalles tales como vías, paramentos, gaviones, cerramientos, zonas duras y canchas.

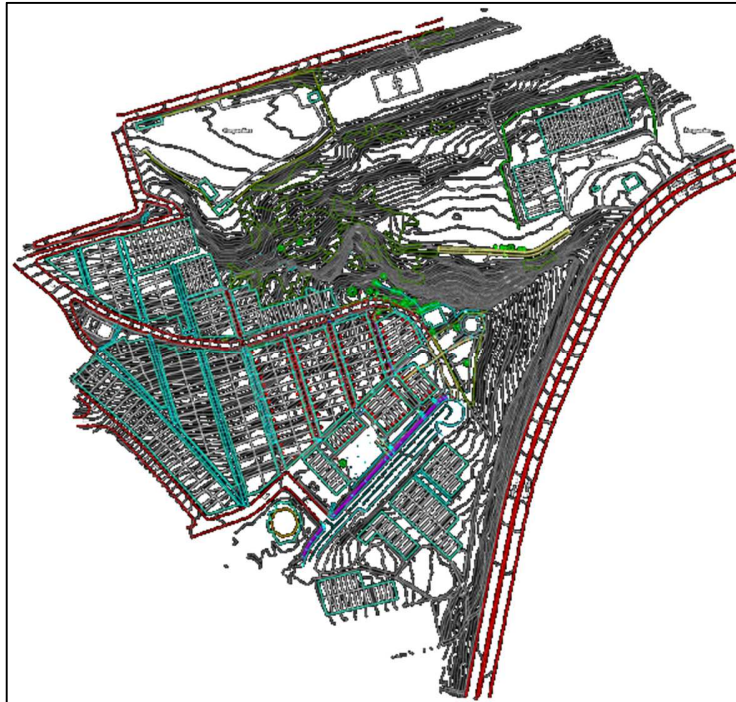


Ilustración 4-13 Planta y curvas de nivel, mezcla entre topografía convencional y orthophoto.

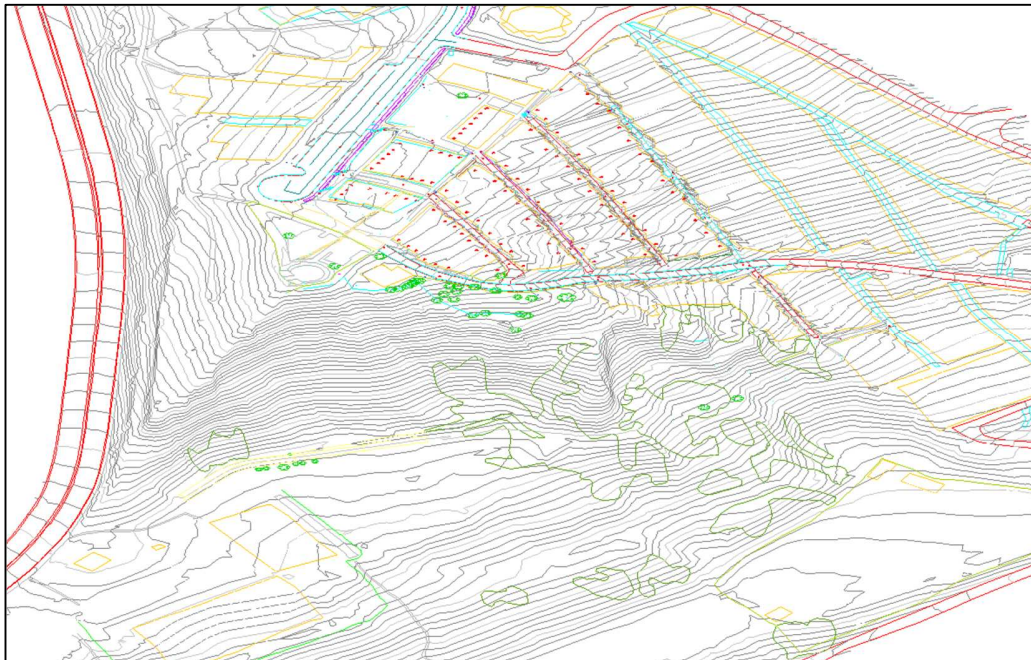


Ilustración 4-14 Vista 3D curvas de nivel y restitución planimetría.

Todos los elementos del dibujo quedan elevados a la altura del modelo digital de terreno (DTM).

4.1.4.4 Metadato del vuelo

A continuación se muestra el resumen de resultados del vuelo:

Proyecto	Peñon
Cámara	FC6330_3.6_4000X3000 (RGB)
Fecha de vuelo	27 de julio de 2018
Número de vuelos	1
Distancia Focal - Inicial	3.610mm
Distancia Focal - Optimizada	3.765 mm
GSD	4.12 cm
Área de cobertura	0.2339 Km ² ó 23.39 ha
Sistema de Coordenadas	Magna – Planas Bogotá (EGM2008)
Cantidad de Imagen tomadas	281
Cantidad e imágenes calibradas	281 – 100%
Georreferenciación	5 puntos en X,Y y Z
Error medio cuadrático (RMS) para la georreferenciación.	0.034 m

Tabla 4-4 Metadato de vuelo

4.1.4.5 Equipo utilizado

- DRON DJI Phantom 4

Vehículo aéreo no tripulado, con interacción para sobrevolar zonas con un plan de vuelo incorporado, incluyendo varios parámetros de corrección para post-procesos como lo son: GPS y IMU.

Especificaciones del equipo:

Velocidad máxima	20 m/s
Tiempo máximo en el aire	28 minutos
Rango de temperatura para la operación	0° a 40°C
Sistema de posicionamiento por satélite	GPS / GLONASS
Pixeles efectivos	12.4
Formatos de fotografías	Jpeg, DNG (RAW)
APP general	DJI GO
APP de planeo y control de vuelos fotogramétricos	Drone Deploy
Frecuencia de operación	2.400 – 2.483 GHz
Distancia máxima de transmisión	3.5 km

Tabla 4-5 Especificaciones UAV



Ilustración 4-15 Equipo UAV marca DJI del tipo cuadricoptero. Fuente propia.

4.2 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Teniendo en cuenta los estudios existentes y el diagnóstico de la dinámica de intervención el territorio, se proyectó un trabajo de exploración del subsuelo, así como de ensayos de laboratorio necesarios para la clasificación básica de materiales y caracterización geomecánica de los materiales encontrados en profundidad.

Además, se utilizaron técnicas indirectas de exploración que permiten obtener información de los materiales existentes en el subsuelo a profundidades que oscilaron los 30.0 m, relacionando la velocidad de las ondas P medida en campo con la condición geológica existente en la zona.

4.2.1 Exploración por métodos directos

En el **Anexo B3** se encuentran los registros de la exploración realizada, la base de datos de las muestras y los registros de campo; incluyendo el registro fotográfico de los diferentes tipos de exploración realizada.

4.2.1.1 Perforaciones y Trincheras

La exploración del subsuelo por métodos directos consistió en la ejecución de once (11) perforaciones, ocho (8) apiques y dos (2) trincheras, distribuidos en varios puntos sobre la corona del talud, en la zona afectada por las grietas y fuera de ella, todos con el objeto de obtener la información geotécnica para identificar la distribución lateral y en profundidad de los diferentes tipos de materiales (Ver Plano 5 Mapa de exploración Geotécnica).

En las perforaciones se prestó especial atención en registrar y reconocer las características y diferencias de espesor y distribución de los suelos superficiales, roca altamente meteorizada y roca moderadamente meteorizada; diferencias de características mecánicas entre los materiales expuestos en el talud y los no expuestos; ubicación de posibles zonas trituradas y/o superficies de falla que delimiten el área de movimiento, ubicación de las capas de arcillolita o caolinita que puedan configurar la superficie patín sobre la que se desarrolla el movimiento en masa, niveles freáticos o piezométricos, y cualquier otro cambio en la resistencia, deformabilidad y permeabilidad de los materiales de la zona de estudio.

Las profundidades de las perforaciones oscilaron entre los 6,0 m y los 25.00 m (Ver Tabla 4-6), con avance y uso de equipo de percusión, lavado y rotación; se buscó un muestreo continuo y sobre ellas se realizó el registro del perfil estratigráfico; así como una recuperación de muestras alteradas e inalteradas para la realización de ensayos de caracterización y resistencia en laboratorio.

La descripción de campo de los materiales incluyó como mínimo: Tamaño de grano observado, color, presencia de gravas, diaclasas, recobro y compacidad y consistencia (estas últimas para el caso de los suelos). Posteriormente la descripción fue complementada con los resultados de los ensayos de laboratorio e incluida en los registros definitivos.

Tabla 4-6 Exploración del subsuelo por métodos directos

Sondeo	Coordenadas (origen Magna Bogotá)		Prof (m)	Nivel freático (m)	Observaciones
	Este	Norte			
S-1	90172	98486	25.00	N.E	En la zona inestable - Incluye piezómetro Casagrande

Sondeo	Coordenadas (origen Magna Bogotá)		Prof (m)	Nivel freático (m)	Observaciones
	Este	Norte			
S-2	90166	98457	16.80	N.E	Por fuera de la posible zona inestable – Hasta Los 15.3 m se perforó con recuperación de muestra- Incluye inclinómetro
S-3	90145	98513	6.32	N.E	Como parte de la exploración inicial de planteamiento de hipótesis
S-4	90214	98448	15.20	N.E	Por fuera de la posible zona inestable
S-5	90145	98513	25.45	N.E	Incluye inclinómetro, ubicado en zona de movimiento
S-6	90120	98516	19.80	N.E	En el límite de la posible inestable
S-7	90035	98550	15.00	N.E	Por fuera de la posible inestable, hacia el sur
S-8	90159	98428	15.10	N,E	Por fuera de la posible inestable
S-9	90186	98546	15.40	N.E	Ubicado en la parte inferior del talud – Incluye piezómetro ½ Pulg
S-10	90101	98364	14.70	N.E	Por fuera de la posible inestable
S-11	90192	98511	20.00	N.E	Incluye piezómetro Casagrande
AP-1	90182	98478	2.0	N.E	
AP-2	90196	98487	1.8	N.E	
AP-3	90235	98491			
AP-4	90133	98440			
AP-5	90140	98524	1.2	N.E	
AP-6	90144	98536	0.8	N.E	
AP-7	90097	98538	1.2		
AP-8	90009	98500			
TR-1	90188	98502	2.1		
TR-2	90037	98538	1.8		Suelo residual
TR-3	90040	98484	1.5		Suelo residual

Nota: N.E = No encontrado



Ilustración 4-16 Trincheras – 3 Coordenadas E: 90040 m N: 98484 m

Como se puede observar en la Tabla 4-6, en varias perforaciones se incluyó instrumentación geotécnica que permita realizar seguimiento tipo monitoreo. Se instalaron dos inclinómetros y dos piezómetros de profundidades entre 20 y 25 m. A finales de agosto, se había realizado la lectura guía para comenzar con el monitoreo.

La profundidad fue determinada por el avance de la perforación y los materiales encontrados: Se buscó detectar las secuencias de arcillolitas, buscando siempre pasarla posible superficie de falla. En la Tabla 4-7 se presenta un resumen de los metros de perforación en suelo y roca.

Tabla 4-7 Resumen metros de perforación en roca y suelo

Material	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	Total
Suelo	0.0	2.40	2.40	1.40	1.00	1.00	1.50	1.70	3.50	0.70	1.80	17.40
Roca	25.00	12.90	3.92	13.80	24.45	18.80	13.50	13.40	11.90	14.00	23.60	175.17
Total	25.00	15.30	6.32	15.20	25.45	19.80	15.0	15.10	15.40	14.7	25.40	192.57

4.2.1.2 Ensayos in situ

4.2.1.2.1 Ensayo de penetración estándar

Teniendo en cuenta la presencia de suelos en el área de estudio y como complemento de la exploración de campo, se realizaron ensayos in situ de penetración estándar o SPT los cuales permiten conocer el perfil del número de golpes y complementar la caracterización geomecánica de los materiales de los diferentes estratos superficiales.

Una vez establecidos los valores N de campo obtenido del ensayo SPT, se realizaron las respectivas correcciones por confinamiento, longitud de varillaje y nivel de agua, de tal forma que se pudieran normalizar dichos valores a un determinado nivel de energía. Los valores normalizados $(N_{60})_1$ se graficaron en profundidad en la Ilustración 4-17 y la corrección se presenta en el **Anexo B3-2 SPT**. En la Ilustración 4-17 se incluyó el sondeo 1, que alcanzó una profundidad de 25 m de los cuales se perforó desde el inicio en roca, sin embargo, debido a la alta alteración de la arcillolita se realizó el ensayo de penetración estándar en ocho (8) puntos a diferentes profundidades.

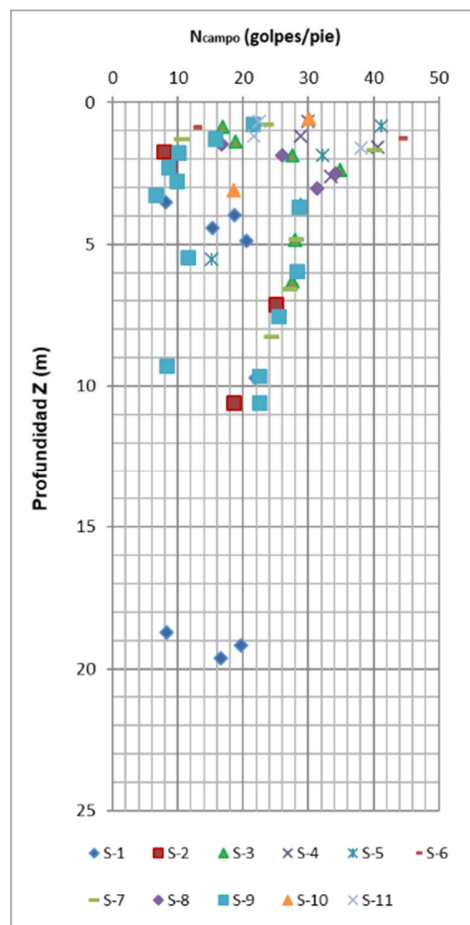


Ilustración 4-17 Variación del Ncorregido con la profundidad

4.2.1.2.2 *Ensayos de permeabilidad*

Con el fin de conocer la velocidad de infiltración se realizó la prueba de percolación en campo que permite asociar la infiltración como permeabilidad primaria y por ende permite obtener los coeficientes de permeabilidad de los materiales (**Ver Anexo B3-3 Ensayos laboratorio**). Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 4-8-Resultados de ensayos de infiltración.

APIQUE	Profundidad (m)	Descripción	Coefficiente de permeabilidad k (m/s)
AP6	0.6-0.9	Arcilla grisácea arenosa de consistencia muy firme	1×10^{-8}
AP8	1.40-1.60	Arcilla grisácea arenosa de consistencia muy firme	2×10^{-7}
AP5	1.0-1.20	Arenisca fina	7×10^{-8}

Los valores medidos corresponden a materiales con baja permeabilidad primaria como lo son las rocas arcillosas.

4.2.1.2.3 *Ensayos de laboratorio*

Observando la variación del perfil del subsuelo en cada sitio de exploración, se definieron los puntos y niveles de muestreo de manera que se logró una representación de todos los materiales encontrados. Se tomaron muestras alteradas en bolsa, se recuperaron muestras del ensayo de penetración estándar y se tomaron varios núcleos de la roca altamente o parcialmente meteorizada.

Los ensayos de laboratorio se programaron enfocados a la determinación de la resistencia y propiedades básicas de las capas de arcillolita, la rigidez de las capas de areniscas, y la caracterización básica de todos los materiales, en la Tabla 4-9 se presenta la relación de ensayos ejecutados (**Ver Anexo B3-3 Ensayos laboratorio**).

Tabla 4-9 Cantidad de ensayos

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Peso unitario	21
Peso específico	5
Humedad	22

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Granulometrías	1
Lavado tamiz 200	14
Límites de consistencia	9
Compresión inconfiada	5
Compresión simple en roca	13
Corte directo drenado	4
Carga puntual en roca	5
Ensayos de infiltración	3

4.2.1.3 Resultados de la exploración directa

La información recopilada en campo fue analizada a la luz de la existencia de perfiles de meteorización formados por la alteración física de la roca (modelo geológico) y de suelos superficiales. El perfil de meteorización es descrito con base en el sistema de clasificación planteado por Dearman (1976) que describe horizontes A (Orgánico), B (Transición) y C (Inorgánico), haciendo en esta última subdivisión en función del grado de meteorización: - IV Suelo residual al C-I Roca intacta. En la Ilustración 4-18 se resumen los materiales encontrados en las perforaciones.

m	JAM S-1	JAM S-2	JAM S-3	JAM S-4	JAM S-5	JAM S-6	JAM S-7	JAM S-8	JAM S-9	JAM S-10	JAM S-11
0.5											
1		7 Relleno de compactad suelta	7 Relleno	1 Roca altamente meteorizada: Arena amarilla con gravas	7 Relleno					7 Relleno	
1.5	1 Arenisca amarilla, con oquedades	4 Residual de arenisca	4 Residual: Arcilla arenosa y arena arcillosa, consist media a firme	1 Arenisca deleznable	4 Arcilla de consistencia firme	7 Relleno	7 Relleno limo arenoso con escombros N: 27-12	7 Relleno	7 Relleno areno arcilloso amarilleno, comp media	1 Arenisca altamente meteorizada	4 Residual: Arena arcillosa amarilla
2											
2.5											
3											
3.5	2 Arcillolita firme		1 Arenisca arcillosa		6 Intercalaciones de arenisca y arcillolita	5 Intercalaciones de arenisca y arcillolita		Residual arenos			1 Arenisca de grano fino, con oxidaciones orientadas, con una capa de arcilla de 10 cm
4	2 Arenisca arcillosa amarilla con gravas	1 Arenisca de grano fino	3 Arcillolita gris	5 Roca moderadamente meteorizada: Arenisca amarilla, deleznable R:60/150	1 Arenisca		1 Roca altamente meteorizada: Arenisca amarilla con cementación arcillosa, deleznable R:60/150	5 Arenisca amarilla R 104/158			
4.5											
5	3 Arcillolita gris		1 Roca altamente meteorizada: Arenisca arcillosa amarillenta y muy deleznable		3 Arcillolita gris N=27	1 Arenisca de grano fino			7 Relleno de bloques de Arenisca en matriz areno arcillosa, compacidad firme, con lentes de consistencia media, con pérdida total de agua inyectada	6 Arenisca con intercalaciones delgadas de arcilla arenosa	6 Intercalaciones de arenisca y arcillolita
5.5	4 Residual de arenisca friable										
6											
6.5		3 Arcillolita caolínica de color blanco con oxidaciones			1 Arenisca arcillosa		3 Roca moderadam meteorizada: Intercalaciones de Arcillolita y limolita arenosa, R:45/170				
7	1 Arenisca friable, altamente fracturada			3 Roca moderadamente meteorizada: Arcillolita arenosa R: 45- 60/ 150	1 Roca altamente meteorizada: Arenisca de grano fino, con oquedades.	3 Lente de arcillolita		5 Arenisca amarilla con intercalaciones arcillosas 70/150 84/160			1 Roca altamente meteorizada: Arenisca de grano fino, con oquedades. A los 10.5 m Zona brechada
7.5											
8											
8.5											
9											
9.5	3 Arcillolita gris	1 Arenisca amarilla con óxidos de hierro			6 Intercalaciones de arenisca y arcillolita					5- Arenisca moderadamente meteorizada	
10											
10.5	1 Arenisca friable, altamente fracturada										
11											
11.5	3 Arcillolita gris	3		5 Roca moderadamente meteorizada: Arenisca amarilla, deleznable R:60/150	1 Roca altamente meteorizada: Arenisca		5 Roca moderadam meteorizada: Arenisca amarilla, muy fracturada, con cementación arcillosa, deleznable R:90/150	5 Arenisca con intercalaciones arcillosas 50/120	4 Residual arcillolita		Vacio
12											
12.5											
13											
13.5	1 Arenisca friable amarilla, altamente fracturada	5 Arenisca con intercalaciones		3 Roca moderadam meteorizada: Arcillolita R: 60/150	6 Intercalaciones de arenisca y arcillolita	1 Arenisca de grano fino			Arcillolita gris, con intercalaciones de arenisca, R=110/150		
14											
14.5											
15											
15.5											
16											
16.5											
17											
17.5	1 Arenisca friable blanca, altamente fracturada										
18											
18.5											
19											
19.5											
20	3 Arcillolita gris				1 Arenisca friable, altamente fracturada						1 Roca altamente meteorizada: Arenisca de grano fino, con oquedades.
20.5											
21											
21.5											
22											
22.5	5 Arenisca amarilla con óxidos de hierro										
23											
23.5											
24											
24.5					3 Arcillolita gris						
25					Arenisca						

Ilustración 4-18 Resumen de materiales identificados en las perforaciones

4.2.2 Exploración por métodos indirectos

El trabajo de exploración por métodos indirectos en el área de estudio consiste en la ejecución de 3 líneas de refracción sísmica (LRS) y un sondeo eléctrico vertical (SEV), las líneas de refracción sísmica tiene una longitud de arreglo de 30 a 60 m, las cuales permitieron identificar el contraste de los diferentes materiales existentes en el subsuelo a una profundidad de 15 a 25 m, por medio de la medición de la velocidad con la que se propaga la onda compresional (Vp) al interior del terreno. Por otro lado, el sondeo eléctrico vertical se realizó con una longitud de arreglo de 70 m con el método de Schlumberger alcanzando una profundidad de exploración entre 15 y 18 m

A diferencia de los métodos de exploración directos, los métodos geofísicos no requieren de la extracción de muestras del terreno, pero sí de la interpretación de los resultados con base en el modelo geológico existente en campo.

Las líneas de refracción sísmicas permiten medir velocidades de ondas de compresional y de corte, las cuales proporcionan por diferentes correlaciones algunos parámetros como el módulo de elasticidad, el módulo de corte máximo, entre otros, estableciendo de forma aproximada la profundidad a la cual se encuentra el estrato rocoso.

En la Tabla 4-10 Exploración del subsuelo por métodos indirectos se relaciona las coordenadas de los puntos de inicio y finalización de cada una de las líneas sísmicas realizadas dentro del área de estudio.

Tabla 4-10 Exploración del subsuelo por métodos indirectos

LINEA	Coordenadas				Longitud (m)
	Este	Norte	Este	Norte	
L1 -L2	90167	98510	90221	98433	184 (Dos líneas de 92 m)
L3	90177	98474	90232	98513	60
SEV-1	90177	98474	90232	98513	70

Según los términos de IDIGER, se proponía realizar líneas de 110 metros de longitud lo que equivale a 23 geófonos con separaciones de 5 metros, sin embargo, por las dimensiones y la topografía ondulada a escarpada del predio se tomó la decisión de realizar líneas de menor longitud pero que a su vez abarcara el área de estudio: una menor distancia entre geófonos mejora la resolución de la información y la confiabilidad de la misma, especialmente en lo referente a las correcciones por topografía. Se considera que la información obtenida es representativa para las necesidades del modelo geológico – geotécnico.

A continuación se presenta la interpretación de las líneas sísmicas.

4.2.2.1 Línea I

Esta línea se dispone en sentido perpendicular a la grieta que delimita el movimiento en masa, y como se muestra en la Ilustración 4-19, permite observar la grieta ubicada a la derecha del sondeo S-1, aunque presenta distorsiones en los primeros metros precisamente por la falta de continuidad total en el paso de las ondas sísmicas. Ahora bien, es importante resaltar que se diferencia un área en color rojizo compuesto por materiales altamente meteorizados, luego un área amarilla oscura asociadas a intercalaciones de areniscas y arcillolitas, y luego una gama de colores amarillos, verdes y azules que corresponden a rocas moderadamente meteorizadas.

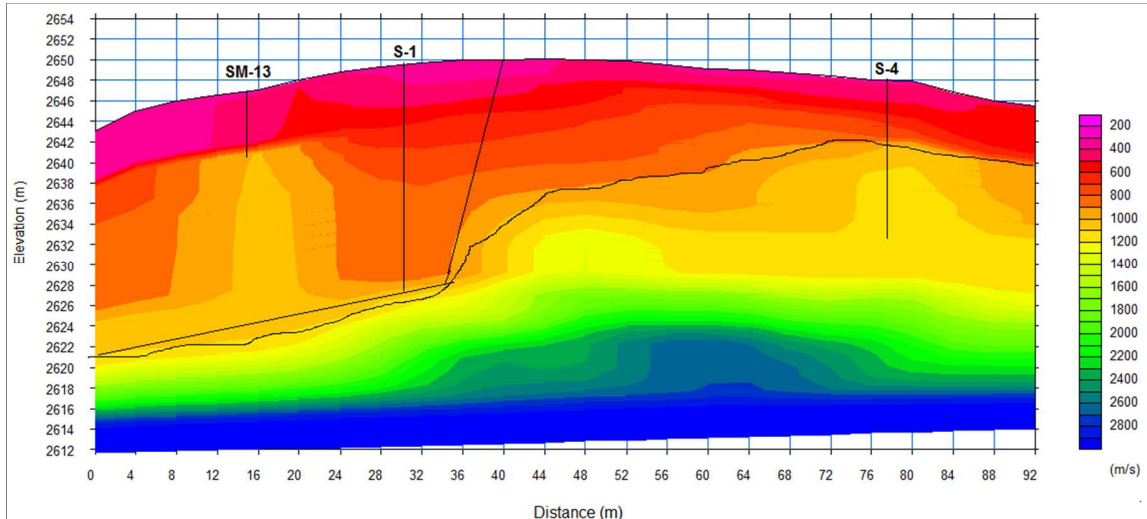


Ilustración 4-19 Interpretación Línea sísmica 1

4.2.2.2 Línea 2

En esta línea y como se muestra en la Ilustración 4-20, se presentan materiales altamente meteorizados en los primeros 13 a 15 metros asociados a areniscas con oquedades y cementación arcillosa, así como arcillolitas muy blandas.

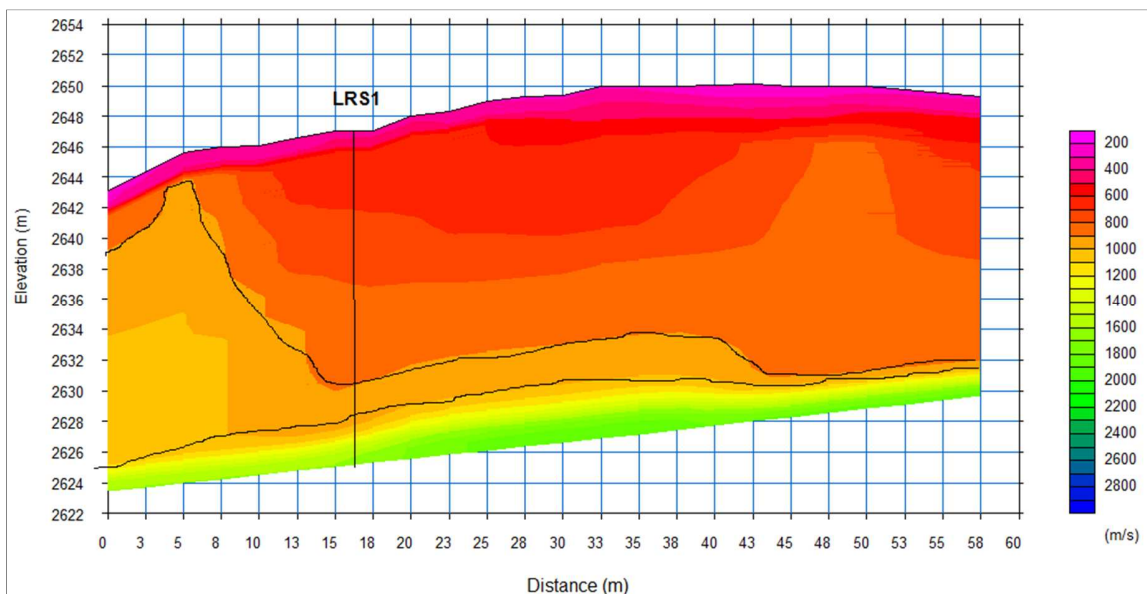


Ilustración 4-20 Interpretación línea sísmica 2

4.2.2.3 Línea 3

En esta línea y como se muestra en la Ilustración 4-21, se presentan materiales altamente meteorizados en los primeros 8 a 16 metros asociados a areniscas con oquedades y cementación arcillosa, así como arcillolitas muy blandas.

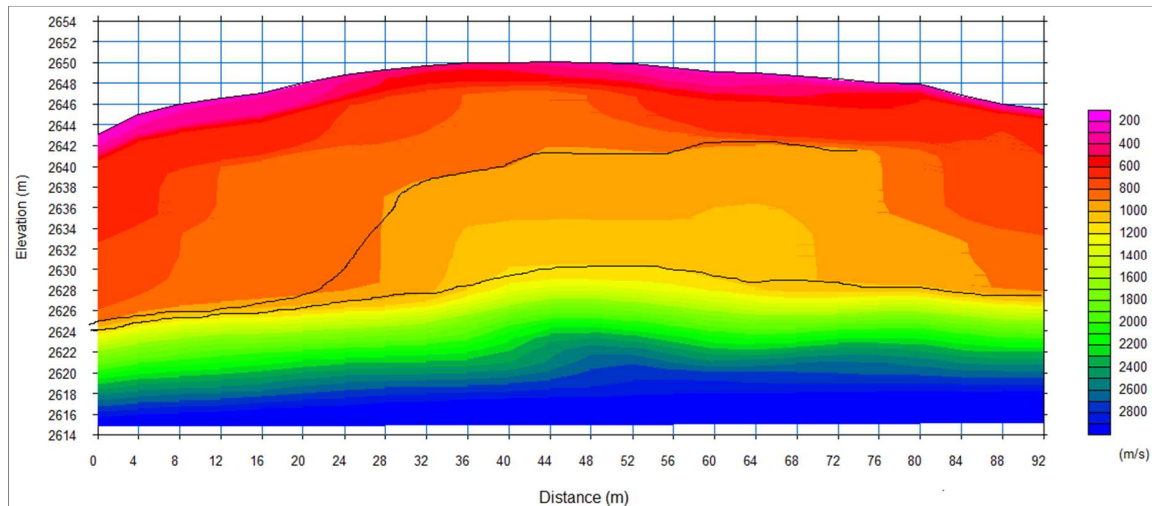


Ilustración 4-21 Interpretación línea sísmica 3

De los resultados obtenidos de las líneas de refracción sísmica se observa que los primeros 20 metros registran velocidad de onda menores a 1000 m/s, siendo una velocidad baja para materiales rocosos lo que conlleva a verificar que el estado de la roca los primeros 20 m está muy alterados y presenta un alto grado de meteorización, que corresponde a la zona fallada como se observó en las perforaciones. Posterior a los 20 m la velocidad aumenta hasta 2800 m/s indicando que el macizo rocoso es de mejor calidad.

4.2.2.4 Sondeo eléctrico vertical (SEV)

El objetivo de la exploración geofísica mediante la técnica del Sondeo Eléctrico Vertical – SEV tiene como objetivo establecer la presencia de agua dentro de los materiales cerca de la grieta de tracción en la corona del talud. Teniendo en cuenta que la movilización de cargas eléctricas se presenta principalmente en la red de poros interconectados (porosidad primaria) y en el sistema de fracturas y diaclasas (porosidad secundaria) de una roca saturada, es posible establecer la existencia de agua intersticial interpretando la variación de la resistividad eléctrica en el terreno.

La principal hipótesis en la que se basa esta exploración es que en el sistema de diaclasas y, en especial, en la grieta de tracción exista la acumulación de agua y materiales con baja resistividad eléctrica (arcillas, limos y arenas finas saturadas) que disminuirán la resistividad eléctrica de las capas de arenisca. Para tal efecto se realizó un ensayo SEV de 70 metros de longitud con una dirección paralela a la grieta de tracción y separada de esta aproximadamente 2m.

Las mediciones de resistividad aparente tomadas en campo se presentan en la Ilustración 4-22 destacando un comportamiento similar al de un perfil tipo HA, indicando una intercalación de un material muy conductivo en un medio resistivo. La profundidad característica de dicha anomalía calculada a partir de la curva de sensibilidad para un arreglo Schlumberger se encuentra entre 5 y 7 m.

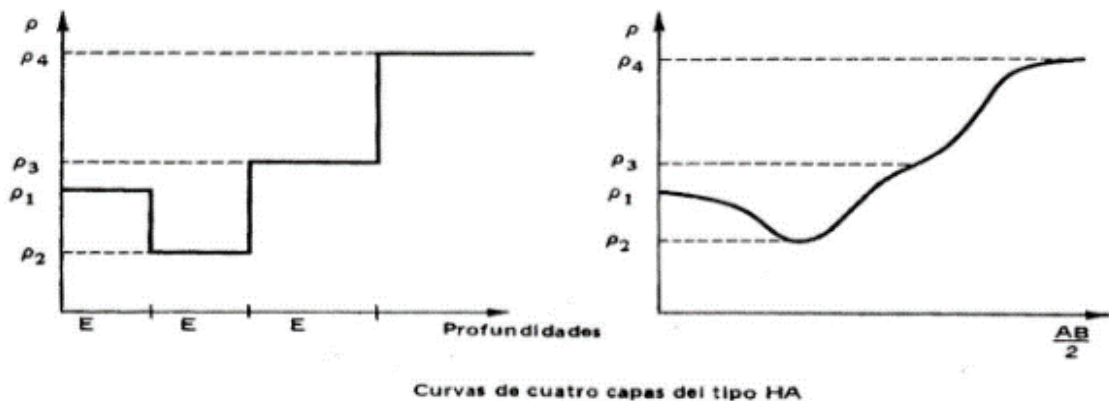


Ilustración 4-22 Superior: mediciones de resistividad tomadas en campo, el marcador circular representa la media de los datos y las barras la correspondiente desviación estándar. Inferior: esquema de curva de resistividades aparentes para un perfil tipo HA. Tomado de Orellana (1982).

Las mediciones muestran que en la parte más somera del terreno se presentan materiales con resistividades superiores a 300 ohm m, indicando que la grieta de tracción ni el sistema de diaclasas, en la parte superficial del terreno contienen materiales de relleno de baja resistividad y por lo cual se puede establecer que el grado de saturación de estos materiales

es bastante bajo. La caída en los valores de resistividad aparente a partir de una profundidad característica de 5 m muestra un contraste de resistividad que marca el contacto entre dos materiales. Puede establecerse que estos valores de resistividad son bastante bajos para rocas intactas y en consecuencia, se espera que este cambio corresponda a un material mucho más fracturado posiblemente de carácter más arcilloso. Sin embargo, para el grado de fracturamiento que se le asignó al macizo rocoso en su caracterización geomecánica, estos valores de resistividad siguen siendo altos para materiales completamente saturados.

La parte final del perfil de pseudo resistividades muestra un aumento considerable de la resistividad aparente, permitiendo inferir la existencia de un contacto entre materiales. En este caso, los valores de resistividad aparente, teniendo en cuenta la clasificación geomecánica del macizo, muestran un material con un grado de saturación mucho menor que el anterior y puede establecerse que se encuentra por debajo del 10%.

En la Ilustración 4-23 se muestra el perfil de resistividades invertido a partir de los datos tomados en campo. Realizando una asociación de resistividades con materiales térreos, se obtiene que hasta una profundidad de un metro puede encontrarse un material suelto de tamaños variables relacionado con un relleno antrópico, debajo de este entre 1 m y 4 m se encuentran bloques de roca arenisca con una baja saturación, luego de estos bloques entre 4 y 8 metros pueden encontrarse bloques de arcillolita mucho más fracturados con un grado de saturación también bajo. Por debajo de esta capa de arcillolita se encuentra nuevamente una capa de arenisca que por sus valores de resistividad puede considerarse seca para propósitos ingenieriles.

Es posible encontrar intercalaciones de arcillolita por debajo de los 10 metros, sin embargo, estos estratos pueden presentar una saturación o un grado de fracturamiento menor al primer lente identificado anteriormente, justificando así el aumento de la resistividad aparente y no un descenso de esta.

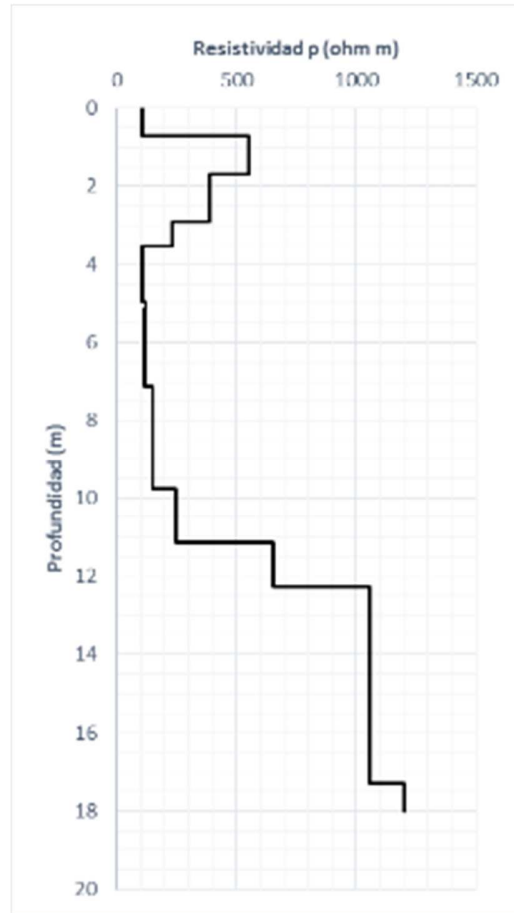


Ilustración 4-23 SEV

Finalmente, en el hipotético caso de que no existiera fracturamiento del macizo rocoso y que el flujo de cargas eléctricas se realizará en su totalidad a través del fluido alojado en la porosidad primaria de las rocas, sería posible utilizar la ecuación de Archie Ecuación 4-1 para encontrar el grado de saturación de las areniscas.

Tomando los parámetros geotécnicos encontrados en este estudio para las areniscas y asumiendo un peso específico de 2.73, se calcula una porosidad primaria de 28% para los bloques de arenisca. Considerando que el agua que llega al macizo proviene únicamente de agua lluvia que se infiltra en el terreno, es posible asumir un valor de la resistividad de agua de poros de 50 ohm m. Finalmente utilizando los valores de factor de tortuosidad y cementación dados por Keller (1987) para areniscas pobremente cementadas, se calculan los valores de saturación a partir de la ley de Archie mostrada en la Ecuación 4-1 y cuyos resultados se resumen en la Tabla 4-11.

Ecuación 4-1 Ecuación de Archie

$$S_w^n = \frac{\alpha}{\phi^m} \frac{R_w}{R_t}$$

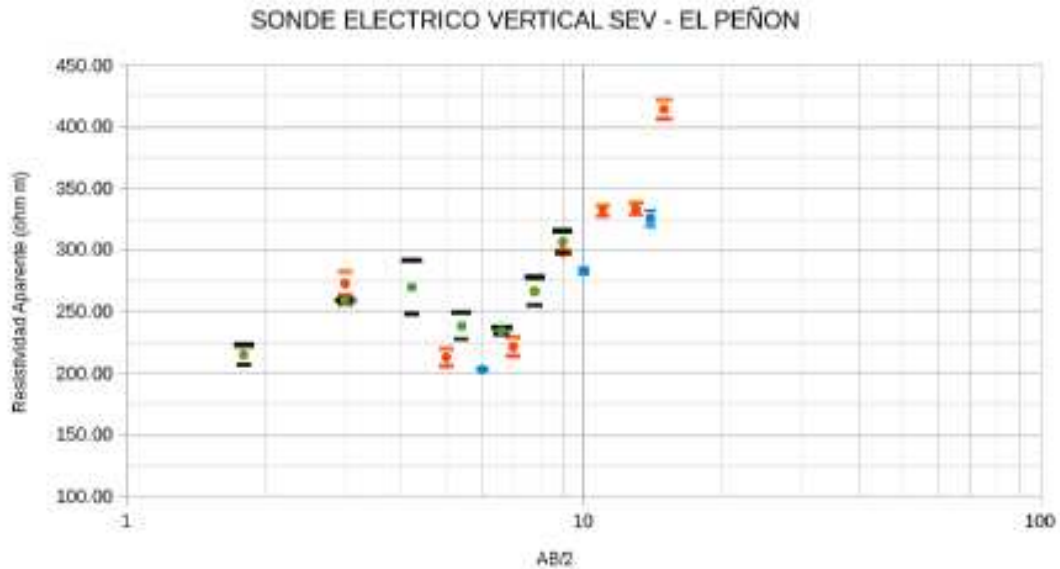


Ilustración 4-24 Datos de resistividad

Tabla 4-11 Valores de saturación obtenidos de la ley de Archie para los bloques de arenisca en el caso de un macizo rocoso sin fracturamiento

γ_t (kN/m ³)	ω (%)	Gs	eo	porosidad ϕ	ρ_w (ohm m)
23	20	2.73	0.40	0.28	50
a	m	n	Rt (ohm m)	Sw (%)	
0.88	1.37	1	200	77.92	
0.88	1.37	1	300	51.95	
0.88	1.37	1	400	38.96	
0.88	1.37	1	500	31.17	
0.88	1.37	1	600	25.97	
0.88	1.37	1	700	22.26	

A partir de estos resultados es posible establecer que para los valores de resistividad eléctrica medidos en campo la saturación teórica de los bloques intactos de arenisca sería menor al 50%.

4.2.3 Instalación y monitoreo de inclinómetros y piezómetros

Con el fin de analizar el movimiento en masa que se está presentando en el barrio El Peñón del Cortijo III Sector, y con base a criterios geológicos, geofísicos, hidrogeológicos y de estabilidad, se planteó la necesidad de instalar instrumentos que permitan medir la velocidad y profundidad de avance del movimiento en masa, así como la existencia de niveles freáticos o piezométricos. razón por la cual se instalaron dos (02) inclinómetros y dos (02) piezómetros abiertos y monitorear sus lecturas durante un periodo de dos (2) meses. Las mediciones se realizarán aproximadamente cada nueve (09) días y los resultados obtenidos de la instrumentación se presentan hasta el 31 de octubre de 2018.

En la Tabla 4-12 se hace referencia a las coordenadas de cada uno de los sondeos realizados para la instalación de la instrumentación y en la Ilustración 4-25 se muestra la ubicación. Los piezómetros abiertos hacen referencia a los sondeos S-1 y S-11, y los inclinómetros a los sondeos S-2 y S-5. Los resultados del monitoreo se encuentran con la denominación de los sondeos hecha por la empresa Ingeniería y Georriesgos (IGR) que fue la encargada de la instalación y el monitoreo de la instrumentación.

Tabla 4-12 Coordenadas localización instrumentación

Sondeo IGR	Sondeo JAM	Este (m)	Norte (m)	Profundidad inclinómetros (m)	Profundidad piezómetros abiertos (m)
S-1	S-1	90172	98484		24.50
S-4	S-2	90159	98458	16.80	
S-3	S-5	90157	98516	25.00	
S-2	S-11	90193	98512		23.00

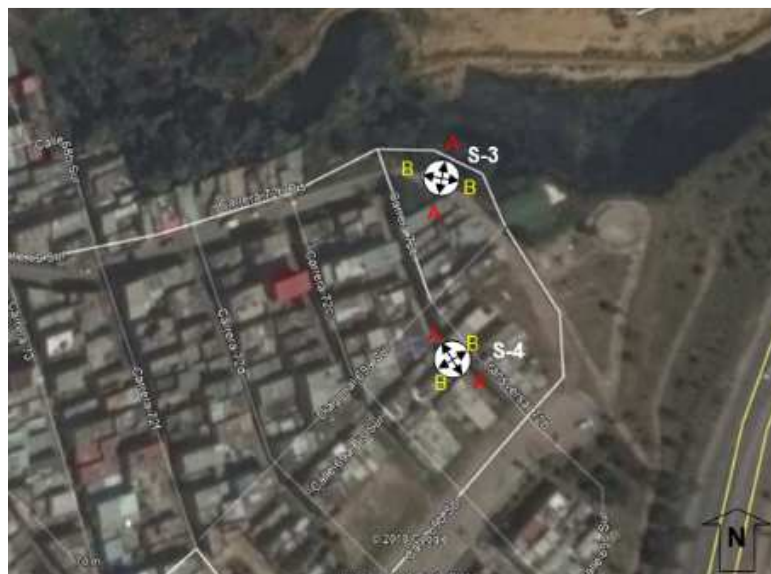


Ilustración 4-25 Localización ejes inclinómetros

Para la toma de lecturas del nivel freático se realizaron dos (02) perforaciones de 24.50 m y 23.00 m de profundidad, luego se hizo la instalación de la instrumentación para la toma de las lecturas.

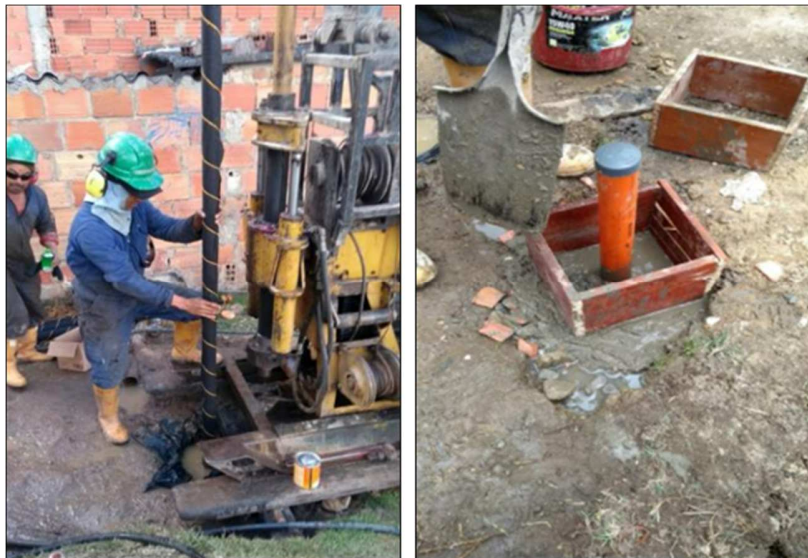


Ilustración 4-26 Registro fotográfico instalación de piezómetro. S-1 (JAM S.I)



Ilustración 4-27 Registro fotográfico instalación de piezómetro S-2 (JAM S-1 I)

Para la instalación de los inclinómetros se realizaron dos perforaciones S-2 de 16.80m y S-5 de 17.45m de profundidad, luego se realizó la instalación de la tubería para inclinómetros tipo SNAP SEAL de 70 mm.



Ilustración 4-28 Registro fotográfico instalación de inclinómetro S-4 (JAM S-2)



Ilustración 4-29 Registro fotográfico instalación de inclinómetro S-3 (JAM S-5)

4.2.3.1 Resultados de monitoreo de piezómetros

En la Ilustración 4-30 se presentan las lecturas de los niveles piezométricos que se han realizado (corresponde a la profundidad del agua medida desde la superficie del terreno) a la fecha del 30 de octubre del 2018.

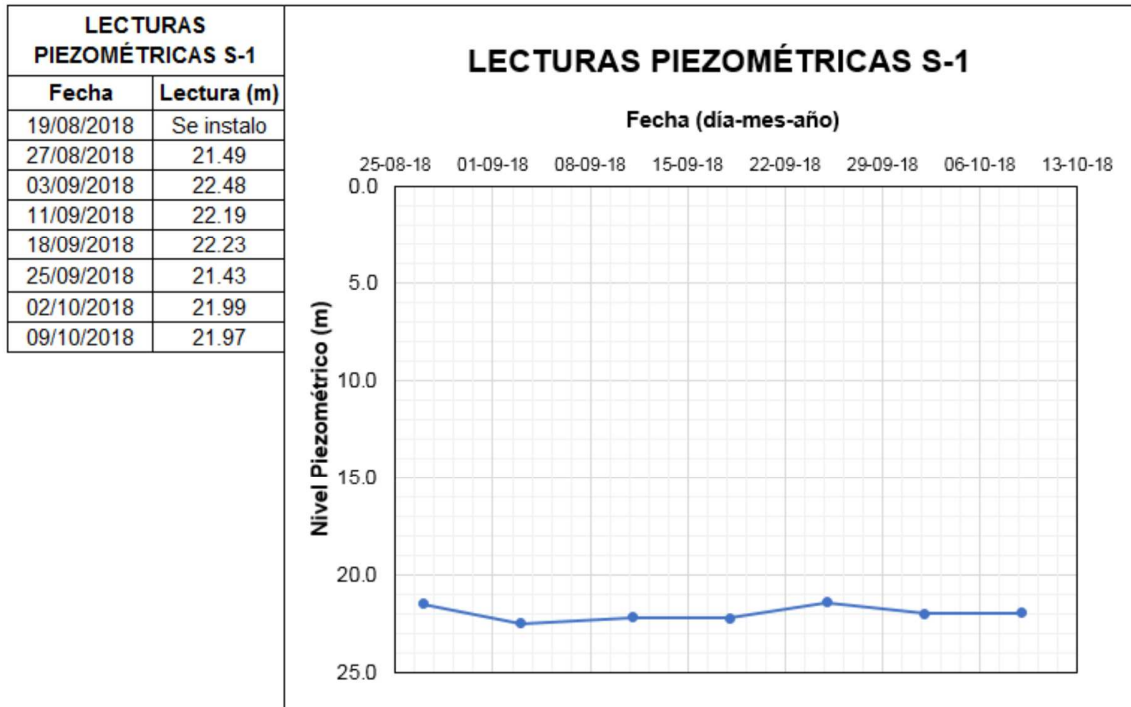


Ilustración 4-30 Lectura Piezométricas S-1 (JAM S-1)

El 19 de agosto del 2018 se realizó la instalación del piezómetro del sondeo S-1, solo fue posible la toma de siete (7) lecturas, debido a las actividades de demolición de las viviendas, que se está llevando a cabo en el sitio de estudio, el piezómetro S-1 se vio afectado por desechos de la construcción, razón por la cual no fue posible el registro de los niveles después del 9 de octubre de 2018.

Se observa que la variabilidad en la altura del nivel piezométrico de las dos últimas lecturas registradas fue de 2 cm y la máxima variación fue de 1.05 m.

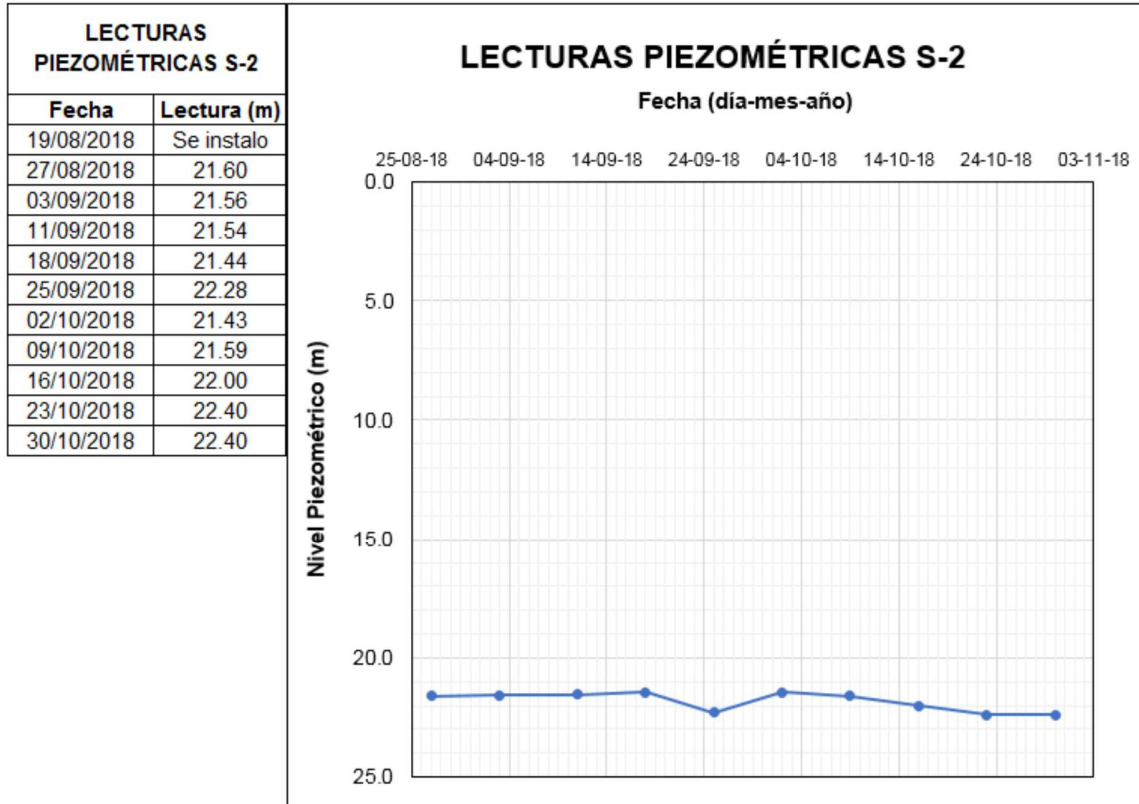


Ilustración 4-31 Lecturas Piezométricas S-2 (JAM S-11)

La instalación del piezómetro del sondeo S-11 (denominada S-2 por la empresa que está llevando a cabo el monitoreo), ese realizó el 19 de agosto del 2018, no hay variaciones en el nivel de agua entre la lectura del 23 de octubre y la del 30 de octubre del 2018. (Ver Ilustración 4-31). La máxima variación en los niveles del agua fue de 0.96 m.

4.2.3.2 Resultados del monitoreo de inclinómetros

4.2.3.2.1 Sondeo S-3 (PC.-01)

Una vez instalada la tubería se realizó la primera lectura el 28 de agosto del 2018, la cual se tomó como lectura de línea base para las futuras mediciones. (Ver Ilustración 4-32)

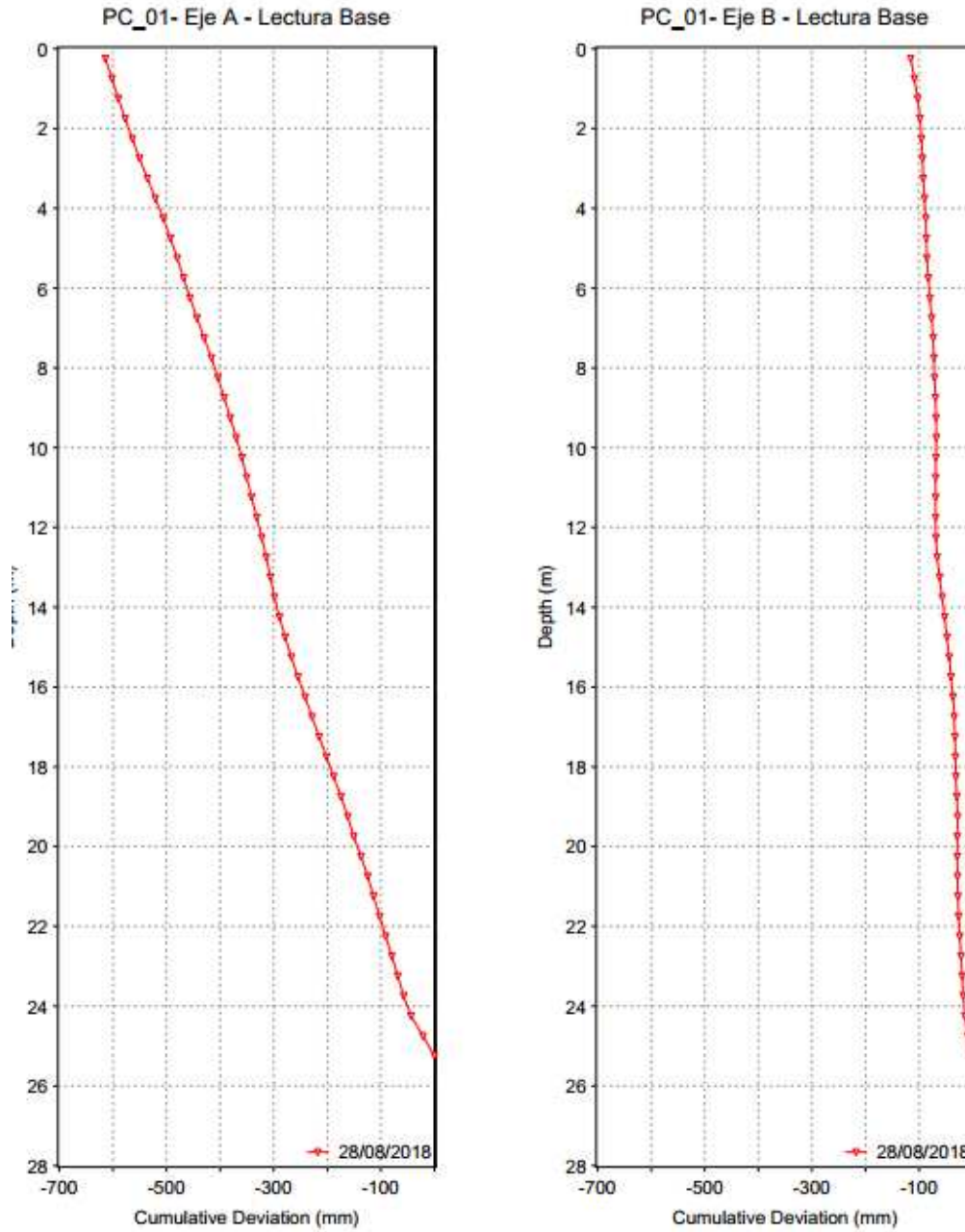


Ilustración 4-32 Lectura Base S-3 (JAM S-5)

A la fecha se han realizado diez (10) lecturas, la lectura de línea base y nueve (9) adicionales las cuales se han realizado de manera semanal. En la Ilustración 4-33 se muestran los desplazamientos acumulados desde el 28 de agosto del 2018 hasta el 30 de octubre del 2018.

La lectura acumulada del 31 de octubre del 2018 no fue posible llevar la sonda a la profundidad total de 25 m, debido al desplazamiento de la masa de suelo, la tubería se fracturo a una profundidad de 24 m obstruyendo del recorrido que realiza el inclinómetro lo que implica que no se puede conocer el desplazamiento de la tubería con respecto a su posición inicial.

Para la lectura acumulada del 31 de octubre, se observa que el desplazamiento respecto al acumulado, para el sentido de la A-A varió 6.71 mm en la superficie en sentido contrario. En el eje B el movimiento se encuentra en el sentido izquierdo de la posición inicial con un desplazamiento de 13.5 mm en la superficie.

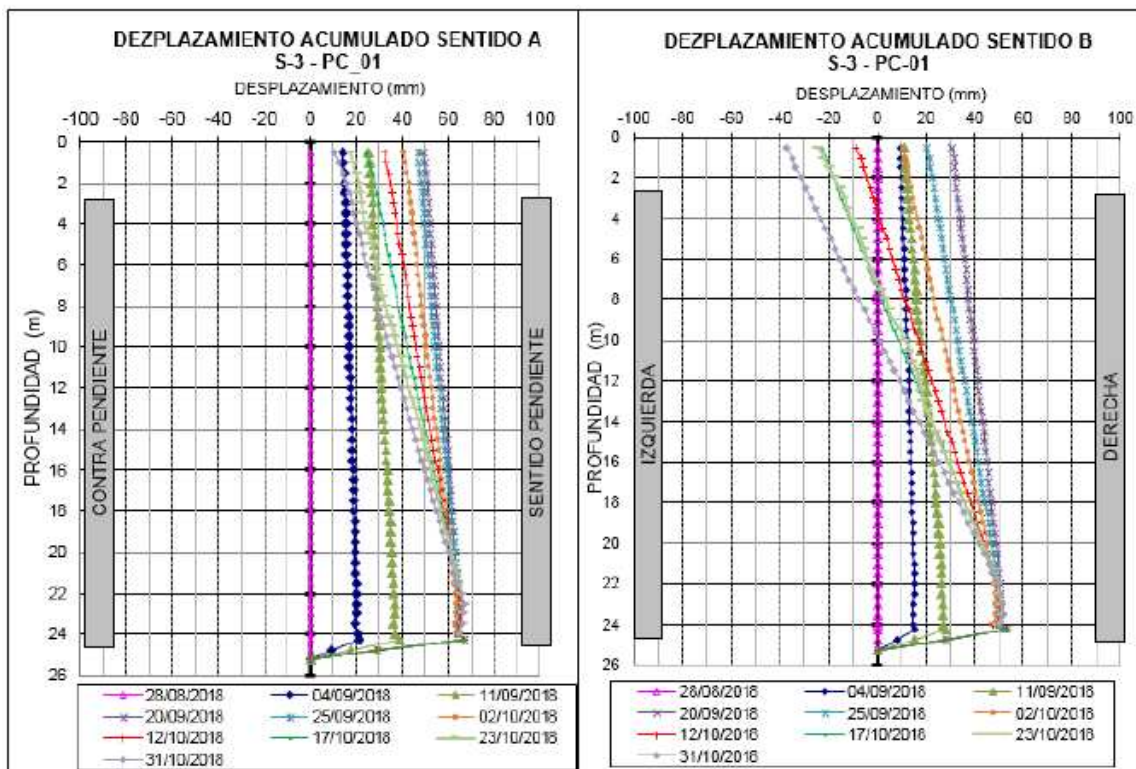


Ilustración 4-33 Desplazamiento acumulado del Inclinómetro S-3 (JAM S-5) (desde el 28 de agosto del 2018 al 02 de Octubre del 2018)

4.2.3.2.2 Sondeo S-4 (PC-02)

Una vez instalada la tubería se realizó la primera lectura el 28 de agosto del 2018, la cual se toma como referencia para las posteriores mediciones; es decir ésta será la lectura de línea base, con la cual se comparará los posibles desplazamientos que tenga la tubería. (Ver Ilustración 4-34).

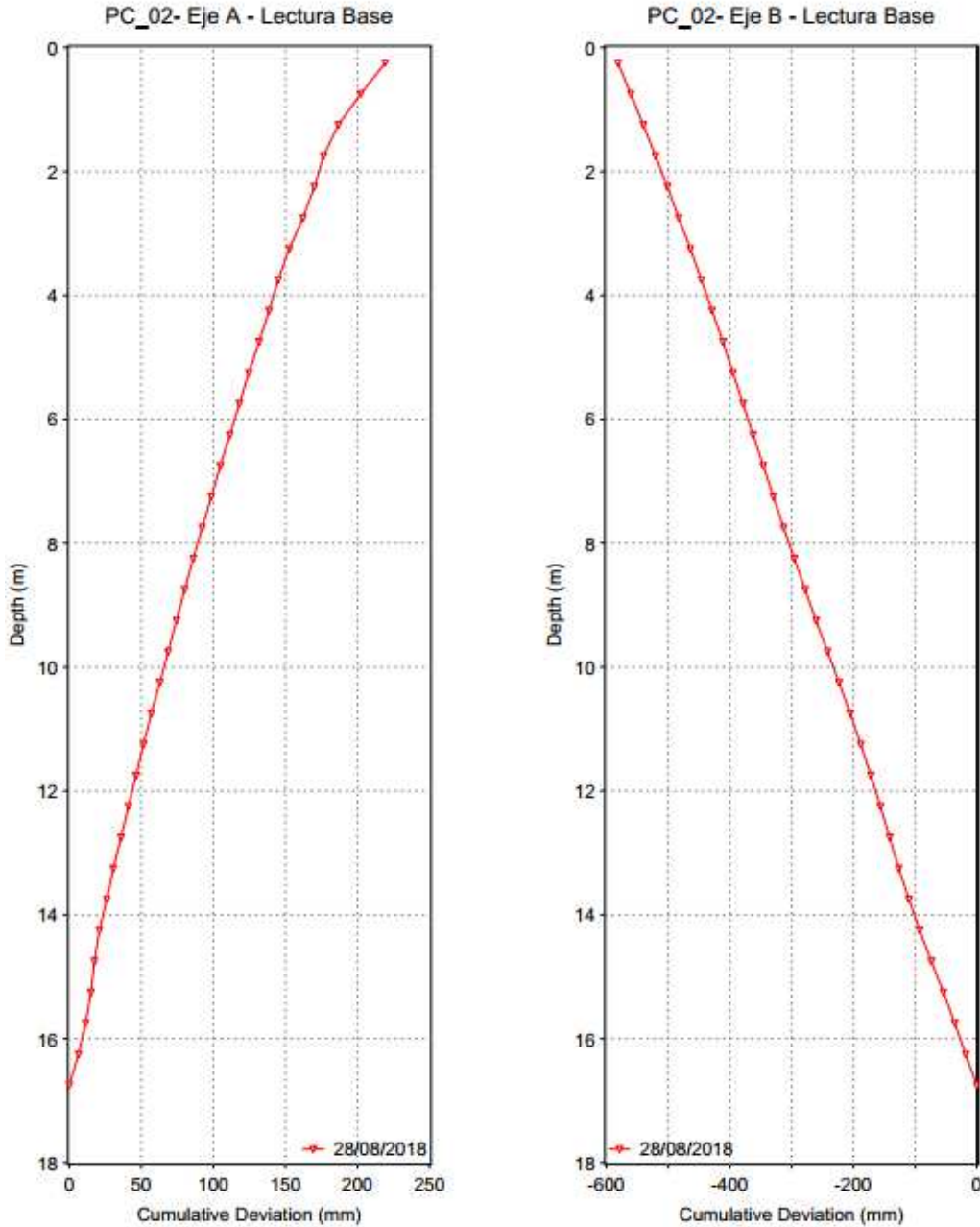


Ilustración 4-34 Lectura Base S-4 (JAM S-2)

A la fecha se han realizado diez (10) lecturas, la lectura de línea base y nueve (9) adicionales las cuales se han realizado de manera semanal, en la Ilustración 4-35 muestran los desplazamientos acumulados desde el 28 de agosto del 2018 hasta el 31 de octubre del 2018.

Para la lectura acumulada del 31 de octubre del 2018, se observa que el desplazamiento en el sentido A-A de la ladera se mantuvo estable respecto a la lectura anterior. En el eje B-B se observó que el desplazamiento fue 1.34 mm respecto a la lectura del 23 de octubre del 2018.

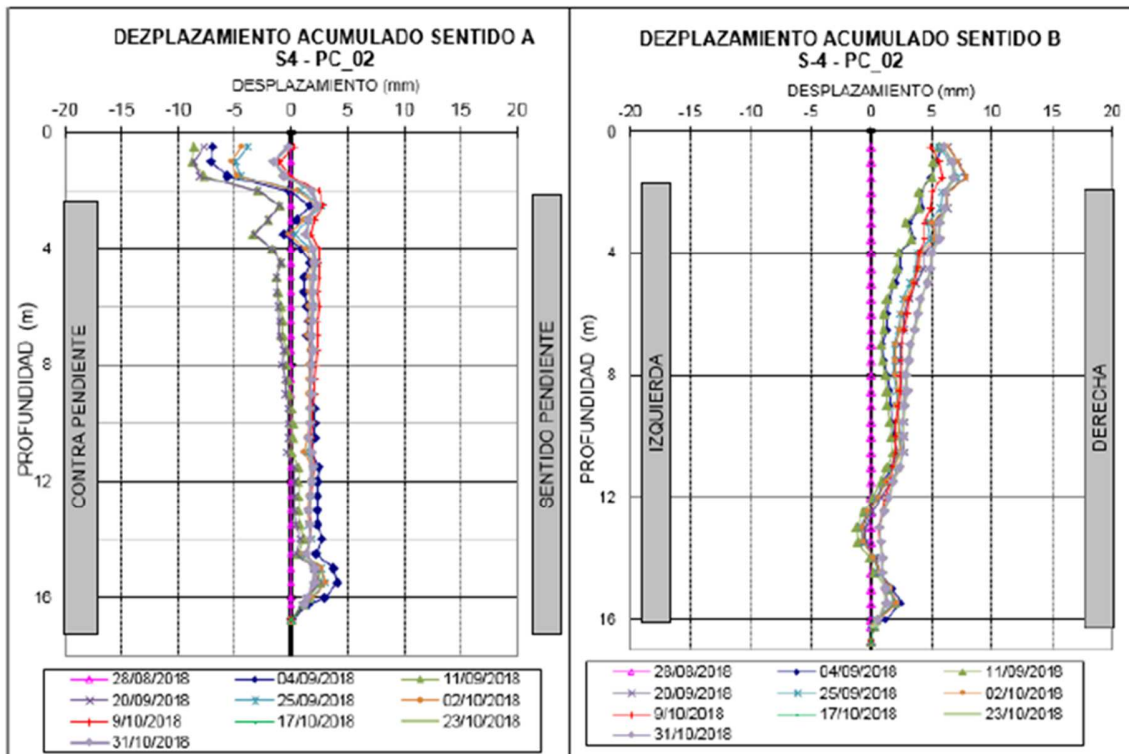


Ilustración 4-35 Desplazamiento acumulado del Inclinómetro S-4 (JAM S-2) (desde el 28 de agosto del 2018 al 09 de Octubre del 2018)

Los resultados de la instrumentación pueden encontrarse en el **Anexo D3. Informes de monitoreo.**

4.3 EVALUACIÓN GEOLÓGICA

El barrio El Peñón del Cortijo Sector III se encuentra localizado en la parte inferior de las laderas (Localidad de Ciudad Bolívar) donde afloran las unidades de rocas del Grupo Guadalupe (Formación Tierna y Labor – Ksgt) y la Formación Guaduas del Paleoceno, que han sido objeto de procesos de minería y posteriormente urbanizadas.

En las laderas de los cerros suroccidentales, UPZ Ismael Perdomo, las unidades de roca más antiguas afloran en la parte superior de la ladera a la altura del Barrio Sierra Morena y a medida que se desciende hacia la zona plana van aflorando la Formación Guaduas, truncadas por la zona de conos del Tunjuelo y sedimentos lacustres.

En la Ilustración 4-36 se presenta la distribución de la formación Guaduas en la ladera y se delimita la zona objeto de estudio del Barrio El Peñón del Cortijo. En términos generales se describen estas unidades a continuación, de acuerdo a MARTINEZ, 1990².

- La Formación Tierna y Labor consta de tres conjuntos: a) uno inferior conformado por areniscas cuarzosas, de color gris claro, de poco espesor, de grano fino a medio, ligeramente friables; b) un conjunto intermedio donde predominan arcillolitas y limolitas silíceas, y c) el conjunto superior constituido por areniscas cuarzosas, gris claro, de grano medio a grueso, con estratificación cruzada, moderadamente friables, y en estratos de 0,2 a 3,0 m de espesor.
- La Formación Guaduas de edad Maestrichtiano Superior a Paleoceno Inferior, es una unidad sedimentaria depositada en un ambiente marino para la parte inferior y transicional y aluvial para la parte media y superior fluviolacustre presenta en la Sabana de Bogotá un espesor entre los 700 m y 1000 m. La formación Guaduas consta de tres conjuntos: a) el inferior, conformado por arcillolitas y areniscas de grano fino y mantos de carbón; b) el conjunto intermedio, constituido por areniscas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón de poco espesor, y c) el superior, constituido por arcillolitas de color gris oscuro, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y mantos de carbón. El espesor total de la unidad es de 1.000 m para la región Oriental y suroccidental de Bogotá, y entre 700 y 1080 m para la región occidental y nororiental de la sabana.

Desde el punto de vista estructural el área se encuentra sobre una estructura monoclinal, que buza hacia el nororiente con una inclinación de 25°encajada. Hacia el norte y sur dos lineamientos que hacen parte del sistema de fallas SW- NE de la Sabana de Bogotá. El lineamiento de falla del norte corresponde a una estructura transversal o falla de rumbo³ y es la prolongación de la falla que controla las quebradas Santa Rita y Santo Domingo⁴ (Parque Altos de la Estancia). Esta falla al parecer ha contribuido con el desplazamiento y levantamiento de los niveles de arenisca que bordean la quebrada Santa Rita, en los

² Referenciado en Cartografía Geológica aplicada a la zonificación geomecánica de la sabana de Bogotá SGC, 2004 (antes INGEOMINAS).

³ Zonificación de riesgo por inestabilidad del territorio para diferentes localidades de Santa Fe de Bogotá (Esc 1:10000), INGEOCIM Ltda, 1997.

⁴ Estudio geotécnico, evaluación de alternativas de medidas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar la zona comprendida entre las quebradas Santa Domingo y Santa Rita, barrio El Espino – Localidad de Ciudad Bolívar. Civiles Ltda - Hidroconsulta Ltda - FOPAE, 1999.

alrededores del barrio San Rafael. Hacia el sur un lineamiento fotogeológico en el mismo sentido (SW-NE) que cruza la estructura del Tanque del EAAB.

Debido a la localización de estas dos estructuras regionales con relación al barrio El Peñón del Cortijo, se considera que influyen considerablemente en la condición mecánica de la ladera dónde se localiza la zona de estudio. Esto, sumado a la implementación de voladura en roca con fines extractivos, fundamenta la condición “brechada” del material que conforma no sólo el talud dónde se está presentando el movimiento en masa, sino otros puntos identificados durante la etapa de reconocimiento geológico en campo.

En la Tabla 4-13 se presentan las estaciones del levantamiento geológico con su descripción y en el plano 2.1 su respectiva localización.

Estación	Coordenadas		Descripción
	Este	Norte	
1	90255	98481	Bancos de arenisca cuarzosa de grano fino a medio color amarillo claro friable con bajo grado de fracturamiento. Fotos 739-741
2	90257	98491	Hacia el tope del banco de arenisca aflorante de la estación 1 se encuentran bloques de arenisca muy fracturada posiblemente corresponde a un contacto. Fotos 742-746, DB 305746°
3	90273	98499	Corredor vial, evidencias de flujo de detritos. Fotos 747-766
4	90293	98500	Arenisca de grano fino altamente fracturada (aspecto brechado) meteorizada superficialmente. Fotos 767-770
5	90269	98517	Flujo de detrito, material arenoso. Se observan ventanas de roca dura, con mayor grado de dureza respecto a la estación 2
6	90278	98528	Estratificación DB 292727°. Fotos 780-784
7	90279	98556	Depósito clasto soportado, matriz arenosa de aproximadamente 8 a 10 m. Clastos de arenisca subangulosos heterométricos
8	90052	98564	Depósito de ladera matriz soportado con matriz arcillo-limosa con costras de oxidación. Bloques de cuarzoarenita de grano fino a medio color blanco-amarillo claro de hasta 1 m de diámetro deleznable. Fotos 490-497
9	90034	98566	Bloques esporádicos de arenisca dura. Fotos 498-502
10	90172	98689	Zona de brecha. Roca muy fracturada. DB 210728°
11	90292	98567	Desconfinamiento de roca fracturada presenta niveles arcillosos con bloques angulosos de arenisca de grano fino a medio. Roca alta fracturada
12	90307	98725	Arenisca gris oscura de grano fino, laminación plano paralelo. DB 260730°. Fotos 646-658
13	90314	98576	Estría de falla. DB 172785°. Cuarzoarenita de gran o grueso duro color amarillo claro fracturada.
14	90117	98520	Matriz arcillo-arenosa blanca con amarillo claro se presentan bloques angulosos de arenisca fracturada deleznable de grano grueso a medio. Fotos 812-819



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN
EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE
LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ,
D.C.



Estación	Coordenadas		Descripción
	Este	Norte	
15	90419	98744	Deslizamiento arcillolita abigarrada. Fotos 832-850
16	90515	98685	Estratificación DB 272°35' y DB 263°26'. Fotos 85 1-870
17	90040	98485	Suelo con contenido de materia orgánica. Roca altamente meteorizada con intercalaciones de arcillolita gris clara. Fotos 456-460
18	90013	98489	Relleno antrópico de aproximadamente 1.2 m. Fotos 461-462

Tabla 4-13 Coordenadas de las estaciones de levantamiento geológico



Ilustración 4-36 Geología Regional escala 1:10000. INGEOCIM Ltda. 1997

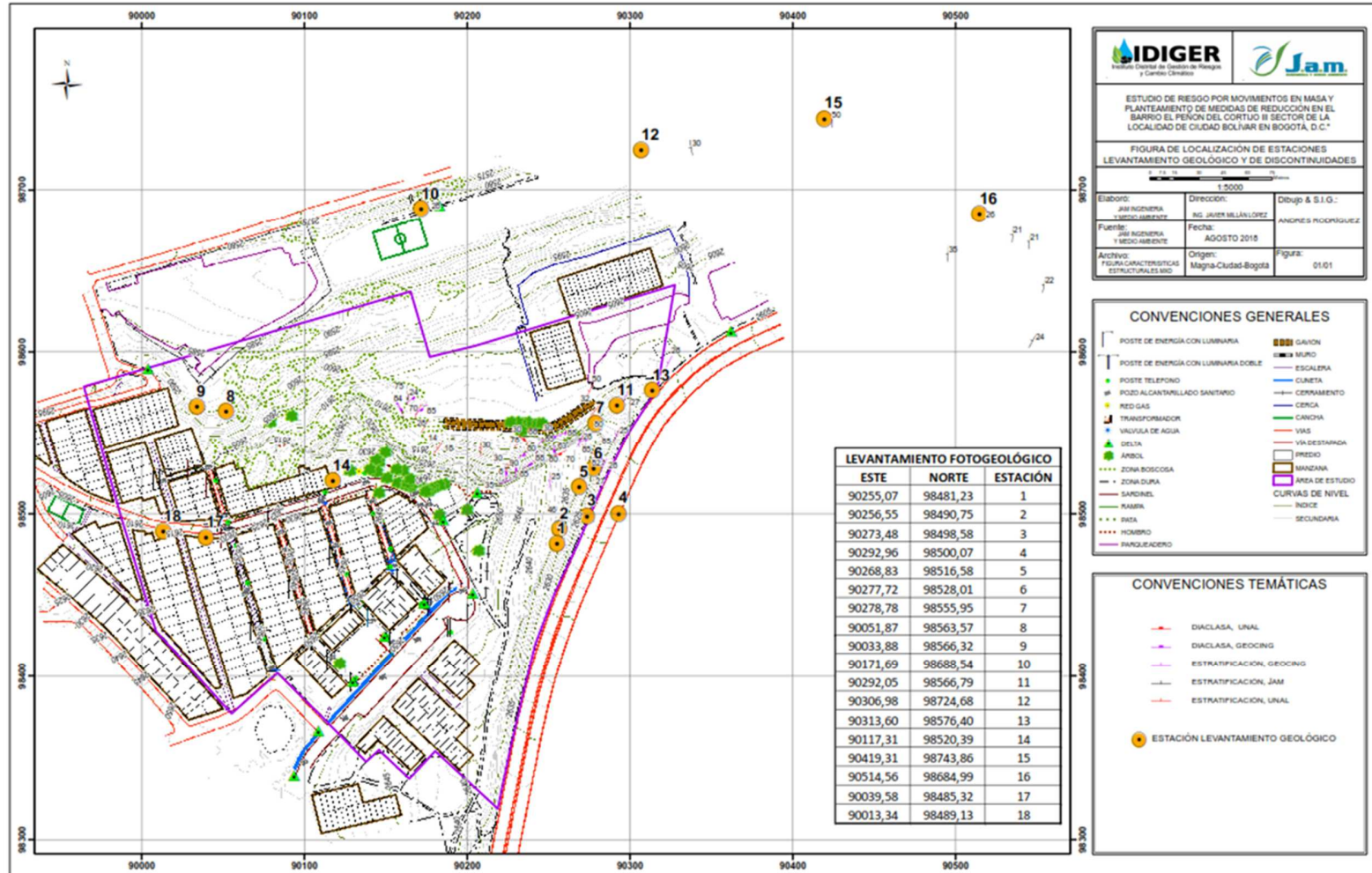


Ilustración 4-37 Localización estaciones de levantamiento geológico y de discontinuidades



Ilustración 4-38 Afloramiento de banco de arenisca cuarzosa de grano fino. Parque el Ensueño

Las unidades rocosas presentan una dirección de rumbo preferencial promedio de N60°EW y buzamiento de 22°NE, aproximadamente concordante con la pendiente del terreno. En la Ilustración 4-41, se identifican tres sitios o áreas donde se pueden observar la variación en la zona aledaña al área de estudio.

Debido a la complejidad tectónica de la zona, para el levantamiento de datos estructurales fue necesario hacer la inspección y toma de datos en unidades rocosas que afloran fuera del área de estudio. Uno de estos puntos de control estructural se localiza en el afloramiento del talud minero en el Parque el Ensueño (en amarillo en la figura), estación N° 16, localizado estratigráficamente por debajo de la zona de estudio. Estas rocas pertenecen al conjunto medio de la Formación Guaduas y presentan una dirección de buzamiento predominante en sentido NW. Las estaciones 10, 12 y 15 también hacen parte de los puntos de control litológico y estructural localizados en dirección NE fuera del área de influencia. Ver Ilustración 4-41.

Los datos estructurales fueron sometidos a corrección por declinación magnética⁵. Para tal fin se emplearon dos calculadoras en línea, una de la Agencia Nacional de Información

⁵ diferencia entre el norte geográfico y el indicado por una brújula ('norte magnético'). La declinación magnética varía según el lugar, y con el paso del tiempo. En un sentido más amplio, este término nos remite a la discordancia entre los modelos ideales y la realidad, y a la idea de márgenes de error y fallos de cálculo en sistemas de medida supuestamente racionales

Ambiental de los EE.UU., NOAA (Por sus siglas en inglés) <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination> y <http://www.magnetic-declination.com/>. Con base al reporte arrojado por NOAA (National Center for Environmental Information) el día 13 de Septiembre de 2018, fecha para la cual se realizó el levantamiento de discontinuidades para la caracterización del macizo rocoso, presentó una declinación de 7°28'W (Ver Ilustración 4-39)

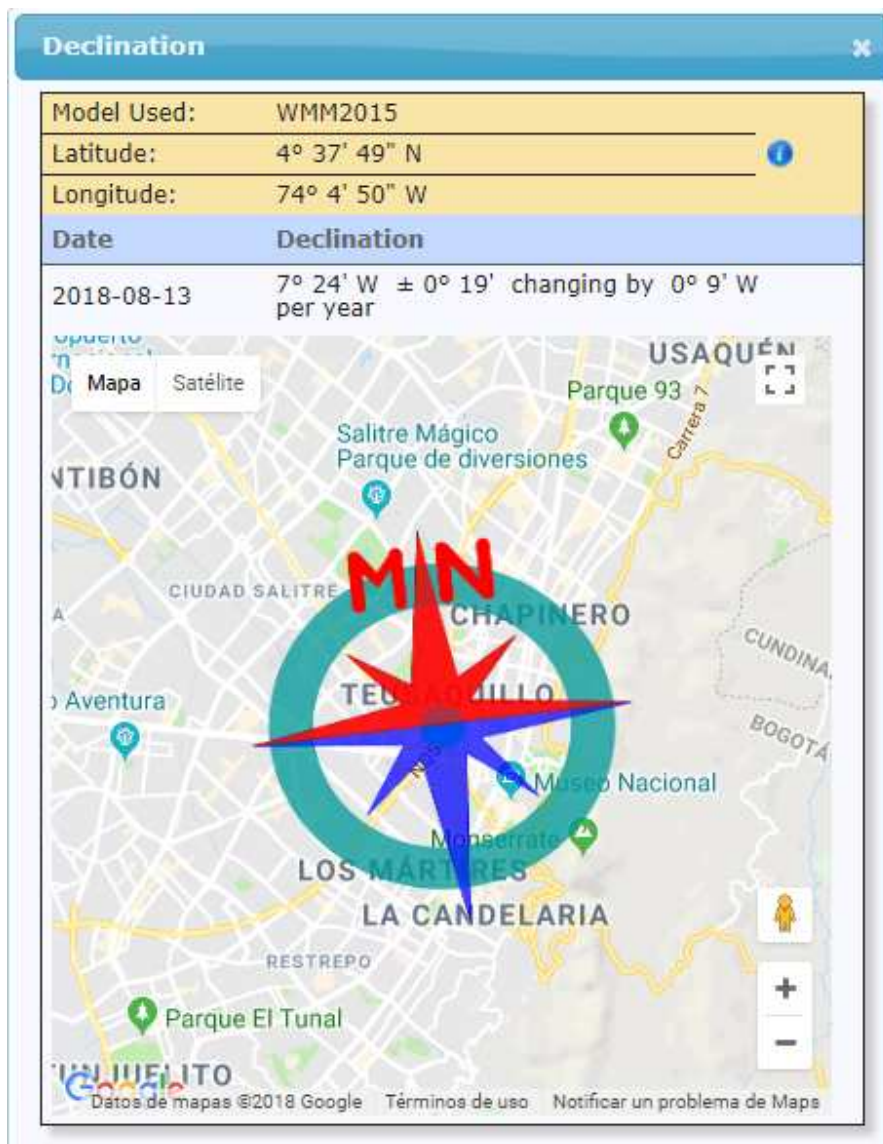


Ilustración 4-39 Reporte declinación Magnética Bogotá D.C. Tomado de NOAA



Ilustración 4-40 Toma de datos estructurales



Ilustración 4-41 Parque el Ensueño: Afloramiento de banco de arenisca cuarzosa de grano fino. Unidades de la base del conjunto medio de la Formación Guaduas

Hacia la zona del talud minero en estudio, las unidades se presentan fracturadas por las condiciones estructurales expuestas, y por el impacto de la voladura con dinamita durante la extracción de materiales. Sin embargo, guardan el rumbo y dirección de las unidades (Ver Ilustración 4-42).



Ilustración 4-42 Afloramiento de arenisca cuarzosa altamente fracturada. Costado derecho, sobre la transversal 60, entre la calle 69 y 68C Sur.

Los planos de diaclasa son verticales y perpendiculares a la orientación de los estratos, este sistema de diaclasamiento condiciona la calidad del macizo que presenta desprendimientos y fallas en cuña de acuerdo con la orientación del talud minero.

En el sector de Altos de la Virgen, las unidades de rocas están invertidas y altamente fracturadas (ver Ilustración 4-43).



Ilustración 4-43 Sector La Virgen: Afloramiento de arenisca con aspecto brechado. Costado norte de la cancha de Fútbol, sobre la calle 67 Sur, entre la carrera 72 y 72B.



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN
EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE
LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ,
D.C.



Con la información de los estudios de la UN, 2009, GEOCING, 2013 y el levantamiento estructural en campo, se consolidó un mapa de las características estructurales de carácter local para la zona de estudio.

A continuación, se describe las unidades de materiales a nivel del área de estudio, de acuerdo con el análisis de la información secundaria, el levantamiento directo y la interpretación geológica.

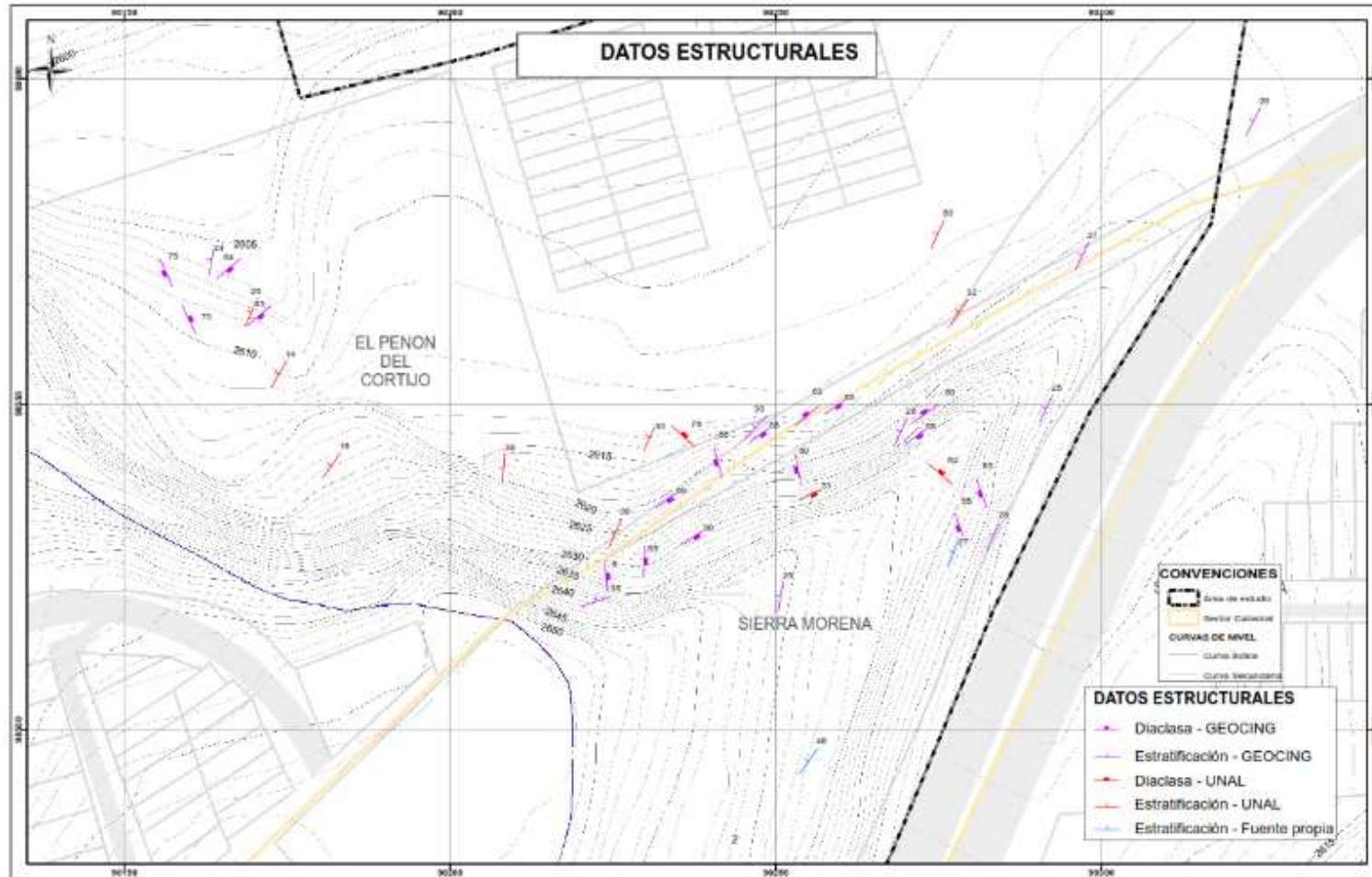


Ilustración 4-44 Levantamiento de datos estructurales.
Fuente: Compilación de UN, (2009), GEOCING (2013) y , JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2018)

4.3.1 Unidades de Roca

Las unidades de roca que hacen presencia en el área de estudio son parte del conjunto medio de la formación Guaduas, los principales afloramientos en la zona de estudio se ubican en los taludes de la vía a Sierra Morena, en el sector más oriental del talud minero y parcialmente en algunas ventanas donde se realizó la obra en el talud minero. El resto de la zona se encuentra cubierta por urbanismo con ocasionales taludes de corte en las viviendas. En la Ilustración 4-45 se muestra los taludes en la vía hacia Sierra Morena, el talud sin obra del frente de explotación en la Ilustración 4-46, las ventanas en el talud minero en la Ilustración 4-47 y afloramientos en cortes de vivienda en la Ilustración 4-48.



Ilustración 4-45 Unidades de roca en los taludes viales.



Ilustración 4-46 Afloramiento en talud minero sin recubrimiento



Ilustración 4-47 Afloramiento de nivel de arcilla caolinitica, Talud del antiguo frente de explotación.



Ilustración 4-48 Afloramiento en taludes de cortes – Trinchera 2. Coordenadas E: 90037m N: 98538m

En el reconocimiento de campo se identificó que las viviendas de los predios 01, 02, 03 y 04 de la manzana 57 se encuentran cimentadas sobre roca. En la Ilustración 4-48 se observa un suelo residual areno-arcilloso que no supera el metro de espesor, lo que permite inferir que estas viviendas no se encuentran cimentadas sobre relleno alguno.

Con base a la información de los afloramientos rocosos y principalmente, con la arrojada por los sondeos realizados se cartografiaron tres unidades de roca intermedia, dos unidades de roca blanda, un suelo transportado y dos depósitos antropogénicos de espesor variable (Ver Ilustración 4-49). En la Ilustración 4-50, se presenta el perfil general de la zona. Las unidades de roca presentan perfiles de meteorización (Tipo III) y se encuentran fracturadas.

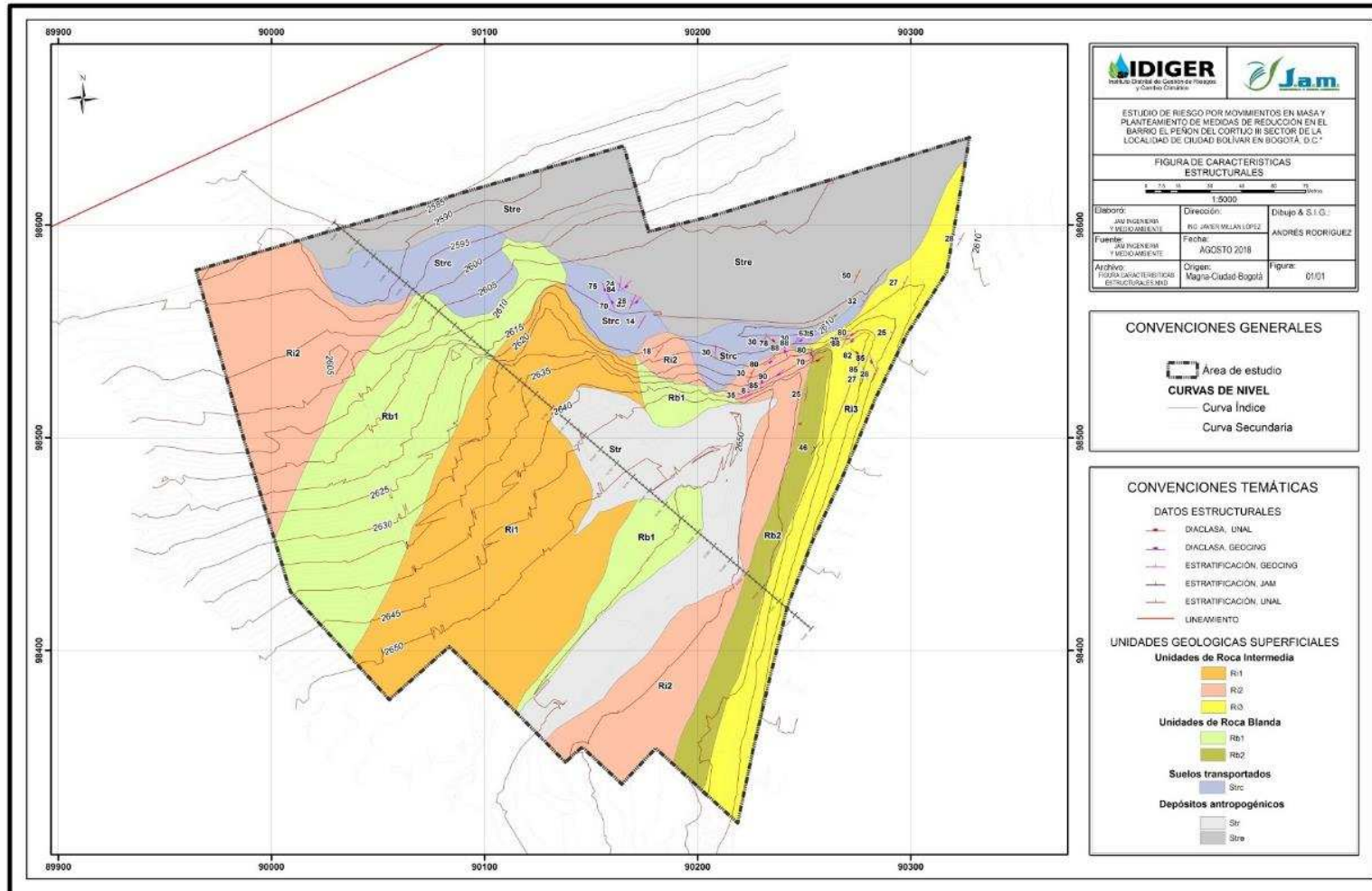


Ilustración 4-49 Unidades geológicas superficiales de la zona de estudio

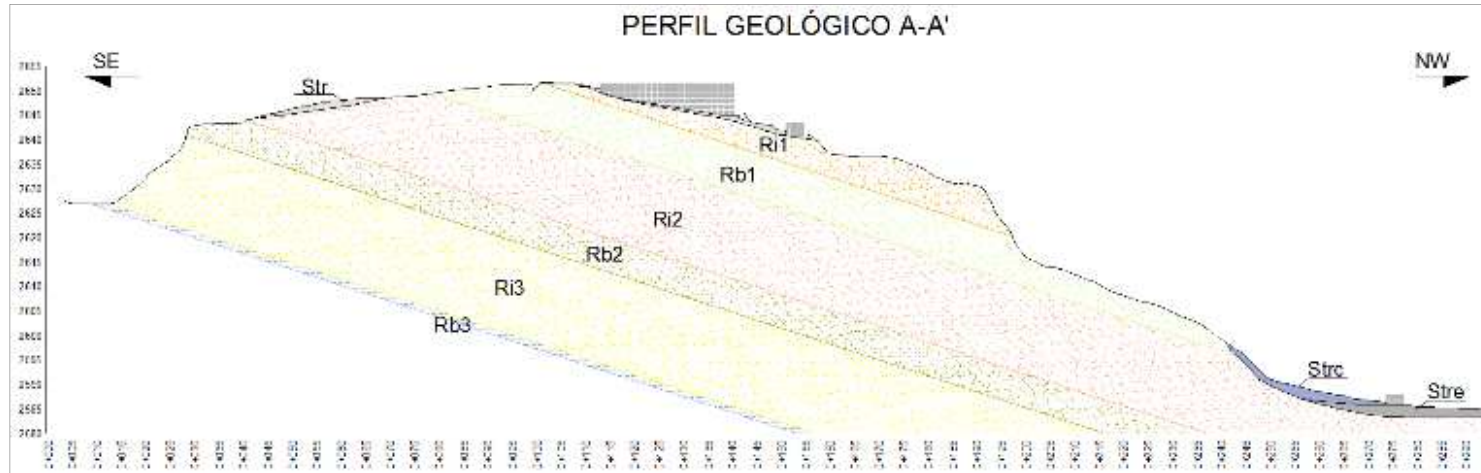


Ilustración 4-50 Perfil I Unidades Geológicas Superficiales de la zona de Estudio

A continuación, se describen las unidades geológicas superficiales de roca intermedia, roca blanda, suelo transportado y depósitos antropogénicos.

1. Unidad de roca moderadamente dura o intermedia (Ri)

Las unidades de roca que se describen a continuación presentan discontinuidades asociadas a la influencia de los dos lineamientos regionales que enmarcan la zona de estudio, los cuales fueron descritos previamente. Sin embargo, en función de la escala de análisis se concluye que la implementación de voladura en el talud donde se desarrollaban actividades extractivas algunos años atrás condicionó en gran medida el mecanismo de fisuración y comportamiento mecánico del macizo.

Unidad Ri1: Arenisca blanca amarillenta cuarcítica de grano medio altamente diaclasada (aspecto brechado) con cemento silíceo ligeramente arcilloso. De acuerdo con el perfil realizado puede alcanzar espesores de hasta 8 metros.

Unidad Ri2: Arenisca cuarcítica de grano fino a medio subredondeado con cementante silíceo levemente arcilloso. Esta unidad presenta menor grado de diaclasamiento (tamaño de muestra recuperado de mayor diámetro).

Unidad Ri3: Bancos de arenisca cuarcítica de grano fino a medio color gris y amarillo por meteorización en estratos gruesos moderadamente diaclasados con niveles delgados de arcillolita gris de consistencia media. Esta unidad aflora en el talud del costado derecho de la transversal 60 en sentido NS.

2. Unidad de roca blanda (Rb)

Unidad Rb1: Arenisca blanca amarillenta friable de grano medio a fino con cemento ligeramente arcilloso y presencia de óxidos de Hierro, con un espesor aproximado de 17 metros. Esta unidad presenta intercalaciones de niveles arcillosos de aproximadamente 5 a 10 cm de espesor con laminación lenticular. En el tope de esta unidad se encuentra un nivel de aproximadamente 1 m de arcillolita caolinita de consistencia media.

Unidad Rb2: Arcillolita limo arenosa amarillento ocre de consistencia firme de aproximadamente 5 metros de espesor.

Unidad Rb3: Esta unidad no aflora en superficie, sin embargo, por medio del sondeo SND_09 se identificó su contacto. Este material corresponde a una arcillolita grisácea de consistencia firme con niveles esporádicos de 30 cm de espesor de arenisca amarilla clara de grano fino con presencia de óxidos de hierro, y se encuentra suprayaciendo una antigua escombrera a una profundidad de 11.7m en la parte baja del talud donde se localizan los gaviones en piedra.

3. Suelos transportados

Unidad Strc: Comprende los depósitos de material deslizado localizado en la parte media y baja del talud minera en forma de lóbulos como resultado del desprendimiento de bloques y material fino del antiguo talud minero.

4. Depósitos Antropogénicos

Unidad Stre: Antigua escombrera en el patio del frente de explotación, que fue posteriormente adecuado para la construcción de viviendas del Peñón El Cortijo. Constituido por gravas y bloques heterométricos de arenisca blanca amarillenta de grano fino a medio, embebidos en una matriz areno limosa. Su espesor oscila entre 5 y 11m.

Unidad Str: Comprende la colocación de materiales de conformación e laderas para la construcción de vías y viviendas, de espesor variable entre 0.60 m a 1.20 m.

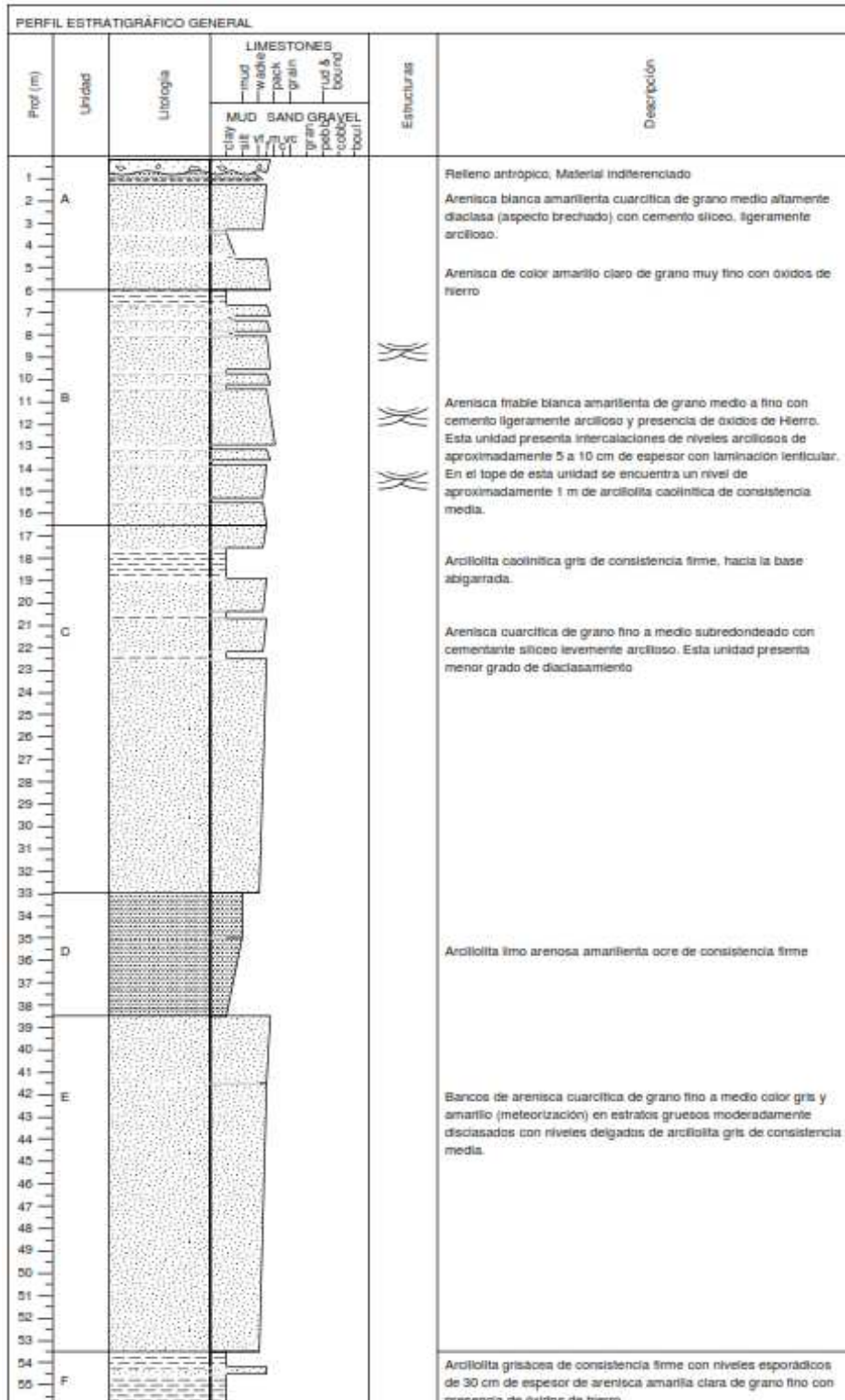


Ilustración 4-5 | Columna estratigráfica de la zona de estudio

4.3.2 Hallazgos

Las primeras actividades desarrolladas y presentadas en el informe diagnóstico preliminar permitieron establecer una serie de criterios para validar o refutar cada una de las hipótesis. A continuación, se describen los principales hallazgos resultantes de la recopilación de la información y trabajo de campo realizados.

4.3.2.1 Hallazgo 1

El seguimiento a las fisuras y hundimientos, en los dos primeros meses, evidenciaron que el problema de inestabilidad involucraba las unidades de roca que se localizan por debajo de los rellenos. Como se puede observar en la Ilustración 4-52.



Ilustración 4-52 Fotografías comparativas de materiales involucrado.

4.3.2.2 Hallazgo 2

En la inspección del estado actual de los taludes que conforman el sector minero se estableció tres sectores (Ver Ilustración 4-53), de acuerdo con las condiciones de estabilidad:

- Sector 1: Talud oriental con orientación SW-NE, compuesto por rocas muy fracturadas sin protección.

- Sector 2. Talud central con orientación E-W se presentan areniscas intercaladas con unidades caoliniticas. Muy inestable.
- Sector 3. Talud NW-SE. Actualmente se encuentra estable sin afectaciones a la malla de triple torsión, pero la inclinación de los árboles indica pequeños desplazamientos del talud con presencia de algunas grietas.



Ilustración 4-53 Clasificación del talud minero. Criterio de experto

De este análisis se concluyó que el sector 2 se encuentra controlado por la dirección de los taludes que establecen el marco de desarrollo de una posible falla en cuña, a nivel de media ladera.

4.3.2.3 Hallazgo 3

La cartografía de las grietas evidenció dos (2) alineamientos: uno en dirección SW-NE y otro en dirección N-S, lo que ratifica un control del movimiento en la dirección de taludes mineros. En la Ilustración 4-54 se aprecia la dirección de las grietas con la dirección de los taludes, que marca un mecanismo de cuña.



Ilustración 4-54 Cartografía de grietas – Levantamiento en campo. El trazado en blanco Las líneas blancas marcan la dirección de los taludes mineros y las líneas rojas delimitan las grietas

4.3.2.4 Hallazgo 4

En los estudios elaborados para la zona de riesgo del movimiento en masa – tipo traslacional del deslizamiento El Espino guarda las siguientes características en los efectos del modelo de ocupación del territorio:

- La pata de la ladera había sido objeto de explotación de materiales dejando un talud entre 30 a 40 metros de altura, casi vertical.

- El macizo rocoso se encuentra altamente afectado por efecto de la voladura con dinamita.
- La expresión cartográfica la forma es similar al talud del barrio El Peñón del Cortijo.

En la Ilustración 4-56 se presenta la comparación entre la forma cartográfica de los dos movimientos en masa.



Ilustración 4-55 Cartografía de grietas – levantamiento en campo. El trazado en blanco las líneas blancas marcan la dirección de los taludes mineros y las líneas rojas delimitan las grietas.



Ilustración 4-56 Similitud en la forma cartográfica del movimiento en el Peñón del Cortijo (foto superior, 2014) y El deslizamiento de El Espino (foto inferior, 1997)

Un elemento importante que se analiza es que la longitud de la ladera superior del Espino es de mayor extensión que la del Peñón del Cortijo.

4.3.2.5 Hallazgo 5

Con base en el levantamiento estructural (Ilustración 4-44) realizado en los estudios de referencia ^{6 7} y los datos tomados en campo, se concluye que el macizo rocoso presenta una dirección de estratificación con tendencia SW-NE, la dirección de buzamiento varía entre 290° y 305°, y su buzamiento entre 27°-46°, además de estar afectado por cuatro familias de discontinuidades que condicionan el estado de fracturamiento de la roca:

- Familia 1 con una dirección de buzamiento de 324° y buzamiento de 87°
- Familia 2 con una dirección de buzamiento de 143° y buzamiento de 84°
- Familia 3 con una dirección de buzamiento de 254° y buzamiento de 82°
- Familia 4 con una dirección de buzamiento de 41° y buzamiento de 78°

En la Ilustración 4-57 se delimitan los taludes de corte minero que se constituyen por un sistema de discontinuidades secundarias que tienen un área de influencia sobre el talud

⁶ Estudio de riesgo por proceso de remoción en masa, diseño y presupuesto para las medidas de mitigación y estabilización de los taludes en los barrios Juan José Rondón - sector Alto de la Cruz y Peñón del Cortijo, de la Localidad de Ciudad Bolívar en la Ciudad de Bogotá, D.C. GEOCING. Contrato de consultoría No CDC -104-2013

⁷ Estudios técnicos de recuperación y tratamiento del talud y las deficiencias del terreno en la urbanización "Peñón del Cortijo – Etapa VI", Localidad Ciudad Bolívar. Universidad Nacional de Colombia. 2009

minero, las líneas verdes presentan los planos de sistemas de discontinuidades secundarias por efecto de la explotación minera

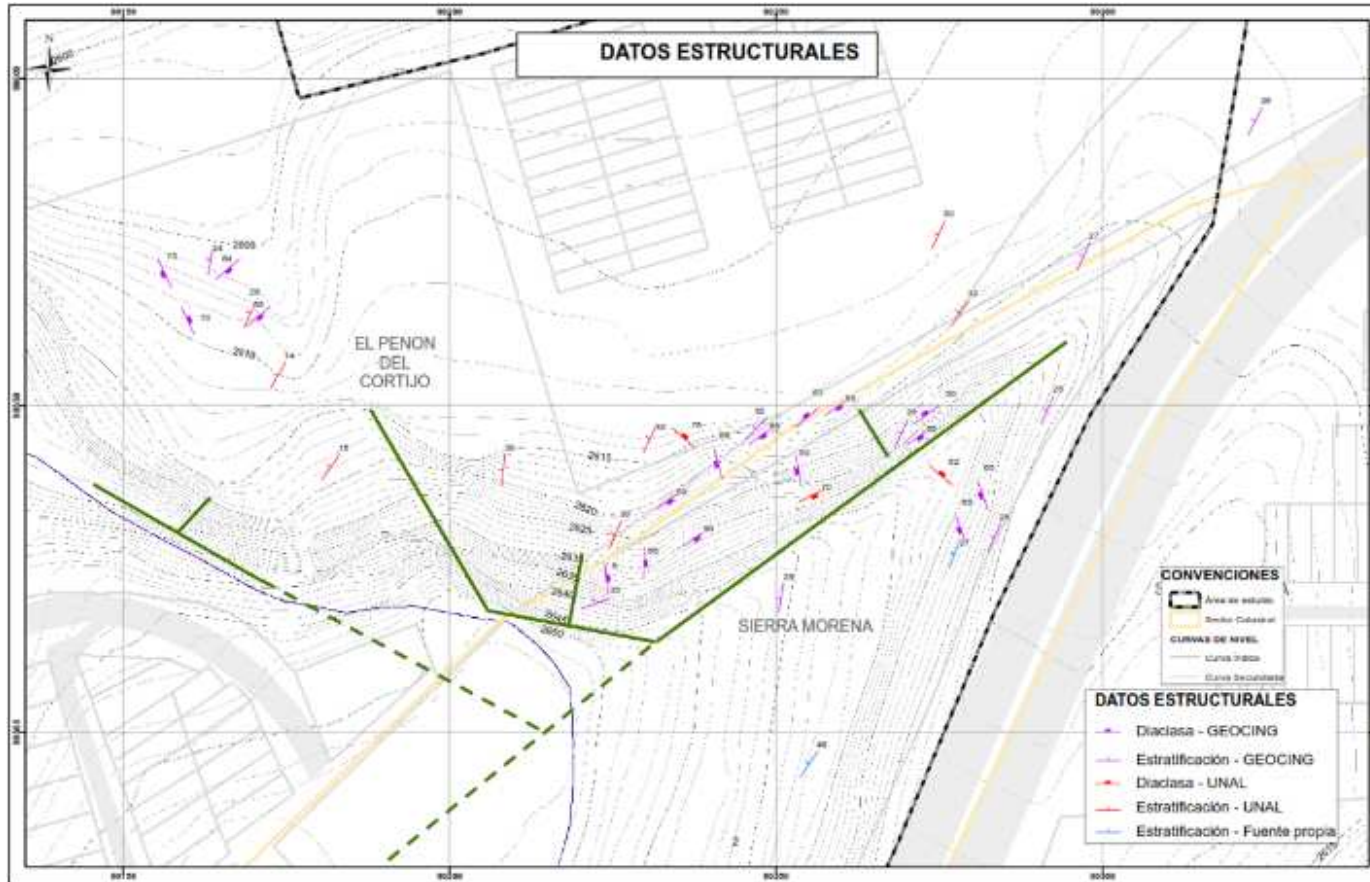


Ilustración 4-57 Sistemas primarias y secundarias del Macizo Rocosó aledaño al Talud Mineros

4.3.2.6 Hallazgo 6

El registro de los sondeos S-3, S-4, S-5 y S-11 permitieron la construcción del modelo geológico, el cual se presenta las siguientes características:

- Intercalaciones de areniscas blancas cuarcíticas con variación en su contenido de óxidos de hierro (especialmente donde la roca se encuentra más fracturada) y en el material cementante de la roca, que en algunos estratos tiende a ser predominantemente arcillosa lo cual le atribuye la propiedad a la roca de ser friable.
- Las areniscas presentan intercalaciones de arcilla caolinitica de consistencia media con estratificación delgada lenticular, a excepción de la columna del S-1 donde se observa una capa de este material de aproximadamente 1.35 m de espesor a una profundidad de 18.30 m.
- Ciertos niveles de arenisca presentan mayor grado de diaclasamiento, constituyendo un acceso fácil al agua subterránea concentrándose zonas de meteorización más avanzada; no obstante, a medida que la roca se profundiza su condición mecánica tiende a ser más favorable para la estabilidad de la ladera.

Lo anterior, plantea la existencia de niveles muy blandos que pueden actuar como una superficie de deslizamiento. Teniendo en cuenta que se encontraron dos niveles de arcillolitas caolinitica a mitad de la ladera y en su base.

4.4 EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA

El área de estudio hace parte de una ladera en pendiente estructural que forma una serie de cerros alineados en orientación NE, es muy común en estos que su parte superior se presente achatada que contrasta con laderas en pendiente alta, la estabilidad de estas geoformas de ladera es alta, en su condición natural. Ver Ilustración 4-58



Ilustración 4-58 Perfil de Ladera. Barrio El Peñón del Cortijo

Sin embargo, procesos de modificación o impacto alto como los procesos de minería alteran los perfiles estables, generando taludes inestables con pendientes mayores de 40 grados de carácter puntual o local de acuerdo con la orientación de los taludes mineros en relación con la geoforma original y a la disposición estructural de las unidades de roca

En la Ilustración 4-59 se presenta una delimitación de las unidades de laderas de acuerdo con su localización en la geoforma, donde se demarca el segmento de ladera de talud minero que registra desprendimientos y caídas de bloques, involucrando otros segmentos de ladera.

Las unidades o segmentos de ladera son:

Ladera en Contrapendiente - Lcp

Corresponde a las laderas localizadas en el sector oriental del barrio paralela a la vía principal hacia Sierra Morena, en ella afloran areniscas altamente fracturadas y arcillolitas. En su parte superior se aprecian bloques angulosos dispuestos en forma erráticos sobre la ladera como resultado de los procesos de meteorización de unidades superiores a las aflorantes.

Lomos – LI

Comprende la superficie superior achatada del barrio El Peñón del Cortijo. Los rellenos para la adecuación urbanísticos son mínimos y presentan generalmente buena estabilidad, con excepción al desconfinamiento de este segmento en cercanías al talud minero.

Laderas en pendiente estructural – Lpe

Corresponde a la ladera ubicada en el sector occidental de la superficie alomada, de pendiente alta, conformada por estratos de areniscas cuarcíticas y con rellenos de adecuación de viviendas y vías de hasta 1.20 metros.

Laderas en pendiente Estructural Residual - LPer

Comprende las laderas inferiores del cerro del Barrio el Cortijo que se presentan con menor pendiente que la inmediatamente superior como resultado de la presencia de mayores niveles de suelos residuales de las rocas aflorantes. En estas se encuentran localizadas importantes materiales de rellenos y botaderos.

Ladera de Talud de minería - Ltm

Esta unidad hace referencia a la ladera que comprende el antiguo frente de explotación o corte minero, con una morfología de pendiente muy escarpada $> 45^\circ$

En la Ilustración 4-60 se localizan dos procesos morfodinámicos, uno de ellos corresponde al escarpe de falla del movimiento activo objeto de análisis y otro en dirección NW del talud a un movimiento inactivo.

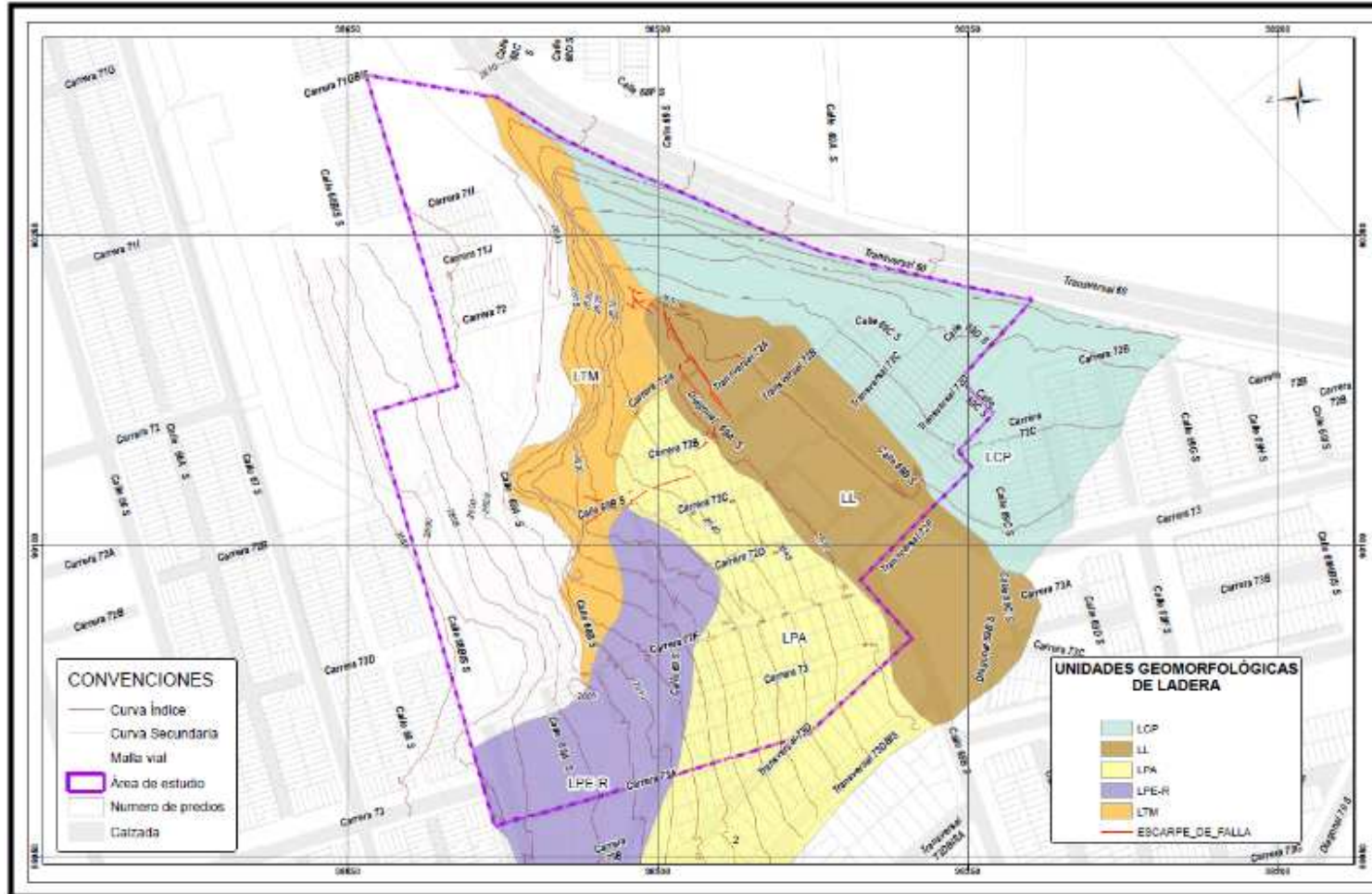


Ilustración 4-59 Unidades geomorfológicas de ladera

4.5 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

A partir de la interpretación de datos estructurales y estratigráficos de la zona afectada y la constitución de las rocas presentes, la hidrogeología de la zona inestable puede ser enfocada desde dos puntos de vista: la permeabilidad del macizo rocoso y la presencia de conductos internos de flujos de agua a través de la roca fracturada.

En el primer caso, en la parte alta de la ladera se encuentra una capa de suelo residual arcilloso limoso poco permeable que impide la penetración de agua escorrentía y el paso al interior de un macizo conformado por una serie de capas de arcilla caolinítica que actúa como sello impidiendo el flujo interno. Sin embargo las intercalaciones de arenisca fracturada existentes se constituyen canales permeables de una zona de recarga.

Flujos libres de agua y humedad concentrada ocurren en la zona inestable, principalmente en las interfaces o contactos rellenos-suelos residuales constituyendo conductos de agua que llevan al reblandecimiento y sobrecarga permanente sobre los suelos residuales en superficie, sin embargo el volumen de recarga del macizo no sugiere que el proceso de inestabilidad que se evidencia se deba al detonante de la lluvia.

Con base al estudio hecho por la Secretaría Distrital de Ambiente⁸, a partir de las características hidrológicas de las unidades geológicas que conforman la sabana de Bogotá, e información hidroclimatológica e hidrogeoquímica. El sector Peñón del Cortijo corresponde al miembro medio de la formación Guaduas - KTgm, unidad constituida por rocas sedimentarias terciarias y cretácicas consolidadas de areniscas cuarzosas de grano fino a medio bien cementadas y con muy poca matriz arcillosa en capas delgadas a medias intercaladas con lodolitas y limolitas de laminación plana paralela.

Dentro del grupo de sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular se encuentra el conjunto medio de la Formación Guaduas, sistema acuífero de extensión regional y local de productividad alta a baja con trasmisivilidades del orden de 1 a 1400 m²/día.

La formación Guaduas en su conjunto medio presenta un acuífero de porosidad primaria con extensión lateral limitada y con recarga mínima.

Para comprender el comportamiento hidrogeológico de la zona se utilizó un modelo bidimensional representativo de la zona. A continuación se describe el modelo utilizado y los resultados obtenidos. El objetivo principal de la modelación fue la comprensión de las lecturas de los niveles de agua reportados en los piezómetros, para evaluar las condiciones de saturación que se deben incluir en la modelación geotécnica.

⁸ Veloza, J. 2013. Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital

4.5.1 Modelo

El modelo se hizo empleando la información levantada previamente en la exploración de la zona, específicamente se utilizó el perfil 3 (Ver **Anexo A4- Plano 9A**), y se adaptó a los requerimientos del modelo para su utilización. La Ilustración 4-61 muestra el modelo conceptual utilizado.

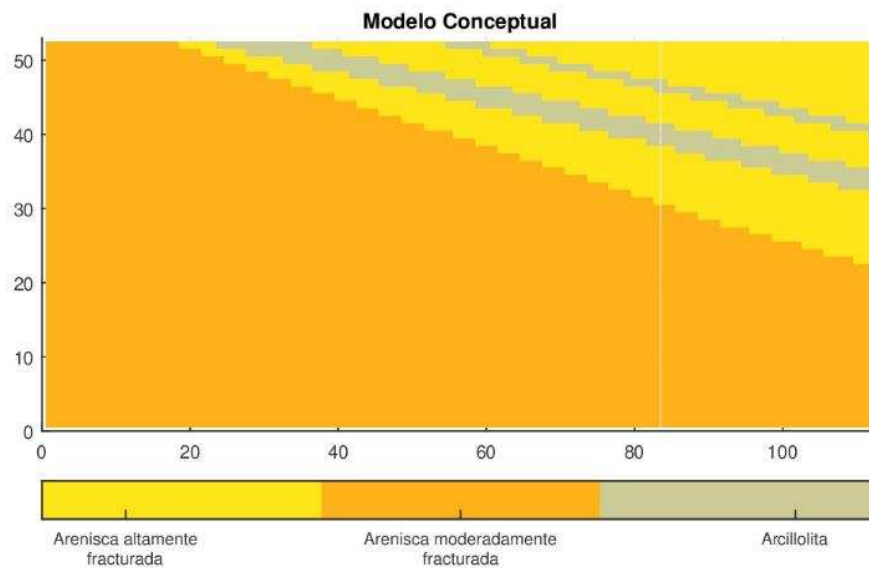


Ilustración 4-61 Modelo hidrogeológico conceptual
Fuente: JAM 2018

Acorde a la descripción de los materiales se tomaron valores de referencia para las conductividades de cada uno (Singhal & Gupta, 1999) y se muestran a continuación en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14 Conductividad de los materiales involucrados en el modelo

Material	Conductividad (m/d)
Arenisca altamente fracturada	3×10^{-1}
Arenisca moderadamente fracturada	3×10^{-3}
Arcillolita	1×10^{-5}

Fuente: Adaptado de Singhal & Gupta (1999).

La superficie inferior, lateral izquierda, frontal y posterior del modelo se consideran impermeables; en la superficie superior existe un valor flujo de entrada, simulando la infiltración por aguas lluvias y/o conexiones defectuosas de las redes húmedas; finalmente,

en la superficie lateral se permite el drenaje del macizo en las zonas cercanas a los estratos menos permeables (arenisca moderadamente fracturada y arcillolita), la condición en estos puntos es la carga hidráulica es igual a la elevación (presión atmosférica).

El modelo se basa en una malla de elementos ortogonales uniformes de un metro en cada dimensión.

La modelación se realizó mediante el software HydroGeoSphere®. Este permite la modelación únicamente en medios tridimensionales, por lo cual para el presente análisis se definió un espesor de un metro. Adicionalmente, se trabajó con el medio saturado, lo cual no corresponde con la realidad, pero se simplifica la modelación reduciendo las propiedades que se deben definir para cada material. Esta condición implica además que para validar las lecturas de los piezómetros los análisis se deban hacer con las cargas sobre el macizo, que son mostradas en Ilustración 4-62.

4.5.2 Resultados

El principal resultado que se analizó, como ya se dijo, fue la carga hidráulica en el macizo. Como se ve en Ilustración 4-62, la distribución de la carga tiene relación directa con la configuración que se tiene de los materiales (Ver Ilustración 4-61).



*Ilustración 4-62 Carga hidráulica en el macizo.
Fuente: JAM 2018*

Es evidente que a pesar del flujo de agua que ingresa en el medio, las presiones en el estrato inferior no aumentan, esto se debe a que los estratos de arcillolita crean barreras naturales que evitan que estas aguas descendan hasta este estrato, en lugar de esto, el agua tiende a ser drenada por la cara del talud. Los estratos de arenisca fuertemente fracturada facilitan el flujo por lo cual pese a que hayan incrementos en las precipitaciones o que existan conexiones defectuosas de las redes de acueducto y/o alcantarillado, el aporte a las aguas freáticas o la retención de agua en el medio va a ser bajo, por lo cual es comprensible que los niveles leídos varíen mínimamente a lo largo del tiempo.

Dicho esto, a pesar de que el modelo mantenga la saturación del medio, las facilidades que se tienen para el drenaje, y configuración geológica de la zona hacen que lo más probable sea que los materiales no se encuentren saturados.

4.6 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

A partir de la exploración del subsuelo, ensayos en campo, exploración indirecta y ensayos en laboratorio se determinó siete (7) niveles de material. Se describe en el presente capítulo las propiedades físicas y mecánicas medidas por las diferentes técnicas de exploración.

La exploración geotécnica se realizó sobre material rocoso utilizando barrenas de diámetro NQ de las cuales se sacaron núcleos de rocas a los cuales se les practicó los ensayos de resistencia. Ahora bien, para los ensayos de corte directo se realizaron sobre muestras de SPT alteradas recuperadas de la roca arcillolita, si bien no son muestras inalteradas, el recobro y la calidad de estas permitió ejecutar un ensayo de corte representativo para efectos de modelación.

4.6.1 Contenido de agua y límites de consistencia

Se realizaron ensayos de contenido de agua y límites de Atterberg a las muestras alteradas recuperadas del material de relleno, suelo residual y la arcillolita meteorizada. Se observa en la Ilustración 4-63 que el contenido de agua se encuentra en un rango de 10 % en los primeros 5 metros, en profundidad aumenta ligeramente a valores de 20 %.

Respecto a los límites de consistencia el límite plástico es del 10 al 20% siendo valores muy similares al contenido de agua lo que indica que el suelo se encuentra en estado sólido, el límite líquido aumenta en profundidad de valores de 30 % a 60 %.

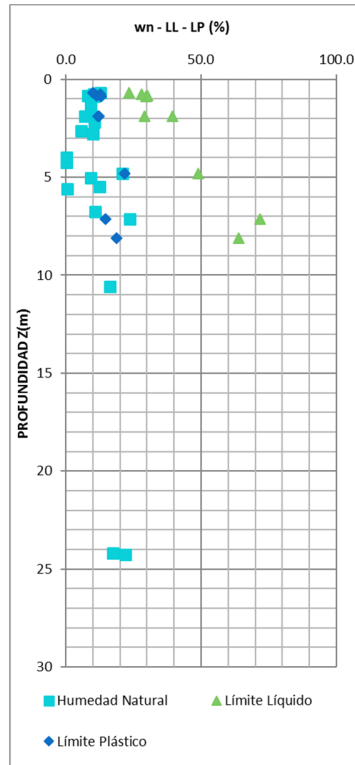


Ilustración 4-63 Parámetros índice vs profundidad

Se graficó en la carta de plasticidad los resultados de los ensayos de consistencia realizados en el suelo residual y rellenos, se observa en la carta de plasticidad que el material se clasifica como arcillas de baja plasticidad.

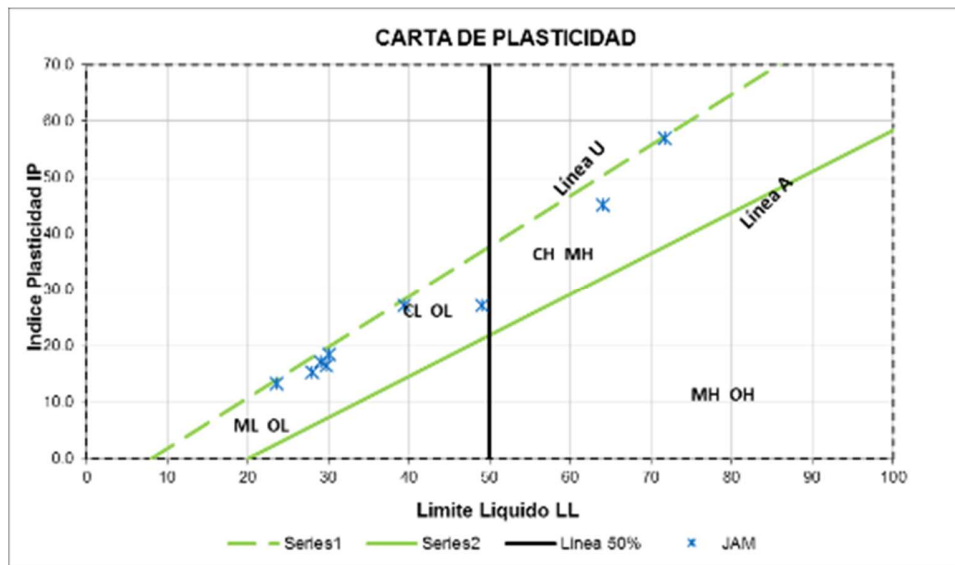


Ilustración 4-64 Carta de plasticidad

4.6.2 Granulometría

De los ensayos de granulometría y lavado sobre el tamiz 200, se concluye que en los primeros 3 metros el material es arenoso con alto contenido de finos y a mayor profundidad predominan los materiales con tamaño de grano fino.

4.6.3 Peso unitario

Los resultados muestran que el peso unitario del suelo y rocas se encuentra en un rango de 1.9 a 2.4 t/m².

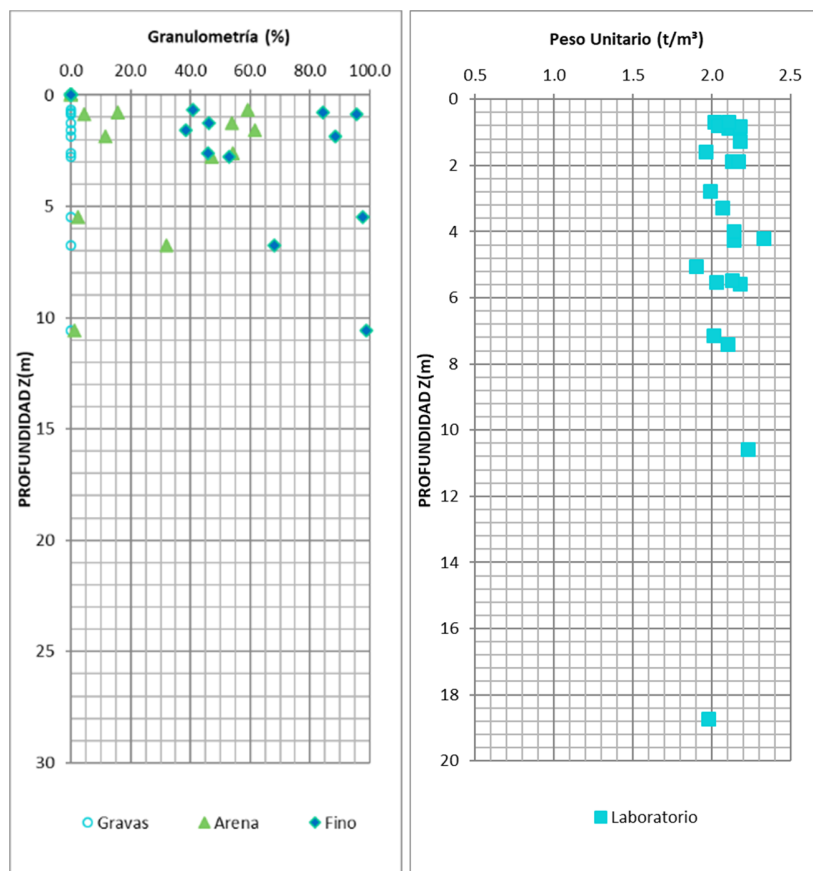


Ilustración 4-65 a) Granulometría b) Peso unitario

4.6.4 Compresión inconfiada

Se realizó el ensayo de compresión inconfiada a las muestras de arcillolita meteorizada, arenisca meteorizada y en algunos casos se realizó el ensayo sobre las capas de arcilla identificados entre bancos de arenisca. Las muestras de arcillolita reportan valores de resistencia al corte no drenado de 8 t/m² correspondiente a materiales blandos con bajas características de resistencia, indicando el alto grado de alteración de la roca.

Por otro lado, los ensayos realizados sobre el material de arenisca meteorizada reportan valores superiores a 800 t/m² correspondiente a rocas blandas.

Tabla 4-15 Resultados ensayos compresión inconfiada

Profundidad	Perforación	Descripción	Resistencia al corte no drenado (Cu t/m ²)
23.50-25.00	S1	Arcilla de baja plasticidad	8.23
4.87-6.30	S3	Intercalaciones de arcillas con arenisca fina	1219
4.20-5.90	S4	Arenisca habana meteorizada	39.56
23.54-24.95	S5	Arcilla color café con vetas de oxidación	7.97
3.20-4.80	S7	Intercalación de arcilla arenosa con arenisca fina	819

4.6.5 Compresión simple

En las muestras de arenisca obtenidas de las perforaciones se realizaron 13 ensayos de compresión simple en muestras de arenisca, la resistencia varía entre 15 MPa y 67 MPa, corresponde a valores rocas moderadamente resistentes.

Tabla 4-16 Compresión simple

Profundidad(m)	Perforación	Descripción	Qu (t/m ²)
10.70	S1	Arenisca de grano fino medio color amarillo con algunas oxidaciones y trazas de cuarzo	6749.40
12.23	S1	Arenisca de grano fino medio color amarillo con algunas oxidaciones y trazas de cuarzo	5358.30
16.40	S1	Arenisca de grano fino medio color marrón oscuro con vetas amarillas	3598.50
20.58	S1	Arenisca friable moderadamente fracturada	1552.60
21.65	S1	Arenisca friable moderadamente fracturada	1552.60
22.75	S1	Arenisca de grano fino medio color oscuro con vetas oxidadas y amarillas	5869.10

Profundidad(m)	Perforación	Descripción	Qu (t/m ²)
4.65	S2	Arenisca de grano fino color blanca con algunas oxidaciones y trazas de cuarzo	4741.80
14.55	S2	Arenisca de grano fino color marrón con trazas de cuarzo y vetas blancas	4909.30
10.70	S5	Arenisca de grano fino color amarilla con vetas blancas, algunas oxidaciones y trazas de cuarzo	4150.70
3.45	S11	Arenisca de grano fino color amarillo con vetas grises, oxidaciones, y trazas de cuarzo	4189.80
6.25	S11	Arenisca amarilla con vetas blancas, oxidaciones y trazas de cuarzo	6267.80
9.25	S11	Arenisca amarilla con vetas blancas, oxidaciones y trazas de cuarzo	4459.50
20.75	S11	Arenisca amarilla con Oquedades	4186.50

4.6.6 Corte directo

En las muestras obtenidas de arcillolita altamente meteorizada se realizaron 3 ensayos de corte drenado y 1 en la zona de rellenos, como se puede observar en la Tabla 4-17 Corte directo y teniendo en cuenta que las pruebas se realizaron en estado de saturación, los valores de resistencia encontrados son bajos. Esto explica la presencia de superficies de falla en zonas donde se encuentran los estratos de arcillolita en la instrumentación geotécnica como se muestra en el siguiente numeral.

Tabla 4-17 Corte directo

SONDEO - MUESTRA	MATERIAL	C pico	PHI pico	C residual	PHI residual
JAM 09 M6	Relleno arenoso arcilloso con gravas de arenisca	0,4	19	0,27	18,4
JAM 07 M9	Arcilla color amarillo con vetas de oxidación	0,7	16,3	0,028	15,7
JAM 05 M7	Arcilla de baja plasticidad con oxidaciones	0,2	18,18	-	-
JAM 01 M19	Arcilla habana gris calara con oxidaciones	0,5	19,37	-	-

Para los parámetros de la arcillolita se toma el promedio de los tres ensayos y el residual para caracterizar la superficie de falla del estrato de arenisca por donde se originó la falla

4.6.7 Resistencia al corte (SPT)

Para estimar los valores de ángulo de fricción equivalente (ϕ_{equiv}), se utilizó la siguiente expresión:

$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20 \cdot N'_i} \quad (\text{Kishida})$$

Con el valor de ϕ_{equiv} se calcularon los parámetros de c' y ϕ' para cada material, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ'_v , τ) en planos Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados.

El esfuerzo efectivo vertical σ'_v , se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geoestático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, τ , se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente ϕ_{equiv}

Se presenta a continuación para cada material los valores obtenidos de la regresión lineal para cada material identificado en los sondeos donde se realizó el ensayo de SPT:

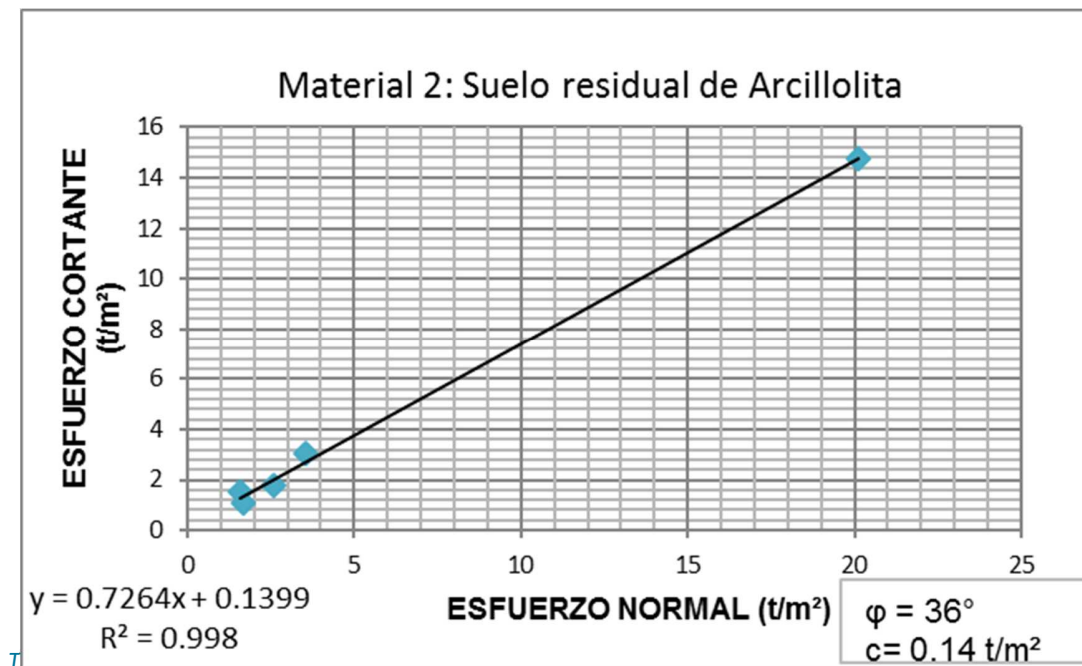


Ilustración 4-66 Curva τ vs σ – Suelo residual arcillolita

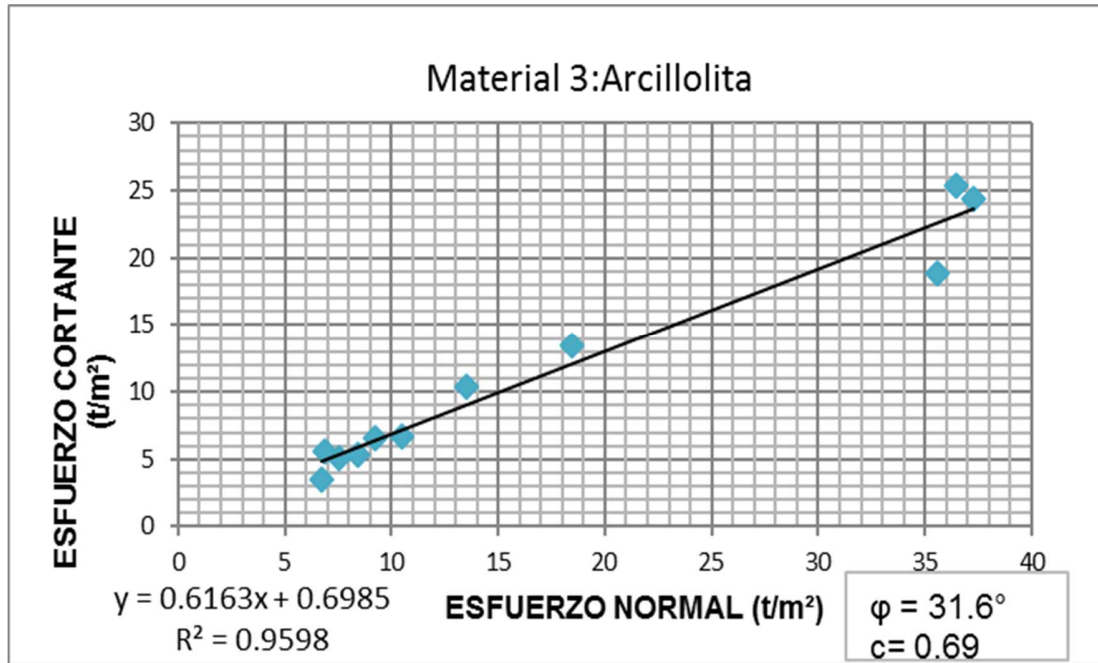


Ilustración 4-67 Curva τ vs σ – Arcillolita

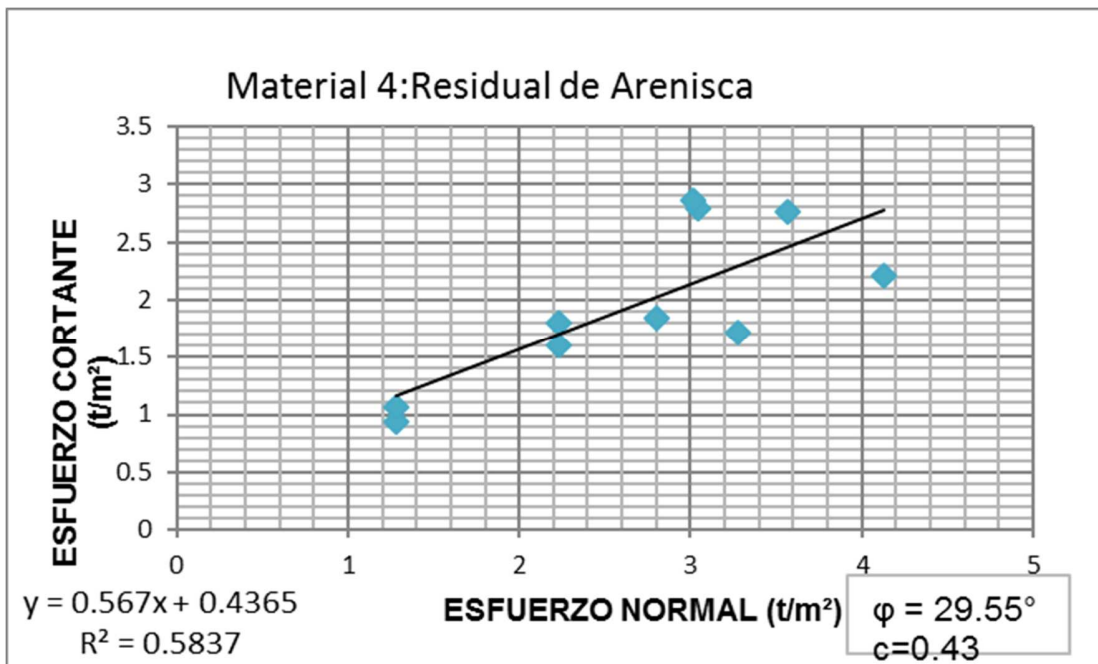


Ilustración 4-68 Curva τ vs σ – Suelo residual Arenisca

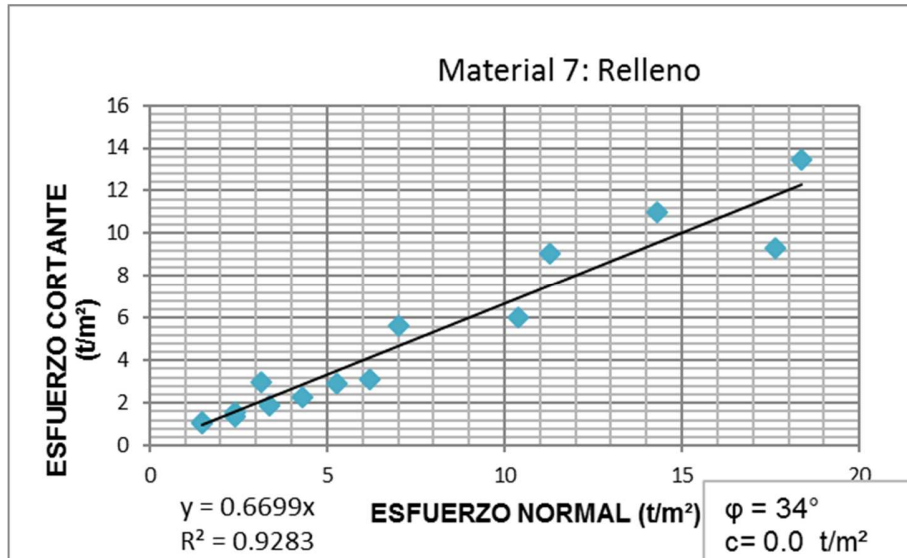


Ilustración 4-69 Curva τ vs σ – Relleno

4.6.8 Caracterización del macizo rocoso

Se realizó un levantamiento estructural del macizo rocoso en el talud ubicado sobre la vía, en el levantamiento se midieron los datos estructurales del plano de estratificación y diaclasas estableciendo los datos de persistencia, espaciamento, abertura, tipo de relleno, rugosidad y agua.

Con base a la información secundaria y levantamiento estructural se identificó que el macizo rocoso presenta una dirección de estratificación con tendencia SW-NE, la dirección de buzamiento varía entre 290° y 305°, y su buzamiento entre 27°-46°, además de estar afectado por cuatro familias de discontinuidades que condicionan el estado de fracturamiento de la roca, con los siguientes datos estructurales⁹:

- Familia 1 con una dirección de buzamiento de 324° y buzamiento de 87°
- Familia 2 con una dirección de buzamiento de 143° y buzamiento de 84°
- Familia 3 con una dirección de buzamiento de 254° y buzamiento de 82°
- Familia 4 con una dirección de buzamiento de 41° y buzamiento de 78°

⁹ Los datos tomados en el levantamiento fueron corregidos por declinación magnética el día 13 de agosto del 2018 con un valor de 7°24'

Con los datos recolectados en campo se procedió a realizar la clasificación del macizo por el sistema RMR de Bieniawski, el cual toma seis (6) parámetros del macizo para clasificar su comportamiento mecánico, los cuales se mencionan a continuación:

- Compresión uniaxial del material rocoso
- RQD
- Espaciamiento de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades
- Condiciones del agua
- Orientación de las discontinuidades

Cada parámetro se califica de forma independiente con un valor de peso según las condiciones del macizo rocoso, en la Ilustración 4-70 se presenta el sistema de clasificación con los valores de calificación para cada parámetro analizado.

En la Tabla 4-18 se presenta la evaluación realizada para el talud de análisis dando como resultado un macizo de clase III descrito como macizo en calidad media, se debe aclarar que el levantamiento estructural se realizó en el talud con menor alteración debido a que el flanco más alterado se encuentra cubierto con la protección de la malla Tecco, así que el valor de ese talud se estima por debajo.

Tabla 4-18 Clasificación del macizo rocoso

S	q _u (Mpa)	RESISTENCIA (15)	RQD	RQD (20)	.Longitud (m)	LONGITUD (6)	Separación (m)	SEPARACIÓN (20)	Abertura (mm)	ABERTURA (6)
S11	49	4	28	8	< 2m	6	0.05- 0.3	8	> 5 mm	0
S8	35	4	33		< 2m	6	0.05- 0.3	8	> 5 mm	0

Relleno	RELLENO (6)	Rugosidad	RUGOSIDAD (6)	Alteración	ALTERACIÓN (6)	Agua	AGUA (15)
Arcillo arenosa	2	Rugosa	5		5		15
Arcillo arenosa	2	Rugosa	5		5		15

Tabla 4-19 Clasificación RMR y GIS

RMR	CLASE	GSÍ A PARTIR DE RMR
53	CLASE III	48
53	CLASE III	48

Table 4.4: Rock Mass Rating System (After Bieniawski 1989).

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter		Range of values							
1	Strength of intact rock material	Point load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa		5 - 25 MPa	1 - 5 MPa
	Rating		15	10	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
		Rating		20	17	13	8	3	
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 m	300 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
		Rating		20	15	10	6	5	
4	Condition of discontinuities (See F)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slackened surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
		Rating		30	25	20	10	0	
5	Ground water (Joint water press./ Major principal stress) General conditions	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
			0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Rating		15	10	7	4	0	
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)									
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable			
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12			
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25			
	Slopes	0	-5	-25	-50				
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS									
Rating	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21				
Class number	I	II	III	IV	V				
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock				
D. MEANING OF ROCK CLASSES									
Class number	I	II	III	IV	V				
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span				
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100				
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15				
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions									
Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m				
Rating	5	4	2	1	0				
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm				
Rating	5	5	4	1	0				
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slackened				
Rating	5	5	3	1	0				
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling = 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling = 5 mm				
Rating	5	4	2	2	0				
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed				
Rating	5	5	3	1	0				

Ilustración 4-70 RMR - Sistema de clasificación

Una vez definida la clasificación del macizo rocoso se evaluó el comportamiento de resistencia de este haciendo uso del criterio de resistencia de Hoek & Brown la cual se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c * \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^{0.5}$$

Ecuación 4-2 Criterio de resistencia de Hoek & Brown

Donde,

m ; Constante de resistencia de la roca

σ_c ; Resistencia a compresión simple

σ'_1, σ'_3 , Esfuerzos efectivos principales

s ; Constante de resistencia de la roca que depende del grado de meteorización

El valor de la compresión simple se tomó de 35 MPa correspondiente al valor medio de la resistencia a la compresión simple realizadas en las areniscas, el GSI (Índice de resistencia geológica) para el macizo se calculó con un valor de 48 en la zona menos alterada y 40 para la zona con mayor alteración y meteorización. Por último, el valor de m_i de 17 el cual depende de la composición mineralógica de la roca en este caso arenisca.

Con la ayuda del programa Roclab se calculan los parámetros de resistencia al corte (cohesión c' y ángulo de fricción ϕ'), el cual se basa en el artículo de "Hoek-Brown Failure Criterion, 2002" donde se relaciona los parámetros de falla de la envolvente de Hoek-Brown con los parámetros de falla en Mohr-Coulomb, a continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Arenisca con quemaduras meteorizada

Los parámetros de resistencia en un modelo Mohr -Coulomb son 183 KPa de cohesión y 32° de ángulo de fricción.

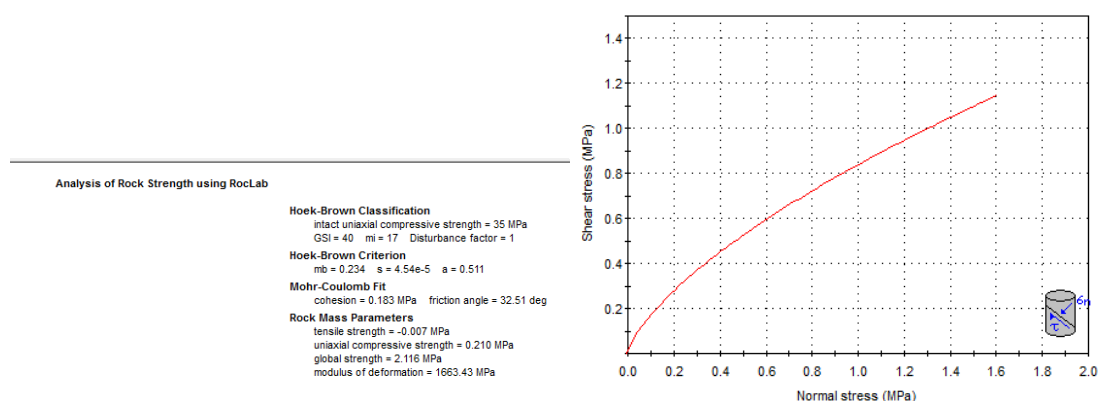


Ilustración 4-71 Parámetros de resistencia arenisca

Arenisca moderadamente fracturada

Los parámetros de resistencia en un modelo Mohr -Coulomb son 239 KPa de cohesión y 37° de ángulo de fricción.

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 35 MPa
GSI = 48 mi = 17 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.414 s = 0.0002 a = 0.507

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.239 MPa friction angle = 37.49 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.015 MPa
uniaxial compressive strength = 0.434 MPa
global strength = 2.917 MPa
modulus of deformation = 2636.36 MPa

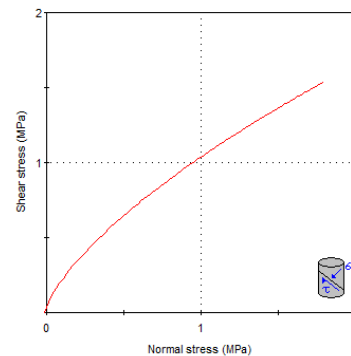


Ilustración 4-72 Parámetros de resistencia arenisca moderadamente fracturada

Tabla 4-20 Descripción de materiales y niveles encontrados

NIVEL	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
1	Arenisca Altamente fracturada	De color Amarilla a blancuzca, con oxidaciones y oquedades, de cementación arcillosa y resistencia baja a media
2	Suelo residual de Arcillolita	Arcilla de color gris y consistencia firme, con presencia de intercalaciones de arena arcillosa algo amarilla. Con más de 18 golpes/pie en el ensayo de SPT, humedad media a baja y baja plasticidad
3	Arcillolita	Roca blanda Arcillolita de color gris, presente en espesores variables de 0,10 m hasta 4 m. Se puede realizar la prueba de SPT con valores superiores a 30 golpes/pie, humedad media a baja y baja compresibilidad, a excepción de las capas por debajo de los 10 m de profundidad que tienen alta plasticidad.
4	Residual de Arenisca	Arena fina algo arcillosa de color amarillo, de compacidad densa y baja humedad, presente en profundidades menor a los 3 metros sobre los estratos de arenisca meteorizada.
5	Arenisca moderadamente fracturada	Corresponde a roca de resistencia blanda tipo Arenisca, de color blanco a amarillo, muy friable, con recobro entre 50/150 y 70/150, con algo de oxidaciones.
6	Intercalaciones de Areniscas y Arcillolita altamente fracturadas	En este nivel se presenta una sucesión de Areniscas y Arcillolitas de espesor menor a 1 m, las cuales están altamente alteradas debido a la exposición de la actividad minera y

NIVEL	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
		agentes ambientales. Presentan recobros menores a 60/150, con bloques menores a 10 cm, baja humedad.
7	Rellenos	Los rellenos del área están compuestos por el mismo material de sitio: Arenas con arcillas, medianamente compactados, de compacidad y humedad medias. Se presentan principalmente en la parte baja del talud y bajo las viviendas.

Los espesores de los materiales son variables y se presentan en los perfiles geotécnicos. A continuación, presenta los rangos de las características físicas básicas de los materiales encontrados.

Material 1 Arenisca Altamente fracturada

Tabla 4-21 Material 1

Rango	γ_t [t/m ³]	ω_n [%]	qu [t/m ²]	C [t/m ²]	ϕ [°]	E [t/m ²]
Min	1.9	0.2	4186			
Máx	2.3	20	6749			
Valor para diseño	2.0	-	4947	183	32	166300

Material 2 Suelo residual de Arcillolita

Tabla 4-22 Material 2

	γ_t [t/m ³]	Gs	ω_n [%]	Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	IL [%]	US CS	C [t/m ²]	ϕ [°]
Min	2.11		7.0	0	42.32	57.68	29.7	11.84	16.6	-0.19	CL		
Máx	2.18	2.62	17.3				39.40	13.11	27.20	-0.17			
Valor para diseño	2.16										CL	0.46	18

Material 3 Arcillolita

Tabla 4-23 Material 3

Rango	γ_t [t/m ³]	ω_n [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	cu [t/m ²]	C [t/m ²]	ϕ [°]	E [t/m ²]
Mín	1.98	21.9	64	14.7	45	7.97	0.2	16.31	
Máx	2.10	23.6	71	18.7	57	8.23	0.7	19.37	

Valor para diseño	2.03					8.10	0.46	18	11600
Valor para superficie							0.028	16	

Material 4 Suelo residual arenisca

Tabla 4-24 Material 4

Rango	γ_t [t/m ³]	Gs	ω_n [%]	Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	IL [%]	USCS	C [t/m ²]	ϕ [°]
Mín	1,96	2,67	9,19	11,24	0,09	38,4							
Máx	2,11		12,9	32,48	45,55	67,4	23,5	10,2	13,3	0,2	CL		
Valor para diseño	2.03											0.43	29.5

Material 5 Arenisca moderadamente fracturada

Tabla 4-25 Material 5

Rango	γ_t [t/m ³]	Qu [t/m ²]	C [t/m ²]	ϕ [°]	E [t/m ²]
Min	1,9	1552			
Máx	2,14	5869	23.9	37	263600
Valor para diseño	2.0		23.9	37	

Material 6 Intercalaciones de Areniscas y Arcillolita altamente fracturadas

En este nivel se presenta una sucesión de Areniscas y Arcillolitas de espesor menor a 1 m, las cuales están altamente alteradas debido a la exposición de la actividad minera y agentes ambientales, se toman para los modelos los parámetros correspondientes de la arenisca y la arcillolita según la secuencia establecida.

Material 7 Relleno

Tabla 4-26 Material 7

Rango	γ_t [t/m ³]	Gs	ω_n [%]	Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	IL [%]	USCS	C [t/m ²]	ϕ [°]	E [t/m ²]
Mín	1,99	2,59	8,2			46,1					CL			
Máx	2,13		12,5	27,9	47,1	97,6	27,98	12,69	45,3		SM-SC	0	34	1078

Nota: Se presenta valores de resistencia al corte para el residual de arcillolita obtenidos del ensayo de SPT en el cual se calcula un ángulo de fricción equivalente donde la cohesión tiene a ser nula, los valores de resistencia al corte para la arcillolita se calcularon de muestras alteradas obtenidas del muestreador de cuchara partida, el ensayo se realizó bajo condición saturada y drenada obteniendo la resistencia de la roca alterada bajo las condiciones críticas, para condiciones de análisis y no presentar inconsistencias se tomara los parámetros obtenidos de la arcillolita para el suelo residual siendo esta la condición crítica.

4.7 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La zonificación geotécnica se planteó a partir de los siguientes criterios:

- Delimitando las laderas como una unidad que permite incluir la morfología y los cambios causados por la minería. Además, tiene en cuenta los aspectos de drenaje al marcar los límites por unidades de cuenca.
- Incluyendo las unidades geológicas superficiales, es decir que incluye las consideraciones de pendiente estructural y contrapendiente estructural.
- Tipo de materiales encontrados.

Bajo estos criterios, se delimitaron siete (7) unidades geotécnicas (Ver Ilustración 4-73 y Anexo A4 Plano 9) como se explica a continuación.

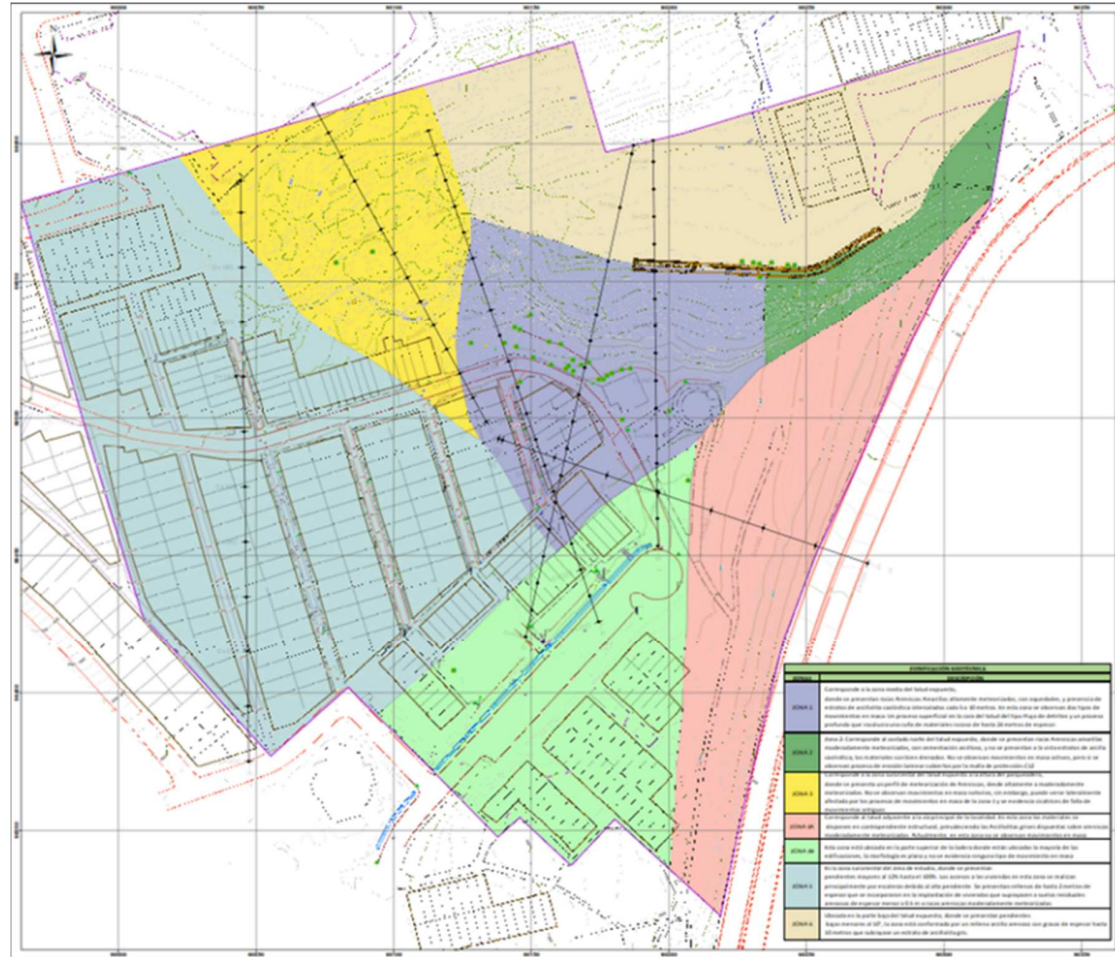


Ilustración 4-73 Zonificación geotécnica

- **Zona 1:** Corresponde a la zona media del talud expuesto, donde se presentan rocas Areniscas Amarillas altamente meteorizadas, con oquedades, y presencia de estratos de arcillolita caolinítica intercalados cada 5 o 10 metros. En esta zona se observan dos tipos de movimientos en masa: Un proceso superficial en la cara del talud del tipo flujo de detritos y un proceso profundo que involucra una cuña de materiales rocoso de hasta 24 metros de espesor.



Ilustración 4-74 Aspecto zonas 1, con presencia de flujos de detritos



Ilustración 4-75 Aspecto parte superior de la zona I, donde se observa el escarpe del movimiento en masa profundo



Ilustración 4-76 Aspecto zona 1, presenta viviendas notoriamente dañadas e inclinación de la vegetación.



Ilustración 4-77 Aspecto de la parte baja de la zona 1

- **Zona 2:** Corresponde al costado norte del talud expuesto, donde se presentan rocas Areniscas amarillas moderadamente meteorizadas, con cementación arcillosa, y no se presentan a la vista estratos de arcilla caolinítica; los materiales son bien drenados. No se observan movimientos en masa activos, pero si se observan proceso de erosión laminar cubiertos por la malla de protección.



Ilustración 4-78 Aspecto Zona 2 sin movimientos en masa activos

- **Zona 3:** Corresponde a la zona suroriental del talud expuesto a la altura del parqueadero, donde se presenta un perfil de meteorización de Areniscas, desde altamente a moderadamente meteorizadas. No se observan movimientos en masa notorios, sin embargo, puede verse lateralmente afectada por los procesos de movimientos en masa de la zona 1 y se evidencia cicatrices de falla de movimientos antiguos.



Ilustración 4-79 Aspecto de la zona 3, con presencia de Arcillas superficiales.

- **Zona 4A:** Corresponde al talud adyacente a la vía principal de la localidad. En esta zona los materiales se disponen en contrapendiente estructural, prevaleciendo las

arcillolitas grises dispuestas sobre areniscas moderadamente meteorizadas. Actualmente, en esta zona no se observan movimientos en masa.



Ilustración 4-80 Aspecto de la zona 5, rocas en contrapendiente estructural

- **Zona 4B:** Esta zona está ubicada en la parte superior de la ladera donde están ubicadas la mayoría de las edificaciones, la morfología es plana y no se evidencia ninguno tipo de movimiento en masa.
- **Zona 5:** Zona suroriental del área de estudio, donde se presentan pendientes mayores al 12% hasta el 100%. Los accesos a las viviendas en esta zona se realizan principalmente por escaleras debido al alta pendiente. Se presentan rellenos de hasta 2 metros de espesor que se incorporaron en la implantación de viviendas que suprayacen a suelos residuales arenosos de espesor menor a 0.5 m o rocas areniscas moderadamente meteorizadas.



Ilustración 4-8 | Aspecto de la zona 5, medias a altas pendientes.

Zona 6: Ubicada en la parte baja del talud expuesto, donde se presentan pendientes bajas menores al 10° ; la zona está conformada por un relleno arcillo-arenoso con gravas de espesor hasta 10 metros que subrayase un estrato de arcillolita gris.



Ilustración 4-82 Aspecto de la zona 6, pendientes menores a 10°

4.7.1 Modelo geológico geotécnico - perfiles

Para cada zona geotécnica se planteó un perfil de análisis, en el cual se colocaron los resultados de exploración directa e indirecta, las grietas existentes y se interpoló la información disponible para generar un modelo geológico geotécnico de la zona. Los perfiles se presentan en el Plano 9A, incorporando la numeración de los niveles descritos en la caracterización geotécnica.

4.8 CONDICIONES SÍSMICAS

De acuerdo con el decreto 523 de 2010, por el cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá, de conformidad con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se identificó una zona de respuesta sísmica que corresponden a **Cerros**. A continuación, en la Tabla 4-27, se presentan los coeficientes de diseño sísmico; de igual manera, en el **Anexo D2** se presenta el plano de microzonificación sísmica de la zona de estudio.

Tabla 4-27 Coeficientes de diseño

Zona	F_a	F_v	T_c (s)	T_L (s)	A_0 (475) (g)
Cerros	1.35	1.30	0.62	3.0	0.18

Dónde:

- F_a = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.
- F_v = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.
- T_c = Periodo corto.
- T_L = Periodo largo
- A_0 = Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (g).

El valor del coeficiente de aceleración horizontal, k_h , para análisis de estabilidad de taludes, calculado como se indica en el título H.5.2.5 de la NSR-10 es de 0.144g.

4.9 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA, DRENAJE SUPERFICIAL Y VERTIMIENTOS

4.9.1 Objetivos

Para el desarrollo de los estudios de hidrología e hidráulica se plantean los siguientes objetivos:

- Realizar la caracterización climática e hidrológica del área de estudio.
- Identificar y evaluar los drenajes naturales y artificiales presentes en el polígono de estudio.
- Determinar la incidencia tanto de las redes de acueducto y de alcantarillado como del régimen de precipitaciones en los procesos de remoción en masa que tienen lugar en la zona de estudio.

4.9.2 Caracterización Hidroclimática

La caracterización hidroclimatológica del área de estudio se realiza con base en la información secundaria recopilada del IDEAM, la CAR y el documento “Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital” (Franco, 2013). Dicha caracterización tiene como principio la revisión de las variables hidrológicas y climatológicas a nivel departamental, luego se contrastan con la información detallada a nivel Bogotá y por último se complementa con los registros de las estaciones de medición disponibles más cercanas al polígono objeto de estudio.

La precipitación de la zona tiene un régimen bimodal con dos picos lluviosos en el año, el primero correspondiente a los meses de abril y mayo, y el segundo a los meses de octubre y noviembre. La ocurrencia de estos dos períodos lluviosos en el año se origina por el paso de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la región andina colombiana, con el movimiento de sur a norte de la ZCIT para el primero período húmedo y de norte a sur para el segundo período. En cuanto a la precipitación media anual, se tiene un rango entre los 550 y los 650 mm; así mismo, la precipitación total anual presenta una variación entre los 500 y 1000 mm.

Adicionalmente, se considera relevante identificar si la precipitación ha presentado cambios en el tiempo producto de efectos de variabilidad o cambio climático, por lo cual se analiza la tendencia de la precipitación total anual para cada estación (Ilustración 4-83 e Ilustración 4-84).

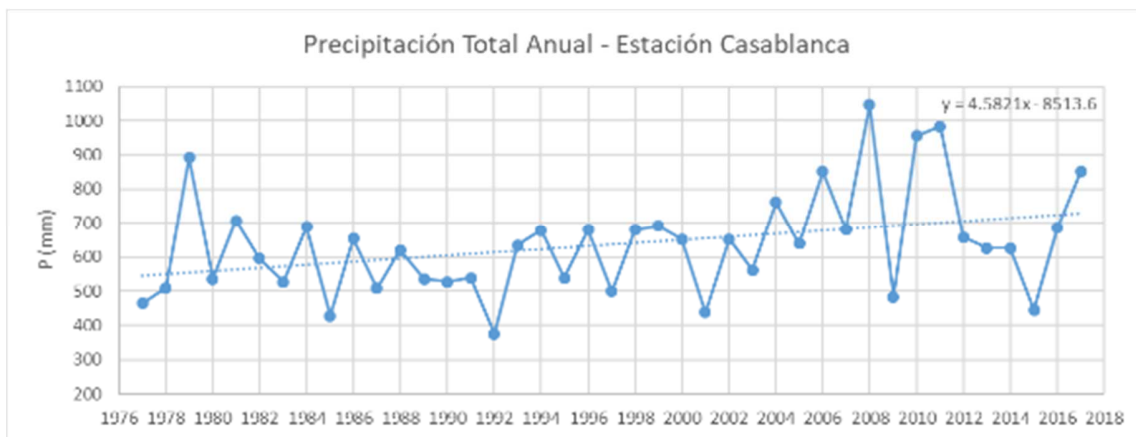


Ilustración 4-83 Tendencia - Estación Casablanca
Fuente: JAM, 2018

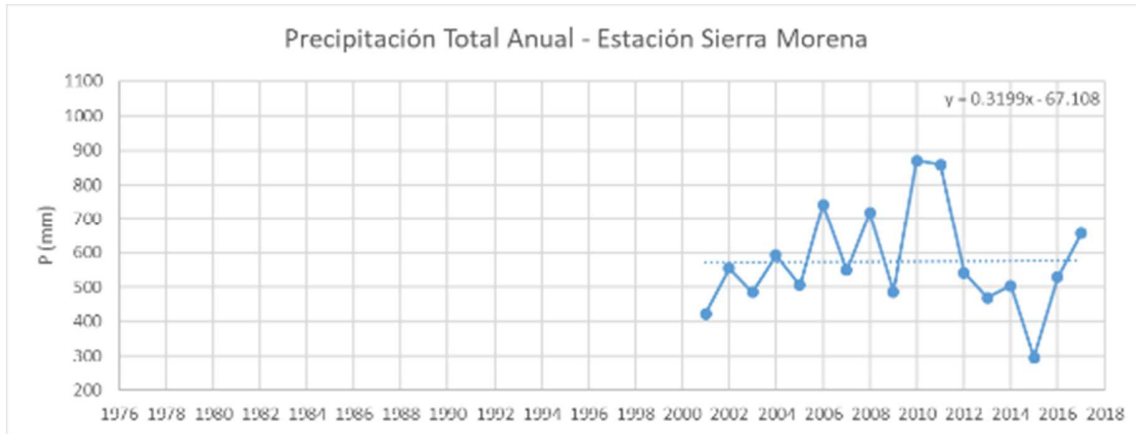


Ilustración 4-84 Tendencia - Estación Sierra Morena
Fuente: JAM, 2018

Se observa que, en el caso de la estación Casablanca, la precipitación total anual presenta una tendencia creciente en sus valores anuales. A partir del año 2002 se tiene un aumento en la precipitación total, tanto en los años secos como en los años húmedos. Para la estación Sierra Morena, aun cuando la tendencia de la variable precipitación total es muy cercana a cero, es posible identificar el mismo comportamiento de aumento en los valores a partir del 2002, coincidiendo con lo visto en la estación Casablanca, y, por consiguiente, debido al corto período de registro, la identificación de la tendencia en dicha estación no resulta confiable.

Para la temperatura, por otra parte, se puede establecer que, a escala regional, en el área de estudio se tienen valores que oscilan entre los 12°C y 16°C, mientras que a escala local la temperatura varía entre los 13°C y 15°C.

4.9.3 Evaluación del Drenaje Superficial

4.9.3.1 Drenaje Natural

El polígono de estudio se encuentra ubicado en la cuenca del río Tunjuelo, de manera que los volúmenes de escorrentía que se generan en el área de interés drenan hacia dicho cuerpo de agua; sin embargo, al interior de la zona de estudio no existen cursos de agua naturales, intermitentes o permanentes, que puedan incidir en los procesos que tienen lugar allí. Aun cuando no hay cursos de agua si es preciso entender el proceso de lluvia-escorrentía que tiene lugar, puesto que resulta importante para identificar las posibles causas del fenómeno de remoción en masa que actualmente afecta a la población.

La precipitación que cae en el sector de estudio puede catalogarse en dos tipos, la primera corresponde a aquella que cae sobre las superficies de baja permeabilidad como vías o los techos de las casas mientras que la segunda parte es la que tiene lugar sobre las áreas más permeables como son pastos y bosques.

El volumen de agua que se precipita sobre las superficies de baja permeabilidad es conducido, por gravedad, hacia puntos más bajos hasta entrar en la red de alcantarillado pluvial de la zona; mientras que la precipitación que cae en las superficies permeables está afectada por procesos más complejos.

Una pequeña fracción de la lluvia es almacenada en la vegetación (intercepción) y en el suelo (depresiones), otra parte se evapora, otra escurre superficialmente y una última parte se infiltra. La infiltración ocurre debido a la porosidad intrínseca de los materiales presentes en el suelo, sin embargo, en este caso en particular, dicho proceso se ve ampliamente afectado por las grietas que, con el paso del tiempo, han aparecido producto del desconfinamiento de la masa rocosa.

Como consecuencia se tiene que cada vez más volumen de precipitación se infiltra en el terreno y, por consiguiente, los efectos erosivos del agua tienen mayor incidencia en los materiales que dan sustento a la capa de suelo.

4.9.4 Análisis Estadístico

Con base en la información recopilada del IDIGER y la EAAB, se procede a realizar un análisis preliminar para la identificación de datos dudosos, empleando las pruebas Z-Score y Outliers, para las series de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones Casablanca y Sierra Morena.

Con los valores que se aceptan por estar dentro de un intervalo calculado, se realiza un análisis de lluvias antecedentes y, posteriormente, la construcción de las curvas IDF.

4.9.4.1 Determinación de Datos Dudosos

Debido a la incertidumbre implícita en la medición de variables climatológicas, como lo es la precipitación, muchos de los datos registrados pueden no representar correctamente el comportamiento real de la lluvia y, por consiguiente, llevar a una estimación errónea de los volúmenes de escorrentía, ya sea por exceso o por defecto.

Por lo anterior se recomienda realizar primero un análisis de los datos, en donde se verifique que dichos valores no sean anómalos, o en caso de resultar anómalos, revisar su origen y la condición de tal anomalía, puesto que siempre cabe la posibilidad de que respondan a un evento extremo.

Prueba Z-Score

La prueba Z-Score determina datos potencialmente anómalos evaluando la distancia de cada valor con respecto a la media de los registros, esto es, a cuantas desviaciones estándar se encuentra cada registro con respecto a la media; considerando que los datos se ajustan, aproximadamente, a una distribución Normal.

Se considera anómalo cualquier valor que se encuentre a más de tres veces la desviación estándar de la media de la serie.

Prueba de Outliers

Para detectar los datos dudosos mediante la prueba de Outliers, se calcularon los umbrales superior e inferior para la serie de datos de precipitación de las estaciones analizadas, de acuerdo con las ecuaciones de frecuencia recomendadas por Ven Te Chow:

$$Y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

$$Y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde:

Y_H = Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

Y_L = Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

\bar{y} = Media de los logaritmos de los datos.

S_y = Desviación estándar de los logaritmos de los datos.

K_n = Valor tabulado para una muestra de tamaño n, según la Tabla 4-28.

Tabla 4-28 Valores de K_n para la prueba de Outliers.

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981

Como resultado de las pruebas de datos dudosos se presenta la Tabla 4-29 y la

Tabla 4-30, se muestran los resultados para la serie de precipitación de cada estación analizada. Para la estación Casablanca no se identificaron datos dudosos por medio de las dos metodologías empleadas, mientras que con la serie de la estación Sierra Morena se clasifica como dato anómalo con la prueba de Outliers para el intervalo inferior el valor registrado en el año 2015, por lo que se procede a identificar la razón de dicha anomalía.

Con base en las precipitaciones diarias se observa que no existen días sin información, por lo que el dato dudoso no se debe a registros incompletos; se decide entonces revisar, para el mismo período, la serie de la estación Casablanca, donde se observa que, efectivamente, en el 2015 se registraron precipitaciones inferiores a otros años; sin embargo, el valor

registrado en dicho año no es el menor histórico, puesto que en los años 1977, 1978, 1985, 1990, 1991, 1995 y 2000 se tienen menores valores de precipitación máxima en 24 horas.

Se decide aceptar el dato, teniendo en cuenta que la razón para que el valor se considere anómalo puede estar en la longitud del período de registro de la estación, llevando a sesgar los resultados de las pruebas, toda vez que dichas metodologías se basan en los estadísticos de las muestras (media y desviación estándar), por lo que, al tener una longitud de registro menor, tanto la media como la desviación estándar varían significativamente.

Tabla 4-29 Prueba de datos dudosos. Estación Casablanca.

Año	Precipitación	Dato Dudoso		
		Z-Score	Outliers - Inferior	Outliers - Superior
1977	21	NO	NO	NO
1978	24.6	NO	NO	NO
1979	40.6	NO	NO	NO
1980	38.4	NO	NO	NO
1981	46.9	NO	NO	NO
1982	29.7	NO	NO	NO
1983	28.3	NO	NO	NO
1984	44.8	NO	NO	NO
1985	23	NO	NO	NO
1986	41.3	NO	NO	NO
1987	30.6	NO	NO	NO
1988	42	NO	NO	NO
1989	35.5	NO	NO	NO
1990	25.7	NO	NO	NO
1991	27.3	NO	NO	NO
1992	32.1	NO	NO	NO
1993	38.4	NO	NO	NO
1994	33.8	NO	NO	NO
1995	26	NO	NO	NO
1996	40	NO	NO	NO
1997	57.6	NO	NO	NO
1998	39.2	NO	NO	NO
1999	33.3	NO	NO	NO
2000	24.6	NO	NO	NO
2001	33.5	NO	NO	NO
2002	44.1	NO	NO	NO
2003	29.5	NO	NO	NO
2004	44	NO	NO	NO
2005	28.8	NO	NO	NO

Año	Precipitación	Dato Dudoso		
		Z-Score	Outliers - Inferior	Outliers - Superior
2006	28.3	NO	NO	NO
2007	36.5	NO	NO	NO
2008	65	NO	NO	NO
2009	23.7	NO	NO	NO
2010	34.3	NO	NO	NO
2011	28.1	NO	NO	NO
2012	34	NO	NO	NO
2013	41.5	NO	NO	NO
2014	29	NO	NO	NO
2015	27.7	NO	NO	NO
2016	45.3	NO	NO	NO
2017	61.6	NO	NO	NO

Fuente: JAM, 2018

Tabla 4-30 Prueba de datos dudosos. Estación Sierra Morena.

Año	Precipitación	Dato Dudoso		
		Z-Score	Outliers - Inferior	Outliers - Superior
2001	25.6	NO	NO	NO
2002	23.7	NO	NO	NO
2003	29.1	NO	NO	NO
2004	28.5	NO	NO	NO
2005	29.3	NO	NO	NO
2006	28.7	NO	NO	NO
2007	22.1	NO	NO	NO
2008	26.8	NO	NO	NO
2009	22.6	NO	NO	NO
2010	31.7	NO	NO	NO
2011	22.5	NO	NO	NO
2012	34.7	NO	NO	NO
2013	30	NO	NO	NO
2014	24.8	NO	NO	NO
2015	16.8	NO	SI	NO
2016	31.7	NO	NO	NO
2017	35.9	NO	NO	NO

Fuente: JAM, 2018

4.9.4.2 Pruebas de Ajuste

Se realiza un análisis de distribuciones de probabilidad con el fin de determinar a qué tipo de distribución se ajustan mejor los valores de precipitación máxima en 24 horas, para cada estación analizada, mediante la prueba de Anderson-Darling, la cual es considerada como una modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para evaluar el ajuste de los datos históricos se escogen las distribuciones de probabilidad Normal, Lognormal, Pearson Tipo III y Gumbel, las cuales, de acuerdo con la literatura, son las que mejor describen el comportamiento de eventos máximos de precipitación.

Como resultado se tiene que, tal como se muestra en la Ilustración 4-85 e Ilustración 4-86, las series presentan un mejor ajuste a la distribución Lognormal.

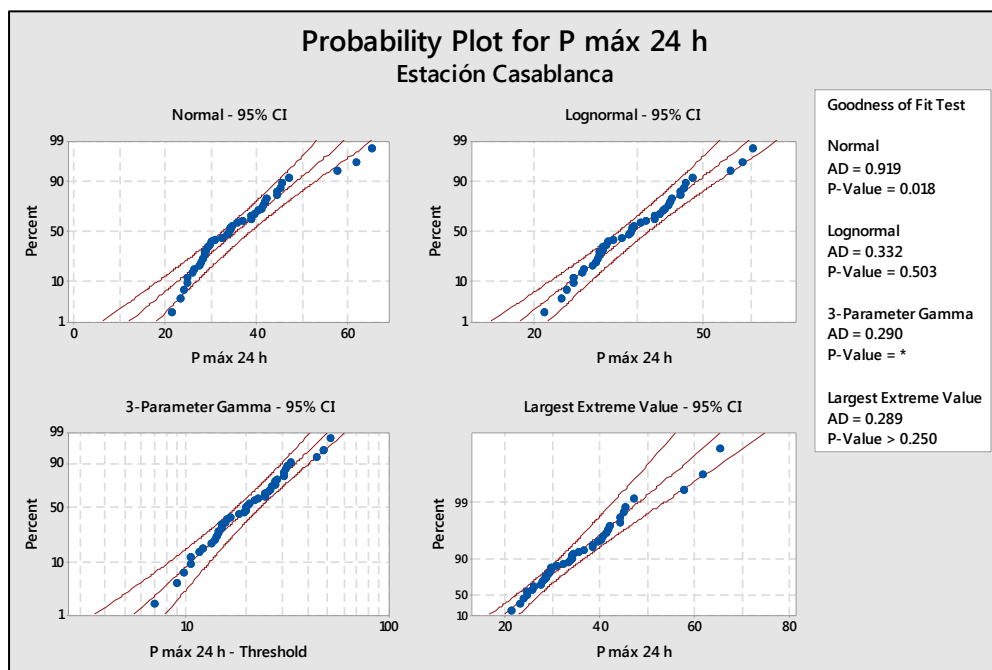


Ilustración 4-85 Prueba de ajuste para P máx en 24 h. Estación Casablanca.
Fuente: JAM, 2018

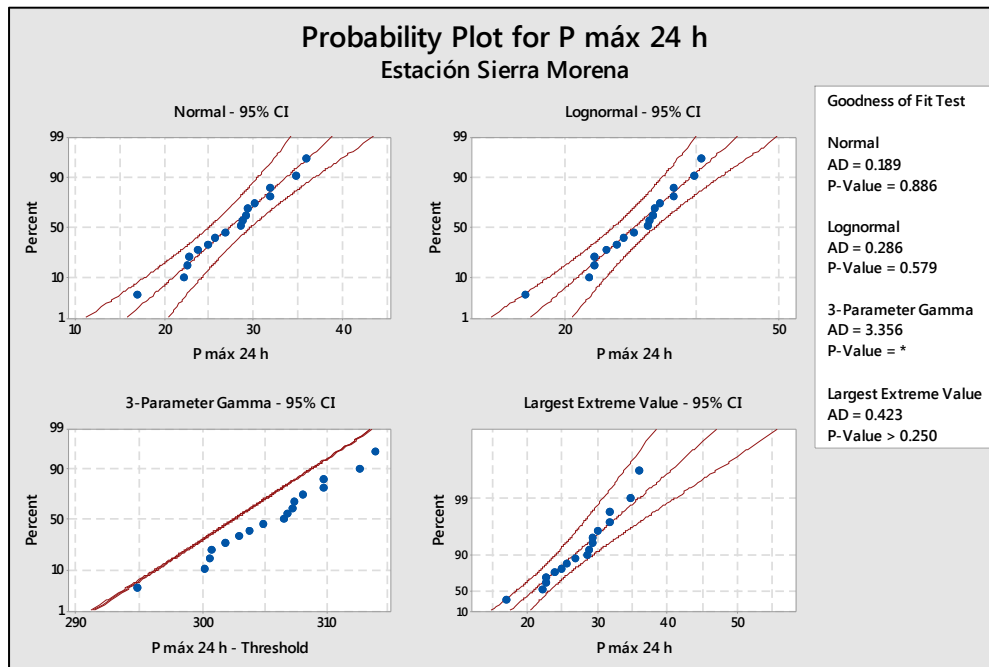


Ilustración 4-86 Prueba de ajuste para P máx en 24 h. Estación Sierra Morena.
Fuente: JAM, 2018

4.9.5 Análisis de Lluvias

Con el fin de determinar si la precipitación influyó de manera directa con el movimiento o si por el contrario actuó como agente condicionante, se realiza un análisis de la lluvia a nivel diario mediante la construcción de la curva de masa antecedente con los valores de la estación Casablanca, puesto que es la que cuenta con un registro de lluvias mayor (1977-2018), y considerando los eventos de emergencia que han sido atendidos y registrados en la bitácora del IDIGER, de manera que se puedan identificar las duraciones de lluvia acumulada y sus respectivos valores. Lo anterior permite definir, mediante un análisis probabilístico, los valores de lluvia acumulada en función de períodos de retorno.

El resultado obtenido del análisis descrito anteriormente se complementa con el resultado producto de la aplicación de la metodología propuesta por González G., Zamudio H., & Castellanos J., descrita en el artículo “*Relaciones de precipitación crítica – duración de lluvia que disparan movimientos de masa en Santafé de Bogotá – Colombia*”.

4.9.5.1 Cálculo de la lluvia acumulada

A partir del registro diario de precipitación de la estación Casablanca se construye la curva de lluvia antecedente (Ilustración 4-87), la cual se realiza para el año 2018 debido a que es en dicho período que comenzó el proceso de remoción en masa.

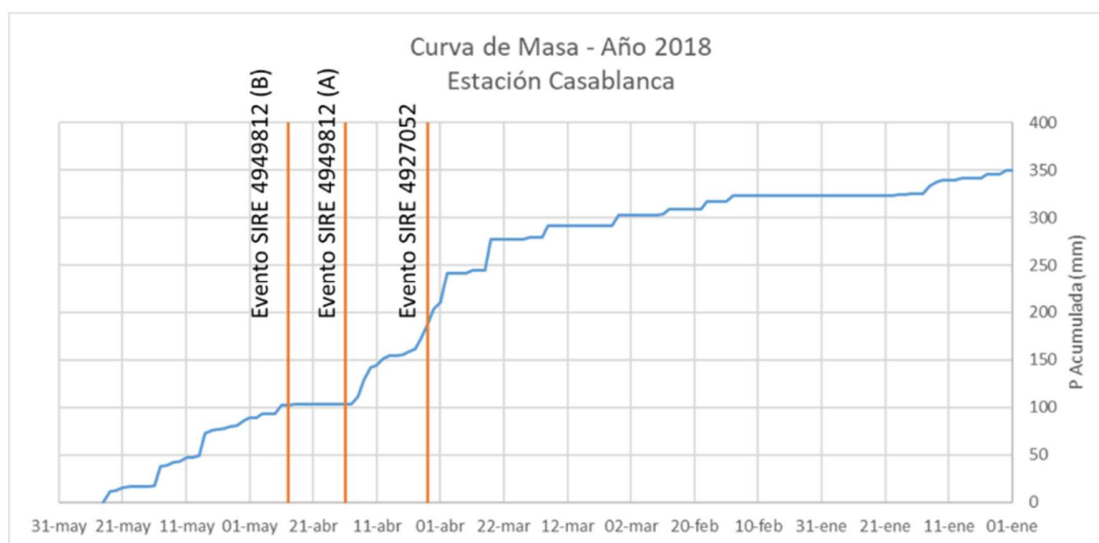


Ilustración 4-87 Curva de masa para el año 2018 - Est. Casablanca
Fuente: JAM, 2018

Se identifican las duraciones características de la lluvia acumulada y se realiza el análisis probabilístico con la totalidad del registro de la estación Casablanca para obtener los valores de la lluvia acumulada para cada período de retorno. El resultado se compara con los valores acumulados para los tres (3) registros de eventos en la bitácora del IDIGER.

En la Tabla 4-31 se presenta la lluvia antecedente para cada evento registrado, mientras que en la Tabla 4-32 se muestran los valores obtenidos de lluvia acumulada para las duraciones características considerando los períodos de retorno.

Tabla 4-31 Lluvia antecedente para los eventos registrados

Evento	Fecha	P Acum (mm) 16 días	P Acum (mm) 23 días	P Acum (mm) 32 días
SIRE 4927052	03/04/2018	104.6	118.4	129.9
SIRE 4949812 (A)	16/04/2018	106.3	141.2	176.2
SIRE 4949812 (B)	25/04/2018	48.1	85.2	142

Fuente: JAM, 2018

Tabla 4-32 Períodos de retorno de lluvia acumulada

Tr (años)	P Acum (mm) 16 días	P Acum (mm) 23 días	P Acum (mm) 32 días
5	126.7	151.4	192.7
10	143.2	171.1	212.8
25	163.3	195.1	234.3
50	177.6	212.1	248.0

Tr (años)	P Acum (mm) 16 días	P Acum (mm) 23 días	P Acum (mm) 32 días
100	192.0	229.2	260.8

Fuente: JAM, 2018

Al comparar los valores calculados para cada período de retorno con los obtenidos de la curva de lluvia antecedente se observa que tales valores no obedecen a períodos de retorno significativos, con lo cual se tiene que la lluvia acumulada para dichos reportes se presenta de forma recurrente en el sitio de análisis.

4.9.5.2 Lluvia Crítica

Para la determinación del valor de lluvia crítica se toman las ecuaciones propuestas por González G., Zamudio H., & Castellanos J., para la zona suroccidental:

$$LL_{Crit} = 0.3609 * LL_{Anual}$$

$$D = 3.2829 * LL_{Crit}^{0.4157}$$

Donde,

LL_{Crit} = Lluvia crítica acumulada, en mm.

LL_{Anual} = Lluvia anual de la estación analizada, en mm.

D = Duración de la lluvia crítica, en días.

Como resultado se obtiene que la lluvia crítica calculada con la estación Casablanca es de 230.7 mm correspondiente a una duración de 32 días, lo cual concuerda con los valores obtenidos en el cálculo de los períodos de retorno.

4.9.6 Curvas IDF

Para la construcción de las curvas IDF de las estaciones analizadas en el estudio, se empleó el método de las curvas sintéticas regionalizadas de intensidad duración frecuencia para Colombia, elaborado por Vargas R. y Díaz Granados M. (1998), cuya ecuación es:

$$i = \frac{a * T_r^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde,

i = Intensidad en mm/h

T_r = Periodo de retorno en años

M = Precipitación máxima diaria promedio en mm

t = Tiempo de la lluvia en min

a, b, c, d = Parámetros de ajuste

Para este caso, el área de estudio se ubica dentro de la clasificación del INVIAS en la Región R1 (Región Andina) y los parámetros de ajuste se presentan en la Tabla 4-33.

Tabla 4-33 Parámetros a, b, c y d para cada región.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: INVIAS, 2011

Para el cálculo del parámetro M, se realiza el promedio de los valores máximos de precipitación en 24 horas para cada uno de los años del registro. Las curvas IDF resultado del análisis anterior se presentan a continuación:

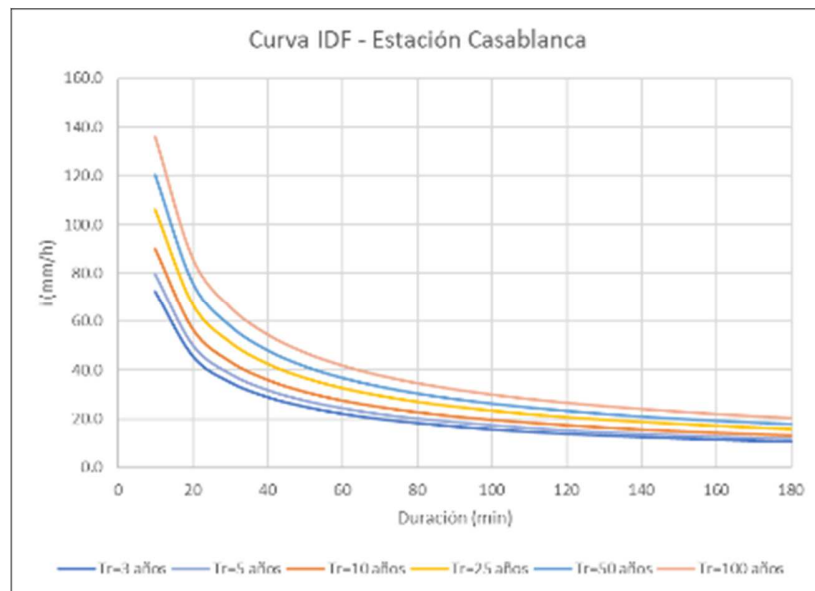


Ilustración 4-88 Curva IDF - Estación Casablanca
Fuente: JAM, 2018

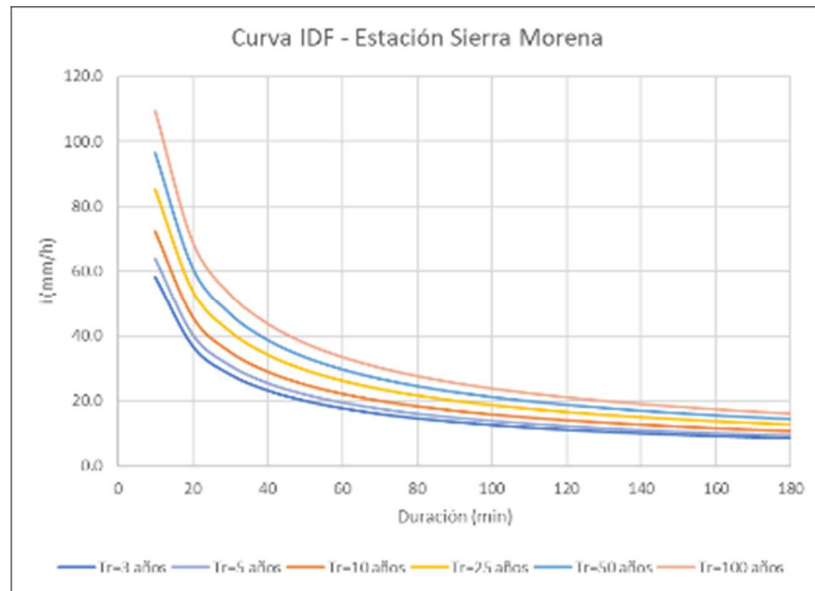


Ilustración 4-89 Curva IDF - Estación Sierra Morena
Fuente: JAM, 2018

Adicionalmente, se realizó la solicitud a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) de los coeficientes correspondientes a la coordenada 990143 E – 998502 N, la cual corresponde al centroide del polígono de estudio. Como respuesta se obtiene que, para la coordenada solicitada, la ecuación que describe la curva IDF es la siguiente:

$$Intensidad = C_1(Duración + X_0)^{C_2}$$

Donde:

i = Intensidad de la precipitación en milímetros.

D = Duración del aguacero en minutos o tiempo de concentración.

C_1, C_2, X_0 = Parámetros de la curva IDF, suministrados en los datos técnicos expedidos por la EAAB (Tabla 4-34).

Tabla 4-34 Coeficientes curvas IDF.

Id	Punto (EN) EPSG3116	Tiempo de retorno 3 años			Tiempo de retorno 5 años			Tiempo de retorno 10 años			Tiempo de retorno 25 años			Tiempo de retorno 50 años			Tiempo de retorno 100 años		
		C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2
0	990143,998502	1773.94	20.6	-0.99880	2309.08	21.1	-1.02229	2699.81	20.5	-1.02195	3387.05	20.3	-1.03434	3722.95	19.6	-1.03287	4137.52	19.4	-1.03461

Fuente: EAAB, 2018

En la Ilustración 4-90 se presentan las curvas IDF para la zona de estudio y en la Tabla 4-35 las intensidades calculadas para cada curva.

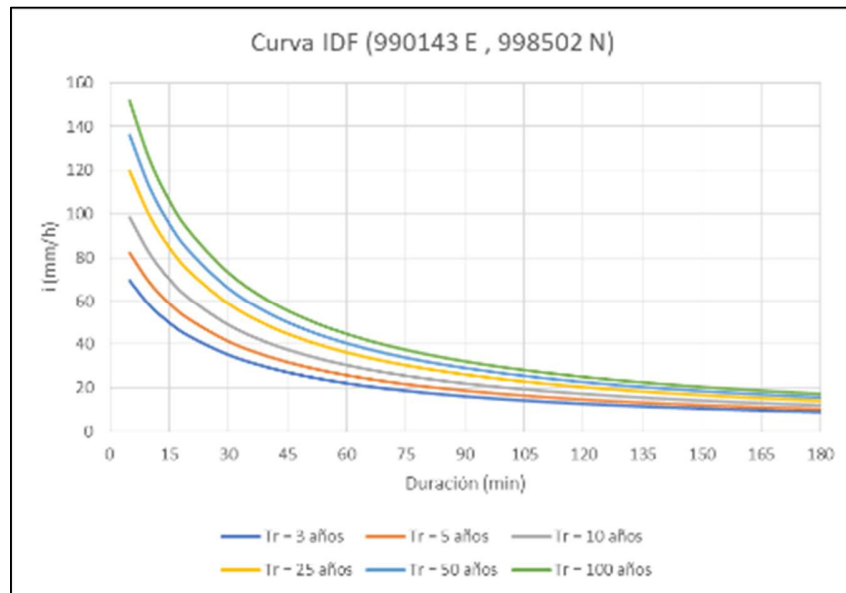


Ilustración 4-90 Curvas IDF para el área de estudio.
Fuente: JAM, 2018

Tabla 4-35 Valores de intensidad de las curvas IDF.

Tr (años)	3	5	10	25	50	100
t (min)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)
5	69.6	82.3	98.6	119.8	136.2	151.8
10	58.2	68.8	82.1	99.4	112.5	125.2
15	50.0	59.0	70.3	84.9	95.8	106.4
20	43.9	51.7	61.5	74.0	83.3	92.5
30	35.2	41.4	49.1	58.9	66.0	73.2
40	29.4	34.5	40.8	48.8	54.6	60.5
50	25.3	29.5	34.9	41.6	46.5	51.5
60	22.1	25.8	30.5	36.3	40.5	44.8
70	19.7	22.9	27.0	32.1	35.8	39.6
80	17.7	20.6	24.3	28.8	32.1	35.5
90	16.1	18.7	22.0	26.1	29.1	32.1
100	14.8	17.1	20.2	23.9	26.6	29.4
110	13.7	15.8	18.6	22.0	24.5	27.0
120	12.7	14.7	17.2	20.4	22.7	25.0
130	11.9	13.7	16.1	19.0	21.1	23.3
140	11.1	12.8	15.0	17.7	19.7	21.8
150	10.5	12.0	14.1	16.7	18.5	20.4
160	9.9	11.4	13.3	15.7	17.5	19.3

Tr (años)	3	5	10	25	50	100
t (min)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)
170	9.4	10.7	12.6	14.9	16.5	18.2
180	8.9	10.2	12.0	14.1	15.7	17.3

Fuente: JAM, 2018

4.10 EVALUACIÓN REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

Durante la visita técnica llevada a cabo el día 14 de julio de 2018 se realizó el inventario de la red de alcantarillado del área de estudio, donde se revisan los pozos de inspección y conexiones domiciliarias. Se tomó como base de información el inventario de la red de alcantarillado de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, donde previamente se nota la falta de información de los colectores de la zona de estudio.

Las actividades de inventario y evaluación del estado físico se realizaron en simultáneo, obteniendo como resultado la información que se presenta en la Ilustración 4-91:

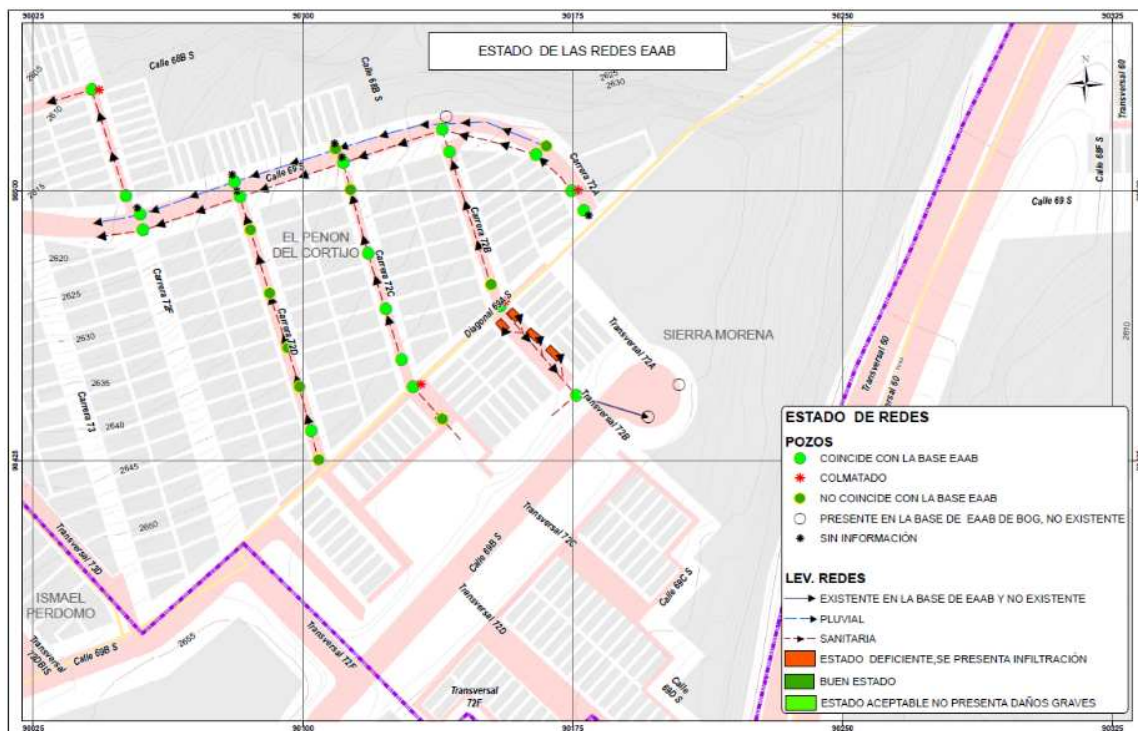


Ilustración 4-91 Inventario y revisión de estado de la red de alcantarillado
Fuente: JAM, 2018

4.10.1 Inventario de la Red

Se identifican tres (3) pozos de inspección que no se encuentran en la cartografía suministrada por la EAAB, además de nueve (9) pozos que no se encuentran inventariados

en la misma base. También se hallaron conexiones domiciliarias en las viviendas de la corona de la ladera del sector, la información de estas conexiones no está en la base cartográfica de la EAAB debido a que la propia comunidad las fabricó, consecuencia de lo anterior, dichas conexiones domiciliarias presentan materiales de baja calidad y descargas irregulares.

Se hace la revisión de los colectores a través de los pozos, se identifica el tipo de flujo y las direcciones de ellos. Se determina en campo la presencia de alcantarillado pluvial, ubicado únicamente sobre la calle 69 S, parte de la zona alta en la carrera 72 A y la dirección del flujo es hacia S-W. Los demás colectores inventariados en la zona corresponden a alcantarillado sanitario. De la misma manera se observa que uno de los colectores ubicado en la transversal 72B en la corona de la ladera, no tiene la misma dirección que la expuesta en la información de la EAAB como se aprecia en la Ilustración 4-91.

4.10.2 Estado de la Red de Alcantarillado

El estado general de la red de alcantarillado se determina que se encuentra en condiciones aceptables. Aunque la integridad estructural de todos los pozos de inspección está en buen estado, algunos de ellos se encuentran colmatados, esto debido a la gran cantidad de sedimentos acumulados por falta de mantenimiento y a la disposición de basuras en estos pozos por parte de la comunidad como se aprecia en las siguientes fotografías:



Ilustración 4-92 Pozo de inspección colmatado



Ilustración 4-93 Pozo de inspección con residuos dispuestos por la comunidad

También se identifican acometidas irregulares a los pozos de inspección por parte de la comunidad debido a las construcciones recientes de ampliación de las viviendas.



Ilustración 4-94 Acometidas irregulares a los pozos de inspección

Se hace una anotación sobre el estado del pozo de inspección ubicado en la parte alta de la carrera 72B, cuyo colector descarga sus aguas hacia la calle 69 S debido a que la comunidad descarga concreto dentro del pozo y este fraguo, dejando el colector parcialmente taponado; además, el único colector de este pozo, esta sobre el escarpe de falla identificado en la visita técnica, por tanto dichas aguas se están filtrando y son un contribuyente al movimiento de masa que se está presentando. También el material de la tubería en este pozo es diferente a los demás colectores de la red, el material actual es PVC de 8" y las demás tuberías son de gres del mismo diámetro.



Ilustración 4-95 Taponamiento de colectores de aguas residuales



Ilustración 4-96 Ruptura de calzada sobre el colector

Se realiza la revisión de las conexiones domiciliarias de la transversal 72B ubicada en la corona de la ladera, en ella se encuentran acometidas irregulares provenientes de las

viviendas aledañas, no se realiza la unión adecuada de las tuberías nuevas con las antiguas, para este propósito se rompieron las tuberías antiguas y así descargar el flujo sanitario de las nuevas viviendas, esto genera que parte del caudal manejado por la tubería pase directamente al suelo subyacente a la red sanitaria.



Ilustración 4-97 Tuberías sanitarias rotas



Ilustración 4-98 Acometidas irregulares

Como se aprecia en la Ilustración 4-97 e Ilustración 4-98, la tubería rota permite que el agua se infiltre al suelo. Este es el estado general de las demás conexiones domiciliarias de la zona, además de los daños a las tuberías, algunos de estos pozos se encuentran en condiciones deficientes debido a la gran cantidad de desechos que se encontraron.



Ilustración 4-99 Conexiones domiciliarias con residuos y sedimentos

Adicionalmente, con el reporte de daños atendidos por la EAAB, se pudo identificar que, al interior de la zona de estudio, sobre la carrera 72B, se reportó un daño en la red de

alcantarillado lo cual general que, parte del caudal que es drenado por el sistema, se filtre al suelo, ocasionando aportes intermitentes de humedad al talud.

4.10.3 Conclusiones

Al interior de la zona de estudio no hay cuerpos de agua superficiales que puedan influir en el proceso de remoción en masa; adicionalmente, una vez realizado el análisis de lluvias diarias con los registros históricos, se puede establecer que los valores de precipitación acumulados antecedentes a las fechas en que se registraron los eventos en la bitácora del IDIGER no corresponden a eventos extremos, por el contrario, se identifica que son lluvias recurrentes en el área de estudio, de manera que la relación de la lluvia con dicho movimiento no es directa, sino que actúa como un agente condicionante.

4.11 COBERTURA Y USO DEL SUELO

A continuación, en la Tabla 4-36 se presenta la descripción de cada una de las coberturas y usos del suelo que conforman el área de estudio. (Ver Plano 10).

Tabla 4-36 Cobertura terrestre y Uso actual del suelo para el área de estudio

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN COBERTURA TERRESTRE	CÓDIGO CLC	USO DEL SUELO	ÁREA DE ESTUDIO		
				Ha	m ²	%
Tuc	Tejido urbano continuo. Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano.	1.1.1.	Residencial	2.633	26334.62	37.93
And	Andenes y áreas asociadas. Corresponde a las franjas longitudinales, ubicadas a los costados de la vía urbana, exclusivamente destinada a la circulación de peatones.	1.2.2.1.1.	Conservación	0.237	2368.37	3.41
Rv	Red vial y territorios asociados. Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, vías, caminos y accesos viales; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: andenes, terraplenes y áreas verdes.	1.2.2.1.	Conservación	0.469	4687.49	6.75
Tdd	Tierras desnudas y degradadas. Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema o condiciones climáticas extremas.	3.3.3.	Sin uso	0.401	4011.18	5.78
Pa	Pastos arbolados. Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa.	2.3.2.	Protección Producción	0.861	8614.73	12.41
Pe	Pastos enmalezados. Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.	2.3.3.	Protección Producción	0.562	5623.41	8.10
Pl	Pastos limpios. Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios; la realización de prácticas de manejo (poda, limpieza, fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.	2.3.1.	Protección Producción	1.400	14002.73	20.17
Oet	Obras de estabilización de laderas. Corresponde a las obras de ingeniería que se diseñan para la estabilidad de taludes o laderas con el fin de establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo.	3.3.3.1.	Protección	0.378	3784.25	5.45
TOTAL ÁREA DE ESTUDIO				6.94	69426.77	100.00

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S., 2.018

5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

5.1 INTRODUCCIÓN

Con la información presentada en los capítulos anteriores se complementaron los datos necesarios para evaluar el comportamiento y respuesta de los diferentes materiales frente a los factores geológicos y ambientales actuantes en la zona de estudio que determina la estabilidad de la ladera. La evaluación se hace para cada una de las secciones geológico - geotécnicas definidas que cubren la totalidad del área de estudio, tanto para un mecanismo de falla en roca (planar, cuña y volteo) como para las fallas locales superficiales. En el presente capítulo se presenta la forma en que se evalúa la estabilidad, los resultados de la modelación y análisis geotécnicos efectuados para determinar el nivel de amenaza por movimientos en masa en el área de estudio y la zonificación hecha para la categorización de esta.

5.2 CONDICIONES ACTUALES Y MECANISMOS DE FALLA A ANALIZAR

De acuerdo con la configuración de los materiales y las conclusiones presentadas a partir de los estudios geológicos y análisis geotécnicos se definió que el mecanismo de falla principal que está afectando las viviendas e infraestructura en el Barrio El Peñón del Cortijo sector III corresponde a una falla en cuña conformado entre el sistema de diaclasamiento secundario con el sistema de discontinuidades primaria. La falla en cuña engloba dos unidades rocosas y se encuentra controlada por las dos direcciones de los taludes y la profundidad de la superficie de falla. Para los análisis de estabilidad se presentará el análisis de falla en roca para los perfiles definidos en cada zona geotécnica.

Adicionalmente se analizarán las fallas superficiales del suelo residual superior y de los rellenos encontrados en las perforaciones en algunos sectores de la ladera, estas superficies de falla no son críticas y corresponden a un mecanismo independiente de la falla en cuña que está afectando la estabilidad del barrio.

Respecto a las condiciones de agua, según las observaciones directas de la exploración del subsuelo, no se encontró nivel freático y los materiales tienen baja humedad según los resultados obtenidos en el sondeo eléctrico vertical, lo cual está asociado a que las condiciones de drenaje del macizo son buenas por su sistema de permeabilidad secundaria y la pendiente. Esta condición conlleva contemplar el escenario de corto y largo plazo con una baja presión de poros la cual se incorpora en la modelación a través de un porcentaje de agua en la diaclasa.

Por último, en la zona de estudio no se han presentado procesos morfodinámicos o de inestabilidad que se hayan generado por detonante sismo. En todo caso se hacen los análisis de estabilidad contemplando cargas sísmicas a fin de cubrir todas las posibilidades.

5.3 ESCENARIOS A CONSIDERAR MECANISMO DE FALLA EN ROCA

Para evaluar las condiciones generales de estabilidad de las secciones geotécnicas que cubren las siete (7) zonas para los mecanismos de falla planar, cuña y volteo, se realizaron análisis de estabilidad a corto y largo plazo definidos así:

- **Corto plazo:** Considerando dos posibles escenarios en función de los detonantes 1) sin saturación y sin sismo 2) con el efecto de llenar la diaclasa con agua a un 50% de su capacidad, correspondería a un escenario de un (1) año.
- **Largo plazo:** Considerando dos posibles escenarios en función de los detonantes: 1) el efecto de la carga sísmica para condiciones de talud sin saturación; 2) con el efecto de llenar la diaclasa con agua a un 50% de su capacidad y con el efecto de la carga sísmica.

En ambos escenarios se consideró una sobre carga por las viviendas que aún quedan en la ladera.

La carga sísmica en el talud corresponde a un Aa de 0.18 g (Zona cerros), el cual ya incluye los efectos de sitio (locales) como lo menciona el decreto 523 de 2010; dado que la zona de análisis se ubica a media ladera, no se considera la ocurrencia de efectos topográficos por crestas o valles y por ende el valor de 0,18 g es la aceleración en superficie. Con este valor se calcula el coeficiente pseudoestático Kh como el 80% de la aceleración en superficie, resultando en 0,14g, valor a incluir en la modelación.

Según el monitoreo realizado en la zona se registra el nivel piezométrico a 22 m, indicando la existencia de un flujo subterráneo en la arenisca que no está afectando directamente el movimiento del material, adicionalmente según el sondeo eléctrico vertical el macizo se encuentra en estado seco. Por consiguiente, se determinó en el modelo incluir el efecto del agua únicamente en las diaclasas como una presión en la grieta de tracción bajo dos condiciones; en condición seca 0% y condición con agua llenando la cuña al 50%. Se determinaron estas dos condiciones asumiendo el buen drenaje del macizo limitando que la cuña pueda llegar a llenarse al 100%.

5.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Respecto a la modelación, los análisis de estabilidad se realizaron por el método de equilibrio límite: Analizando la posibilidad cinemática de movimiento con ayuda de la red estereografía con los siguientes criterios

- ✓ Planar: Planos que tengan un azimut de buzamiento similar (+-20°) que el talud, su buzamiento sea menor que la inclinación del talud y mayor que el ángulo de fricción de la estratificación.
- ✓ Cuña: El buzamiento de la intercepción entre los dos planos debe ser mayor que el ángulo de fricción de estos y menor que la inclinación del talud.
- ✓ Volteo: Planos que tengan un azimut de buzamiento similar (+-20°) que el talud y el buzamiento debe cumplir que:

$$90^\circ - (\beta_{plano}) \leq (\beta_{talud} - \phi_{planos})$$

Una vez establecido la posibilidad de movimiento se realizó un análisis de equilibrio de fuerzas encontrando el factor de seguridad para el movimiento estudiado. Los parámetros geomecánicos incorporados en los modelos fueron mostrados en la

Tabla 4-20 del modelo geológico geotécnico.

Resistencia diaclasas

La resistencia de las discontinuidades se determinó a partir de un análisis retrospectivo del movimiento en cuña evaluando el factor de seguridad con diferentes valores del ángulo de fricción de la superficie de la diaclasa, con cálculos se busca el valor para el cual el factor de seguridad es 1.

Para el análisis se tomó el perfil 3 como representativo del movimiento y se fijaron los parámetros de la estratificación arcillosa con una condición seca y condición con el 50% de agua en las diaclasas. En la Tabla 5-1 se presentan los resultados, tomando como valor representativo de resistencia 28°.

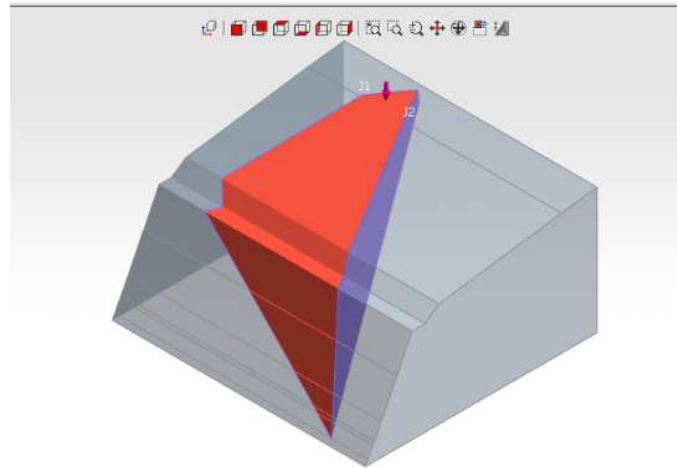


Ilustración 5-1 Modelo de falla del macizo rocoso

Tabla 5-1 Resultados análisis retrospectivo

Angulo de fricción	Factor de seguridad (Seca)	Factor de seguridad (agua)
29	1.14	1.10
28	1.12	1.08
21	1.08	1.00

Parámetros de resistencia

Tabla 5-2 Parámetros utilizados en el modelo

MATERIAL	ID	Peso unitario (kN/m ³)	c (KPa)	phi (°)
ARCILLOLITA COLOR GRIS CAOLINITICA	3	2.1	4.6	17.95
ARENISCA AMARILLA CON OQUEDADES	1	2.2	183	32
SUPERFICIE DE ESTRATIFICACIÓN	E1		0.28	16
RESISTENCIA DIACLASA	D		0	28

Los resultados de los análisis de estabilidad de los modelos geotécnicos se presentan a continuación, por sección y escenario.

5.4.1 Perfil 1- Amenaza

Se presentan los resultados de los análisis para el perfil 1, donde hay posibilidad cinemática de movimiento para cuña.

Talud:

Azimut de buzamiento/ Buzamiento: 0° 47°

Red estereográfica

En la Ilustración 5-2 se presenta la red estereográfica con las familias de discontinuidad y el talud.

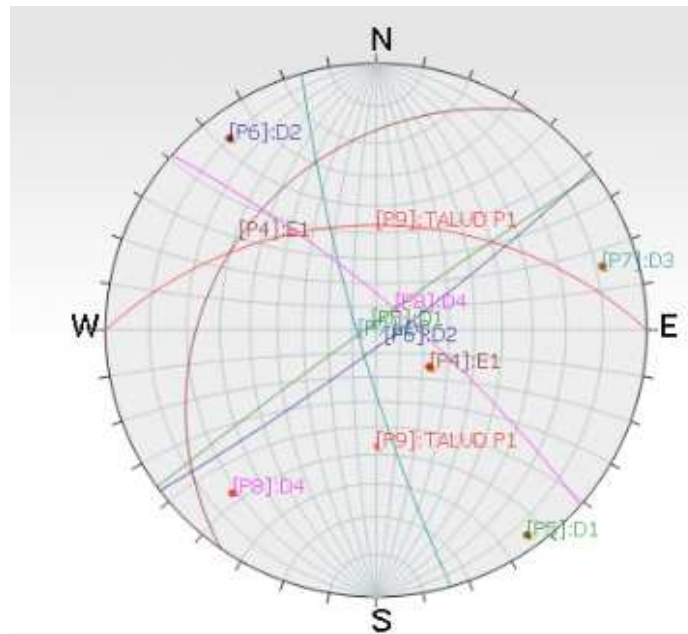


Ilustración 5-2 Red estereográfica perfil I

Análisis cinemático

De los análisis cinemáticos se presenta posibilidad de movimiento por cuña entre la estratificación y la familia 3.

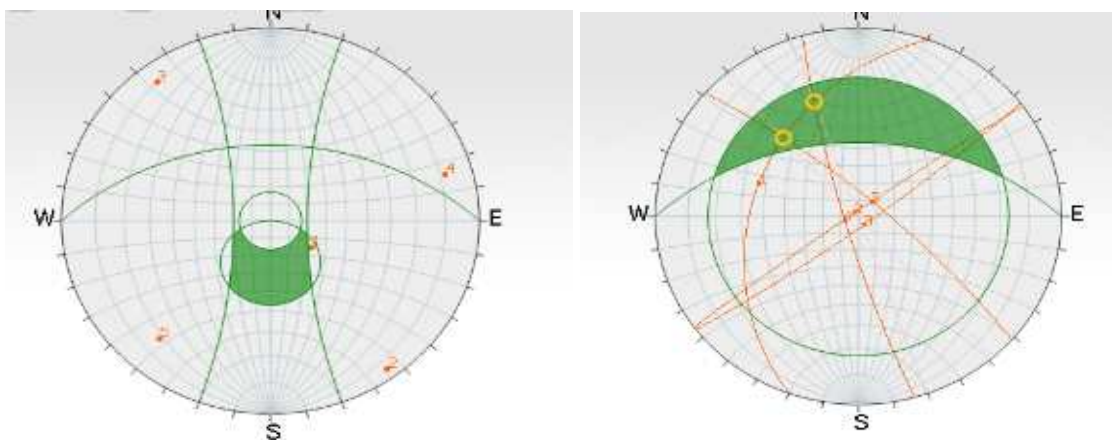


Ilustración 5-3 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña

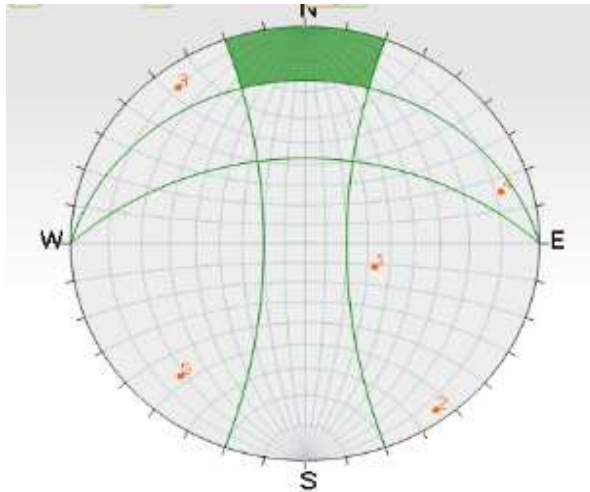


Ilustración 5-4 Análisis por volteo cinemático

Análisis equilibrio limite

Los análisis de equilibrio limite muestran que para la condición a corto plazo y condición futura los factores son menores a 1.2, representando la inestabilidad actual del macizo.

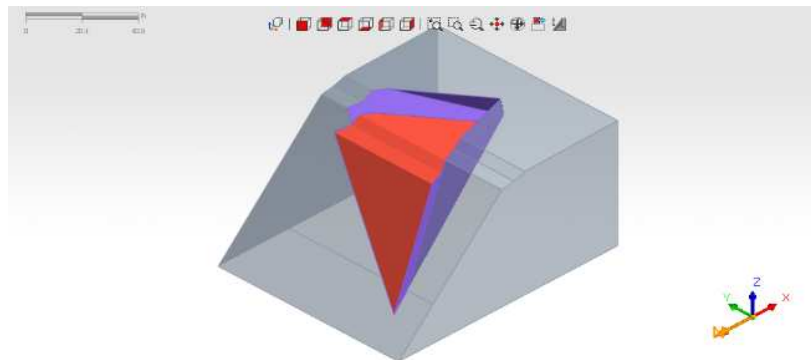


Ilustración 5-5 Modelo 3D mecanismo de falla en cuña perfil I

Tabla 5-3 Resultados análisis equilibrio limite perfil I

	J1	J3	AGUA %	SISMO	SOBRE CARGA	FS	MOVIMIENTO
J1	E1	D3	0	NO	NO	1.02	CUÑA
J1	E1	D3	50	NO	SI	0.99	CUÑA
J1	E1	D3	0	SI	SI	0.69	CUÑA
J1	E1	D3	50	SI	SI	0.70	CUÑA

5.4.2 Perfil 3 – Amenaza

Se presentan los resultados de los análisis para el perfil 3, donde hay posibilidad cinemática de movimiento para cuña, representando el movimiento actual identificado en campo.

Talud:

Azimut de buzamiento/ Buzamiento: $129^{\circ} 62^{\circ}$

Red estereográfica

En la Ilustración 5-6 se presenta la red estereográfica con las familias de discontinuidad y el talud.

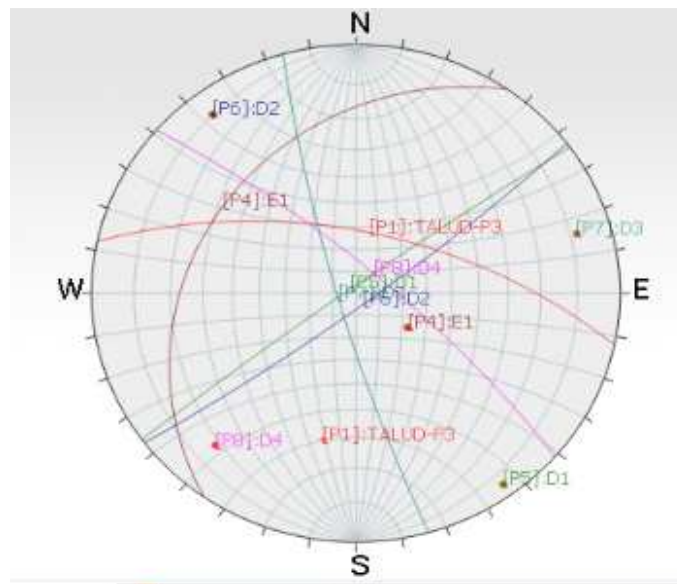


Ilustración 5-6 Red estereográfica perfil 3

Análisis cinemático

De los análisis cinemáticos se presenta posibilidad de movimiento por cuña entre la estratificación y la familia 3.

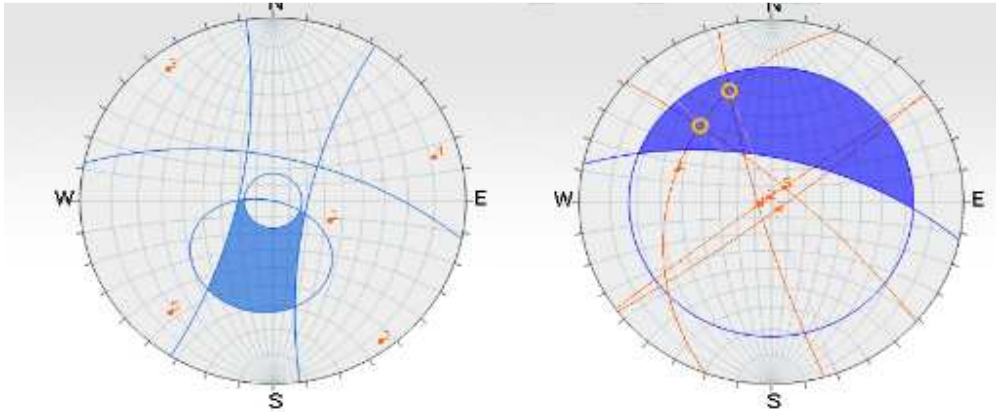


Ilustración 5-7 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña

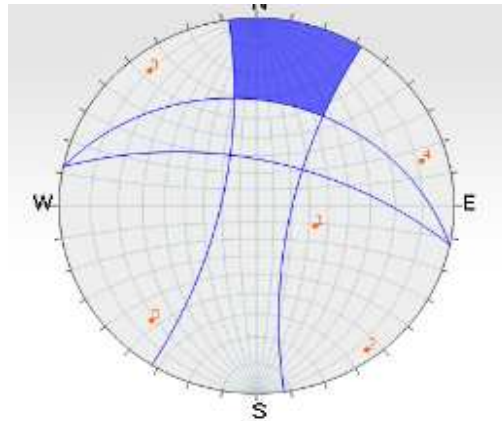


Ilustración 5-8 Análisis cinemático por volteo

Análisis equilibrio limite

Los análisis de equilibrio limite muestran que para la condición a corto plazo y condición futura los factores son menores a 1.2, representando la inestabilidad actual del macizo.

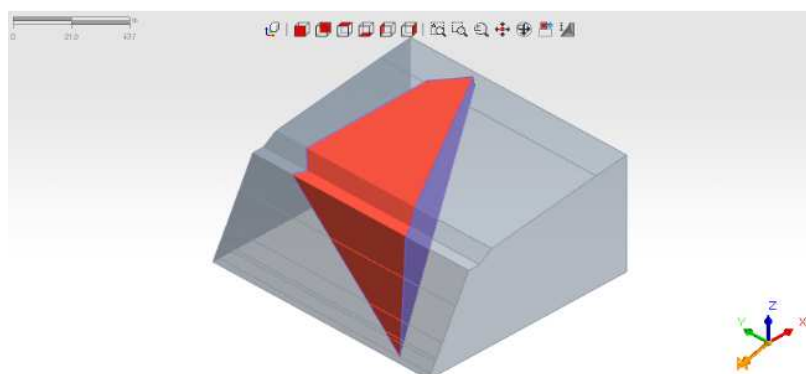


Ilustración 5-9 Modelo 3D Cuña perfil 3

Tabla 5-4 Resultados análisis equilibrio limite perfil 3

	F1	F2	AGUA	SISMO	SOBRE CARGA	FS	MOVIMIENTO
J1	E1	D3	0	NO	SI	1.02	CUÑA
J1	E1	D3	50	NO	SI	1.00	CUÑA
J1	E1	D3	0	SI	SI	0.72	CUÑA
J1	E1	D3	50	SI	SI	0.71	CUÑA

5.4.3 Perfil 4 - Amenaza

Talud:

Azimut de buzamiento/ Buzamiento: 341º 30'

Red estereográfica

En la Ilustración 5-10 se presenta la red estereográfica con las familias de discontinuidad y el talud.

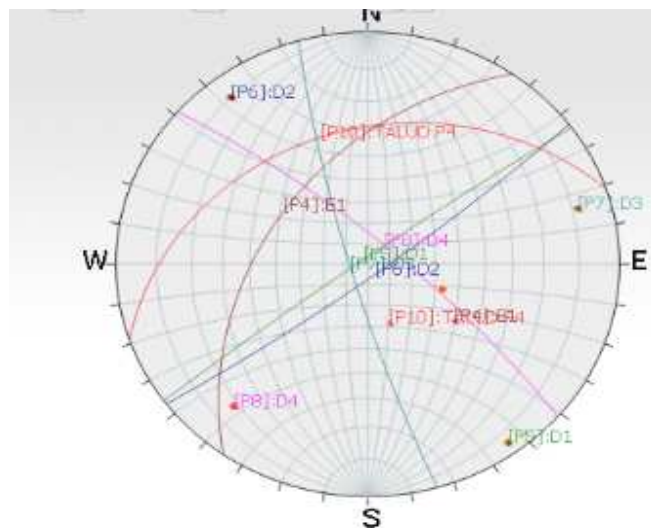


Ilustración 5-10 Red estereográfica perfil 4

Análisis cinemático

De los análisis cinemáticos se presenta posibilidad de movimiento por cuña entre la estratificación y la familia 3.

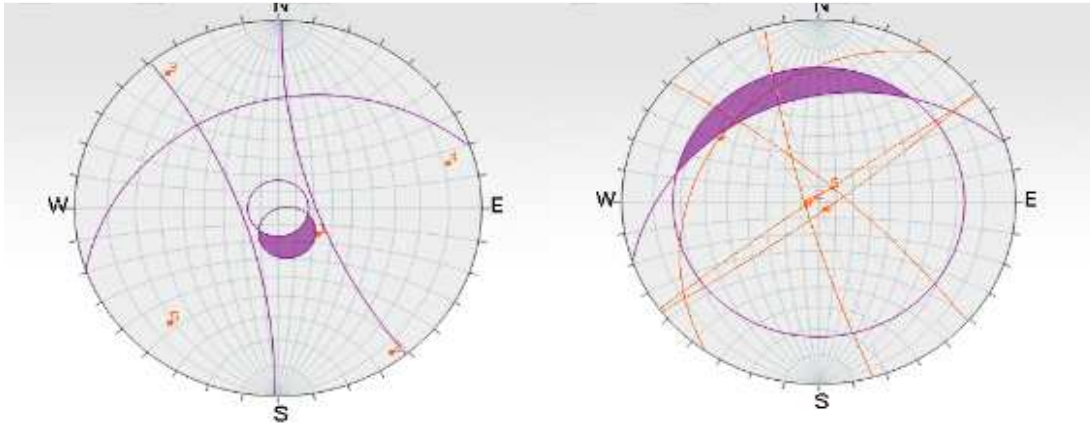


Ilustración 5-11 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña

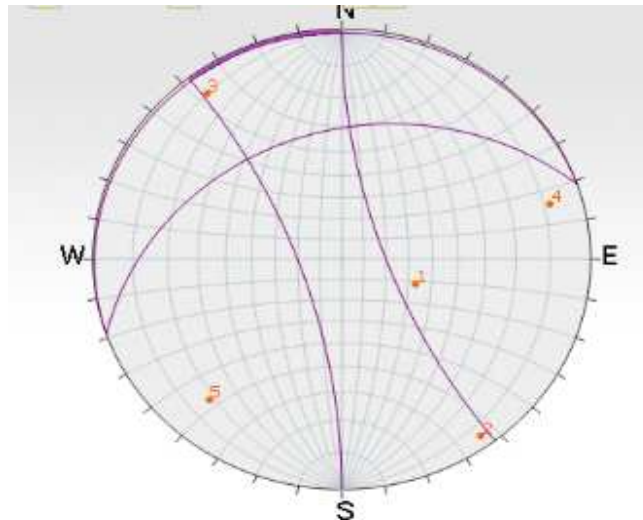


Ilustración 5-12 Análisis cinemático por volteo

Análisis equilibrio limite

Los análisis de equilibrio limite muestran que para la condición a corto plazo y condición futura los factores son menores a 1.2, representando la inestabilidad actual del macizo.

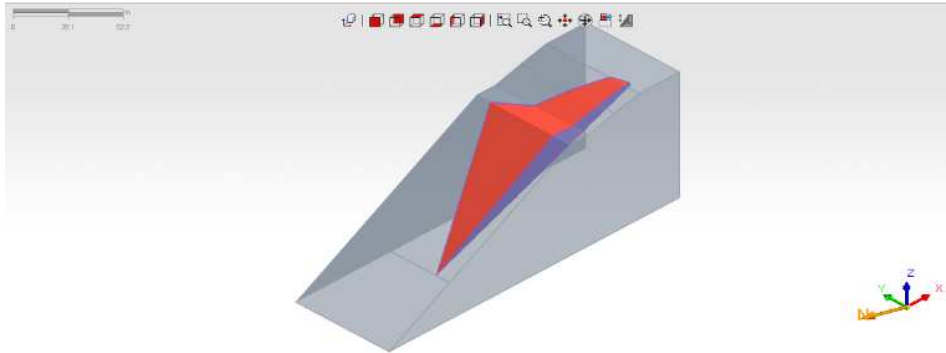


Ilustración 5-13 Modelo 3D Cuña perfil 4

Tabla 5-5 Resultados análisis equilibrio limite perfil 4

	F1	F2	AGUA	SISMO	SOBRE CARGA	FS	MOVIMIENTO
J1	E1	D3	0	NO	SI	1.02	CUÑA
J1	E1	D3	50	NO	SI	1.00	CUÑA
J1	E1	D3	0	SI	SI	0.73	CUÑA
J1	E1	D3	50	SI	SI	0.72	CUÑA

5.4.4 Perfil 5 - Amenaza

Talud:

Azimut de buzamiento/ Buzamiento: 109° 44°

Red estereográfica

En la Ilustración 5-14 se presenta la red estereográfica con las familias de discontinuidad y el talud.

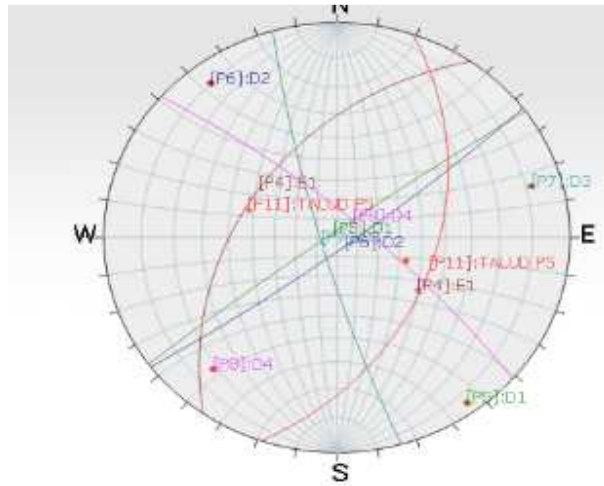


Ilustración 5-14 Red estereográfica perfil 5

Análisis cinemático

El análisis cinemático muestra que no hay posibilidad de movimiento para la falla en roca.

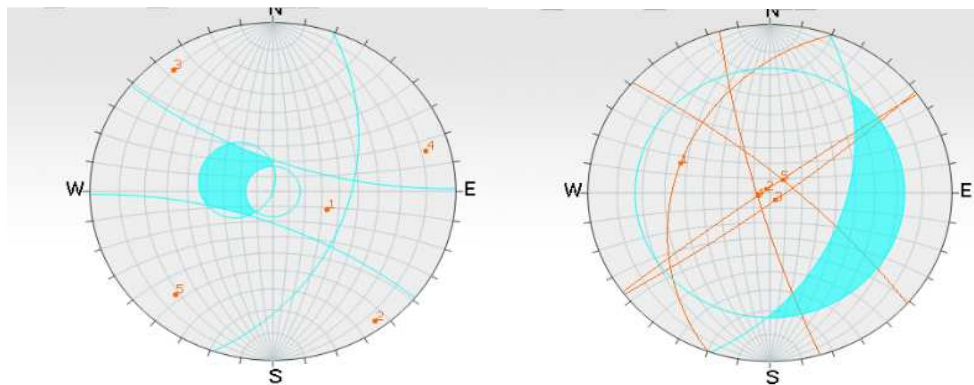


Ilustración 5-15 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña

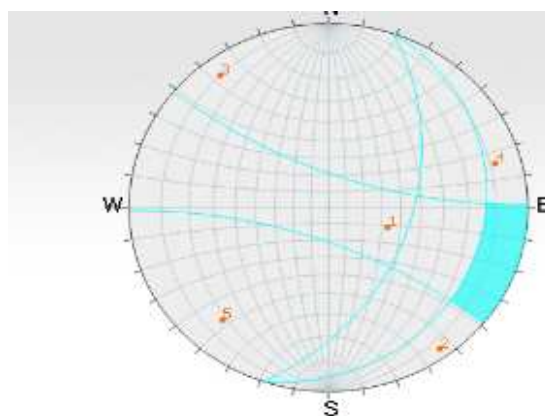


Ilustración 5-16 Análisis cinemático por volteo

5.4.5 Perfil 6 - Amenaza

Talud:

Azimut de buzamiento/ Buzamiento: 331º 29°

Red estereográfica

En la Ilustración 5-17 se presenta la red estereográfica con las familias de discontinuidad y el talud.

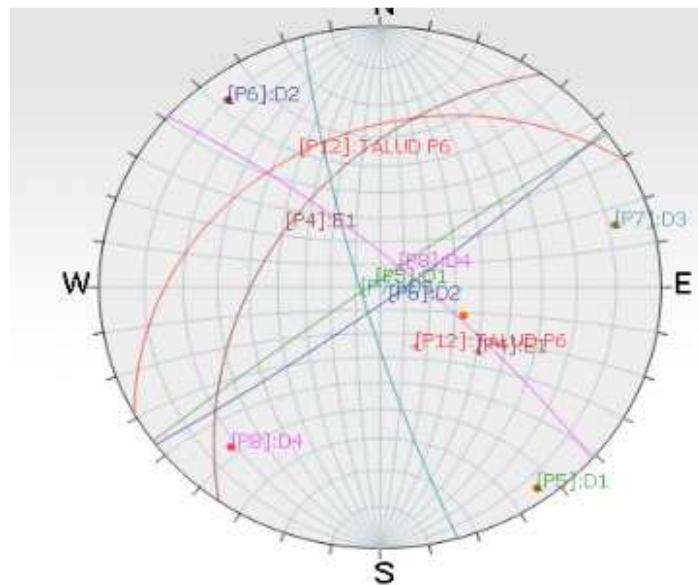


Ilustración 5-17 Red estereográfica perfil 6

Análisis cinemático

De los análisis cinemáticos se presenta posibilidad de movimiento por cuña entre la estratificación y la familia 3.

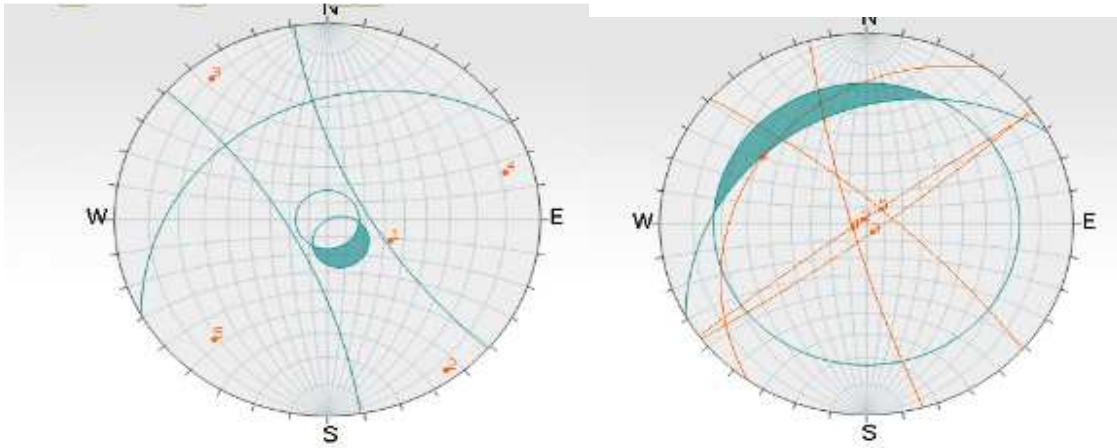


Ilustración 5-18 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña

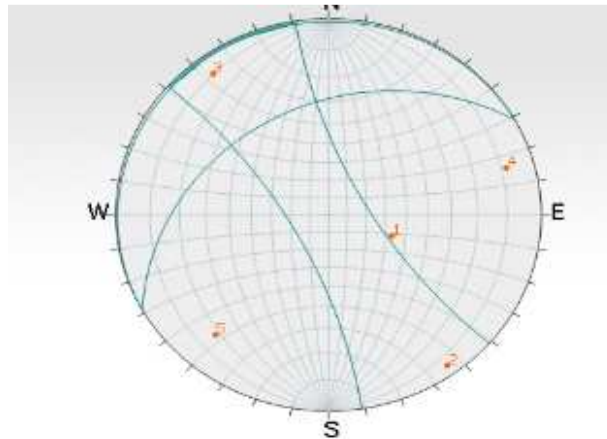


Ilustración 5-19 Análisis cinemático por volteo

Análisis equilibrio limite

Los análisis de equilibrio limite muestran que para la condición a corto plazo y condición futura los factores son menores a 1.2, indicando la inestabilidad de la zona.

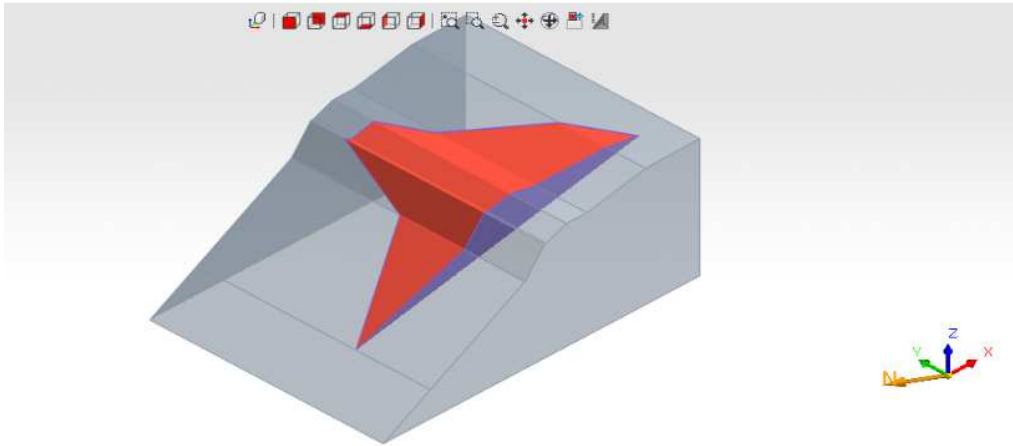


Ilustración 5-20 Modelo 3D Cuña perfil 6

Tabla 5-6 Resultados análisis equilibrio limite perfil 6

	F1	F2	AGUA	SISMO	SOBRE CARGA	FS
J1	E1	D3	0	NO	SI	1.00
J1	E1	D3	50	NO	SI	0.90
J1	E1	D3	0	SI	SI	0.72
J1	E1	D3	50	SI	SI	0.60

5.4.6 Perfil 7 – Amenaza

Talud:

Azimut de buzamiento/ Buzamiento: 358°/34°

Red estereográfica

En la Ilustración 5-21 se presenta la red estereográfica con las familias de discontinuidad y el talud.

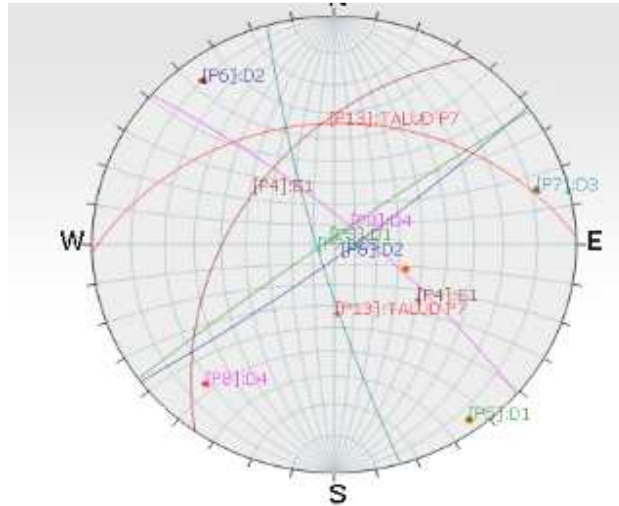


Ilustración 5-21 Red estereográfica perfil 7

Análisis cinemático

De los análisis cinemáticos se presenta posibilidad de movimiento por cuña entre la estratificación y la familia 3.

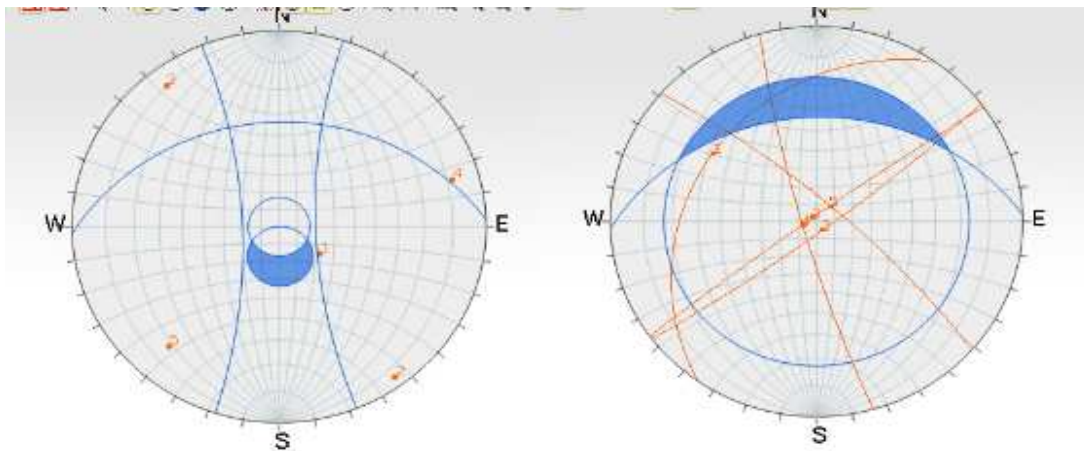


Ilustración 5-22 Análisis cinemático a) Planar b) Cuña

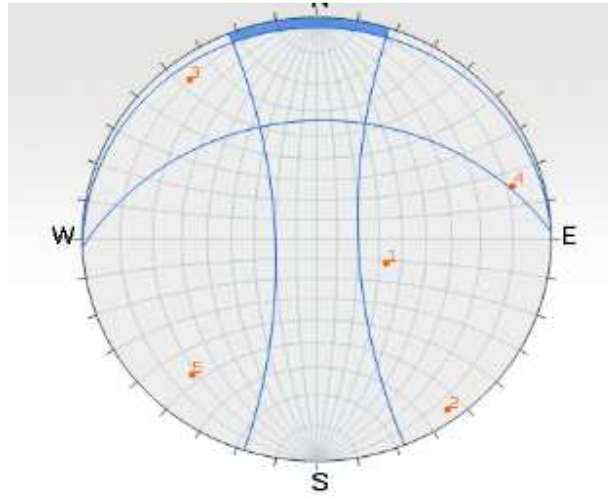


Ilustración 5-23 Análisis cinemático por volteo

Análisis equilibrio limite

Los análisis de equilibrio limite muestran que para la condición a corto plazo y condición futura los factores son mayores a 1.3 y 1.1, indicando que la zona es medianamente estable.

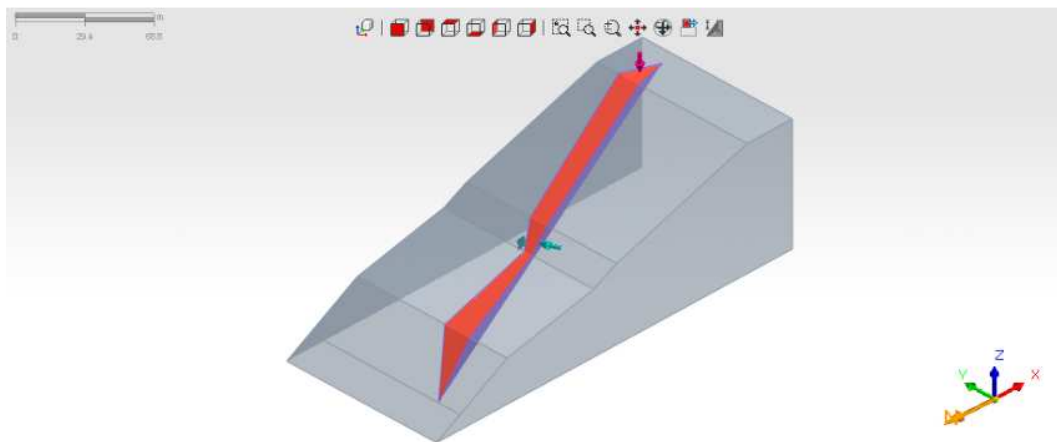


Ilustración 5-24 Modelo 3D Cuña perfil 7

Tabla 5-7 Resultados análisis equilibrio limite perfil 7

	F1	F2	AGUA	SISMO	SOBRE CARGA	FS
J1	E1	D3	0	NO	SI	1.53
J1	E1	D3	50	NO	SI	1.48
J1	E1	D3	0	SI	SI	1.05
J1	E1	D3	50	SI	SI	1.01

En conclusión, gran parte de la zona se encuentra en condición de inestabilidad por una falla en cuña controlada por la estratificación de la arcillolita y la familia de diaclasas con

buzamiento de 86°. Los análisis presentados en este numeral corroboran el proceso que se está presentando actualmente en la ladera el cual se encuentra en movimiento según los registros de instrumentación.

5.4.7 Distancias de viaje

El mecanismo de falla presentado en la zona de estudio correspondiente a falla en cuña definida por la estratificación de la arcillolita y por la familia de diaclasas, el deslizamiento se caracteriza por un movimiento en bloque con una altura de 33 m y un volumen de 19500 m³ según las mediciones realizadas a tenido una tasa de movimiento cercana a los 0,50 metros en seis meses, 1,00 m / año, clasificando el movimiento como bajo o lento, ver Tabla 5-8.

Tabla 5-8 Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad

DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (MM/SEG.)	TIPO VELOCIDAD	SIGNIFICADO DEL POTENCIAL DESTRUCTIVO
Extremadamente rápido	5x10 ³	5 m/seg.	Catástrofe de orden superior, estructuras destruidas por impacto del material desplazado, muchas muertes, difícilmente se puede escapar.
Muy rápido	5*10 ¹	3 m/min.	Algunas pérdidas de vidas, de velocidad alta pero permite evacuación de personas.
Rápido	5*10 ⁻¹	1,8 m/h	Posible evacuación estructuras, posesiones y equipos destruidos.
Moderado	5*10 ⁻³	13 m/mes	Permanencia en pie temporalmente de estructuras livianas, de baja resistencia.
Bajo	5*10 ⁻⁵	1,6 m/año	Medidas correctivas pueden ejecutarse durante el movimiento. Las estructuras livianas pueden ser rehabilitadas periódicamente si el movimiento no lo es suficientemente continuo en una de sus fases de desplazamiento. En la medida que se presenten las diferentes fases del movimiento se requiere de la evacuación preventiva de algunas estructuras, especialmente aquellas que se localicen en la línea de agrietamiento.
Muy Bajo	5*10 ⁻⁷	1-6 mm/año	Algunas estructuras permanentes no sufren daño por el movimiento.
Extremadamente bajo			Imperceptible solo con instrumentos, las construcciones son posibles pero con precauciones.

Fuente: Adaptado por JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE de Morgenstern 1985, y por lo citado por Cruden y Varnes, 1996.

El cálculo de distancias de viaje no aplica para este tipo de movimientos porque no se presenta un deslizamiento rápido que viaje a lo largo de la ladera, por el contrario, se está presentando un movimiento lento en bloque que se da progresivamente en pequeños

pulsos, fases, por el peso propio moviéndose en conjunto y presentado ciertas zonas de desconfinamiento en las caras del talud donde se encuentra la malla pernada o anclada, lo que evita se presente desprendimiento del material en la cara del talud objeto de análisis.

Por lo anterior los bloques que pueden desprenderse del talud y recorrer la ladera actualmente se encuentran controlados por la malla anclada de alta resistencia, la cual está cumpliendo la función de retener bloques superficiales que puedan desprenderse.

Por estas razones no se tienen en cuenta el criterio de distancias de viaje en condición normal para la zonificación de la amenaza.

En función de los resultados de los inclinómetros y de las mediciones realizadas en campo, la “distancia de viaje” aproximada de la cuña en el corto plazo es de 1.00 metro.

Asumiendo una condición extrema con el evento del sismo, donde puede fallar la malla anclada y desprenderse el material, y ocasionar mayor desplazamiento por el impulso generado por la fuerza sísmica sobre la masa movilizada, se estima a partir del volumen de la cuña la distancia de afectación aproximada. Se realiza el cálculo utilizando 2 metodologías diferentes y tomando el promedio de estas.

- a. Abaco de Finlay (1999): Se calcula la relación L/H en función del volumen de la cuña, para un valor de 20000 m³ se tiene una relación L/H de 0.5, obteniendo una distancia de afectación para la altura de 35 m de 17.5 m

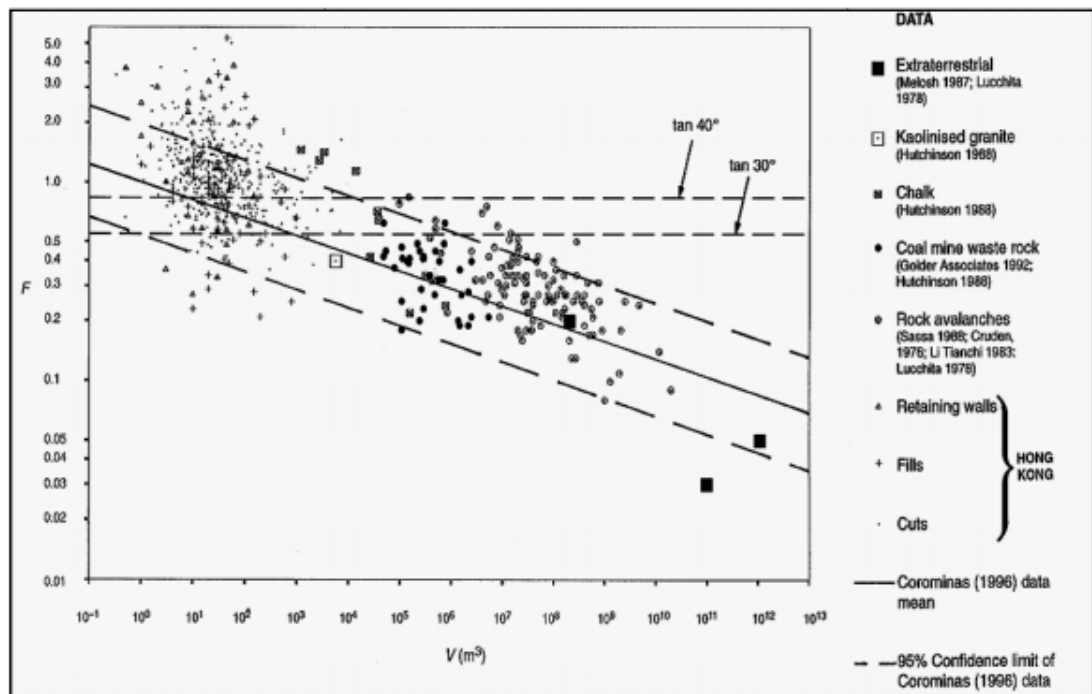


Figura 8. Relación entre el volumen deslizado y la distancia de viaje para diferentes tipos de deslizamiento según Finlay et al. (1999). F es definido como la relación L/H.

Ilustración 5-25 Relación entre el volumen y la distancia de viaje para diferentes deslizamientos $F = L/H$.

- b. Ecuaciones de regresión (SGC). Se calcula la relación L/H en función del volumen de la cuña, con las ecuaciones consignadas en la tabla 5-9

Tabla 5-9 Ecuaciones de regresión para $\log(H/L) = A + B * \log V$. Volumen

AUTORES	A	B	R
Scheidegger, 1973	0,624	0,15666	0,82
Li Tianchi, 1983	0,664	- 0,1529	0,78
Nicoletti & Sorriso - Valvo, 1991	0,527	0,0847	0,37
Corominas, 1996 (promedio)	- 0,047	- 0,085	0,79

Fuente: Hungr et al., 2005.

Fuente: Hungr et al., 2005

Se obtuvieron valores entre 2 m a 34 m de distancia de afectación con las ecuaciones utilizadas.

Dada la variabilidad en los resultados con los diferentes métodos utilizados, se considera que un valor de 17 m es representativo para cuantificar la distancia de viaje a largo plazo y bajo el escenario extremo. 50 años equivalen a 1.555.200.000 segundos y 17 metros a 17.000 mm, en consecuencia la velocidad del movimiento es 1,093 E-5 mm/s, acorde al presentado en el inicio de este numeral donde se concluye que la velocidad del movimiento es baja.

5.5 ESCENARIOS A CONSIDERAR MECANISMO DE FALLA SUPERFICIALES

Para evaluar las condiciones generales de estabilidad de las secciones geotécnicas que cubren las seis (6) zonas para los mecanismos de falla superficial en rellenos y suelo residual, se realizaron análisis de estabilidad a corto y largo plazo definidos así:


- **Corto plazo:** Establecidos para las condiciones actuales, es decir sin saturación y sin sismo, correspondería a un escenario de un (1) año.
- **Largo plazo:** Considerando dos posibles escenarios en función de los detonantes: 1) el efecto de la carga sísmica para condiciones de talud sin saturación; 2) con el efecto del agua de infiltración representado con un $R_u=0.3$ con el efecto de la carga sísmica.

En ambos escenarios se consideró una sobre carga por las viviendas que aún quedan en la ladera.

Los análisis se realizaron bajo una condición drenada siendo esta la crítica para estabilidad de taludes.

5.5.1 Perfil 1

El perfil 1 está ubicado en la zona geotécnica 1, en la parte superior se encuentra un suelo residual de espesor hasta 2 m, de los análisis de estabilidad se puede observar que no presenta inestabilidad en condición actual ni futura frente a movimientos superficiales.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
M1 ARENISCA ALMET		20	Mohr-Coulomb	1794.61	32	None	0
M3 ARCILLOLITA		20	Mohr-Coulomb	4.6	17.95	None	0
M4 SUELO RESIDUAL ARENISCA		20	Mohr-Coulomb	4.21	29.5	None	0.3

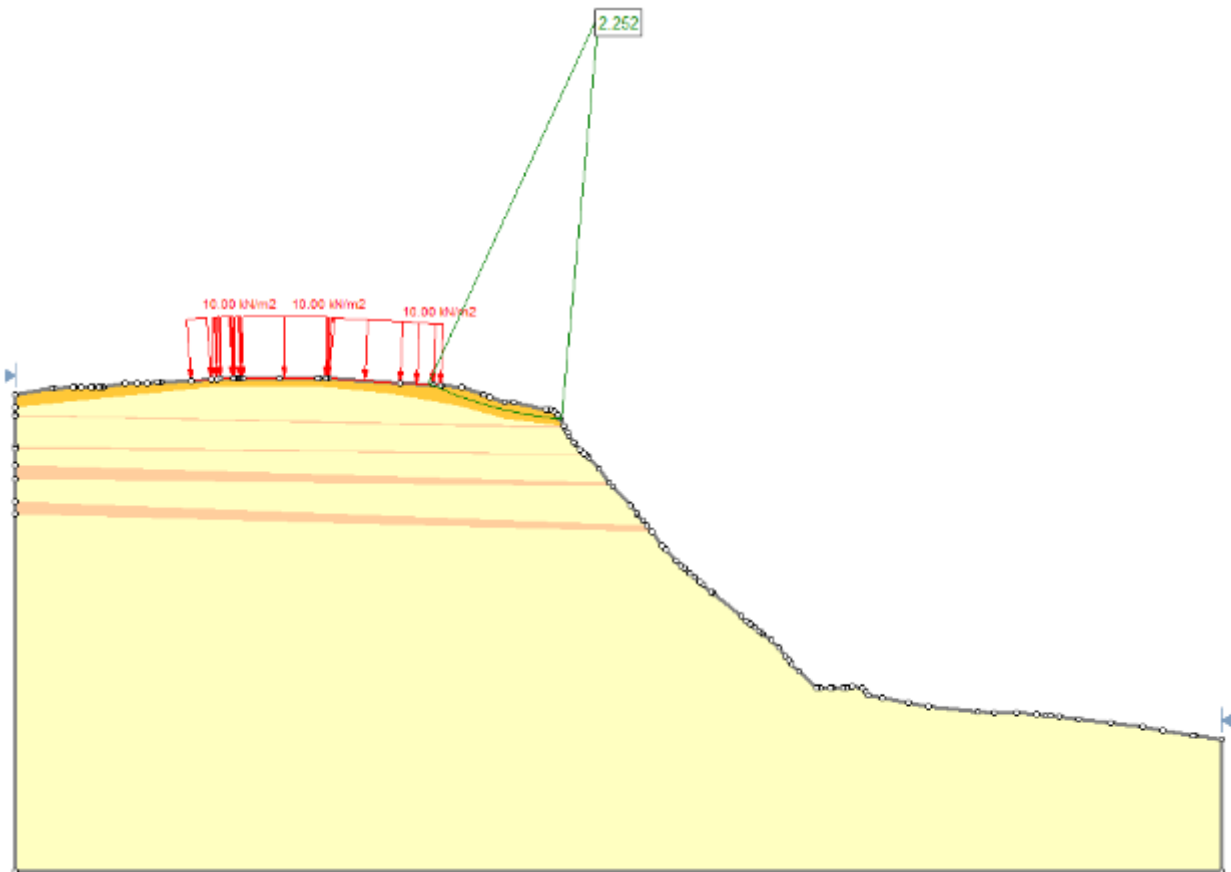


Ilustración 5-26 Análisis falla superficial perfil 1

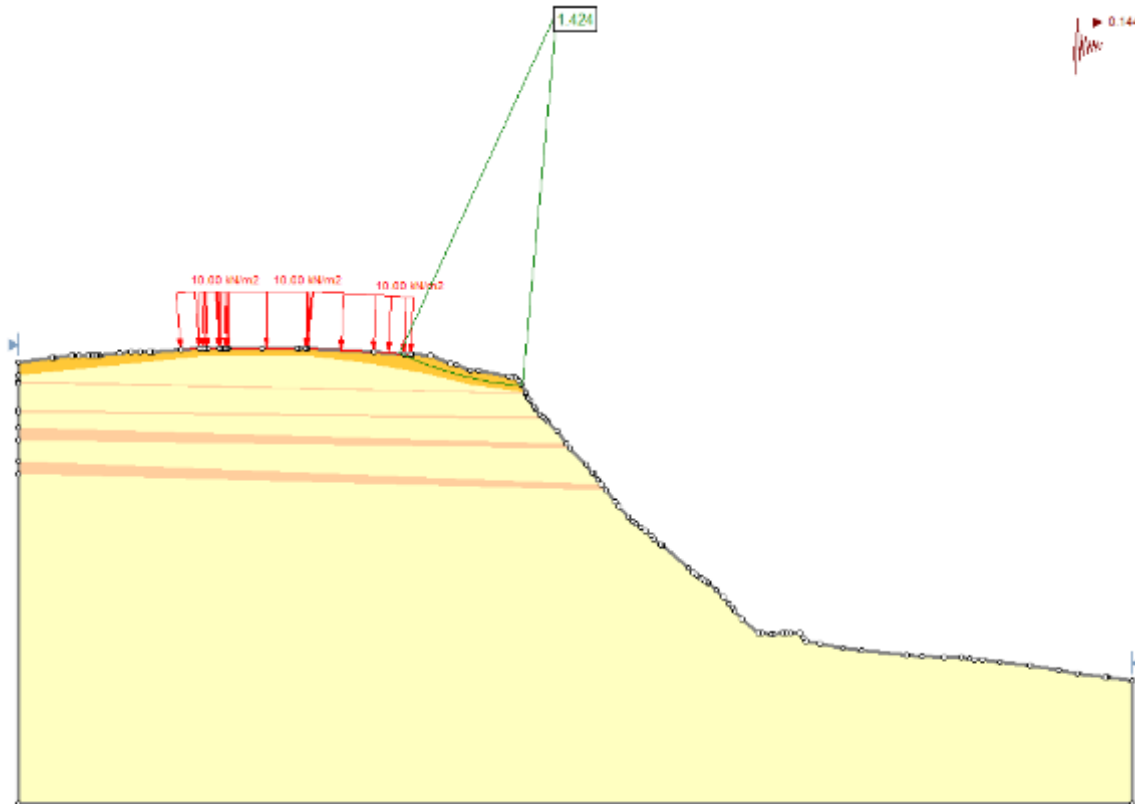







Ilustración 5-27 Análisis falla superficial perfil 1 - Pseudoestáticos

5.5.2 Perfil 3

No se presenta en el perfil rellenos o suelo residual de gran espesor (mayores a 1m) que puedan presentar fallas superficiales.

5.5.3 Perfil 4

El perfil 4 está ubicado en el costado occidental de la zona geotécnica 1, en la parte superior se encuentra un relleno de espesor hasta 3 m, de los análisis de estabilidad se puede observar que no presenta inestabilidad en condición actual ni futura frente a movimientos superficiales en el relleno, en la zona media de la ladera se presenta un material que ha sufrido movimiento según la morfología de la ladera, este presenta inestabilidad con factores menores 1.2 en ambas condiciones.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
M7 RELLENO		21	Mohr-Coulomb	0	34	None	0.3
M1 ARENISCA ALTMET		20	Mohr-Coulomb	1794.61	32	None	0
M3 ARCILLOLITA		20	Mohr-Coulomb	4.6	17.95	None	0
M5 ARENISCA MODMET		21	Mohr-Coulomb	234.7	37	None	0
M4 SUELO RESIDUAL ARENISCA		20	Mohr-Coulomb	4.21	29	None	0.3

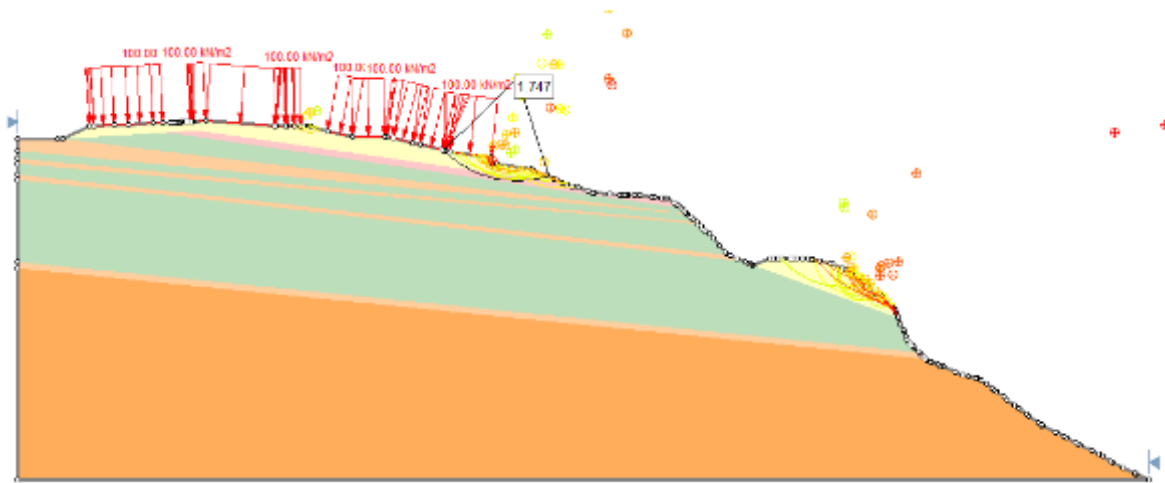


Ilustración 5-28 Análisis falla superficial perfil 4

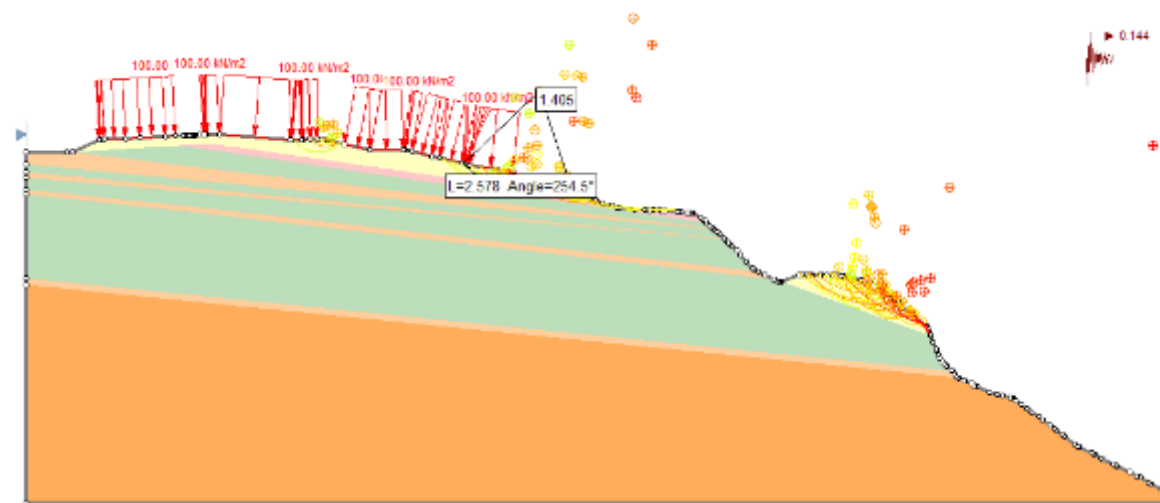






Ilustración 5-29 Análisis falla superficial perfil 4

5.5.4 Perfil 5

El perfil 5 está ubicado en la zona geotécnica 4a, en la parte superior se encuentra un relleno de espesor hasta 3 m, de los análisis de estabilidad se puede observar que no presenta inestabilidad en condición actual ni futura frente a movimientos superficiales en el suelo residual.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
M1 ARENISCA ALTMET		20	Mohr-Coulomb	1794.61	32	None	0
M3 ARCILLOLITA		20	Mohr-Coulomb	4.6	17.95	None	0
M5 ARENISCA MODMET		21	Mohr-Coulomb	234.7	37	None	0
M4 SUELO RESIDUAL ARENISCA		21	Mohr-Coulomb	4.21	29.5	None	0.3

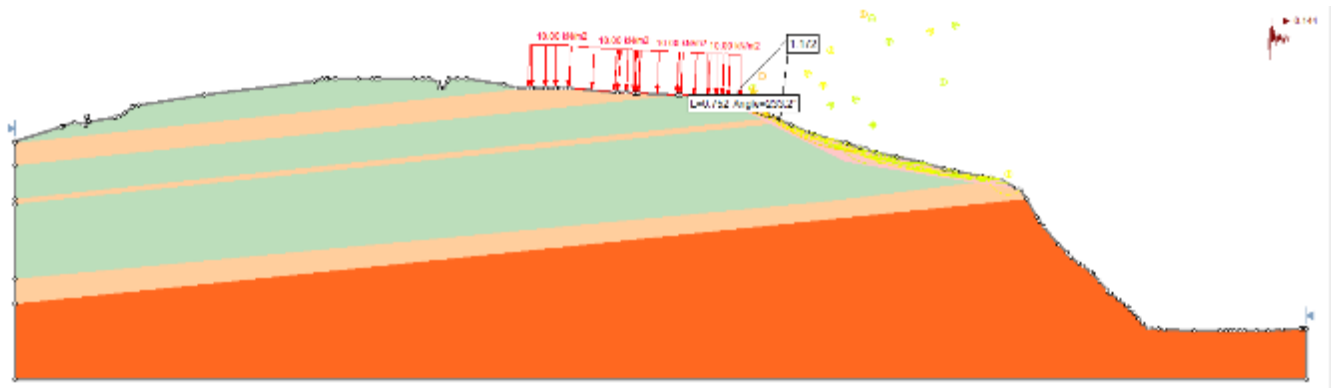


Ilustración 5-30 Análisis falla superficial perfil 5

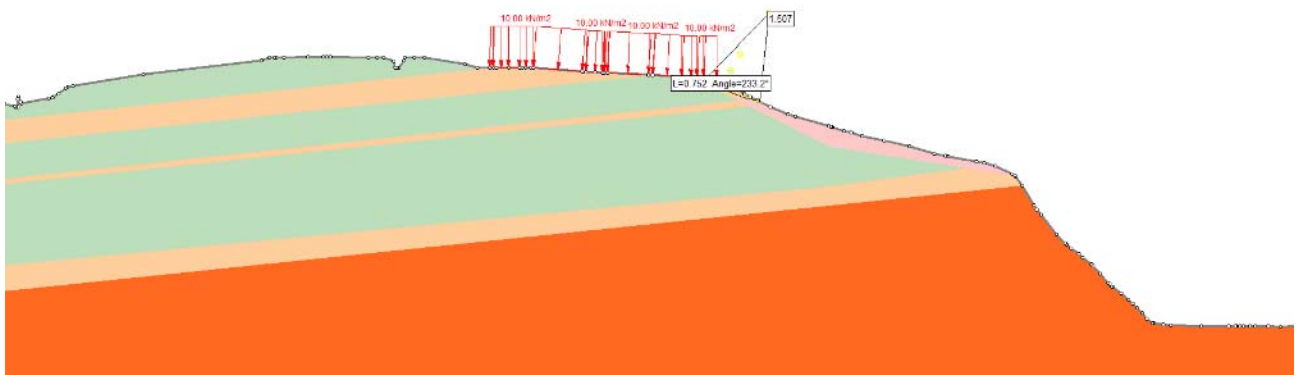








Ilustración 5-31 Análisis falla superficial perfil 5

5.5.5 Perfil 6

El perfil 6 está ubicado en la zona geotécnica 3, en la parte superior se encuentra un relleno de espesor hasta 3 m y en la parte inferior un relleno, de los análisis de estabilidad se puede observar que en la condición actual sin saturación no se presenta inestabilidad, sin embargo, bajo el efecto del sismo y el agua el material es inestable y presenta superficies de falla con espesores hasta 3 m.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
M7 RELLENO		21	Mohr-Coulomb	0	34	None	0.3
M1 ARENISCAS ALTMET		20	Mohr-Coulomb	1794.61	32	None	0
M3 ARCILLOLITA		20	Mohr-Coulomb	4.6	17.95	None	0
M5 ARENISCAS MODMET		21	Mohr-Coulomb	234.7	37	None	0
M4 SUELO RESIDUAL ARENISCAS		21	Mohr-Coulomb	4.21	29.5	None	0.3
DEPOSITO		21	Mohr-Coulomb	0	34	None	0.3

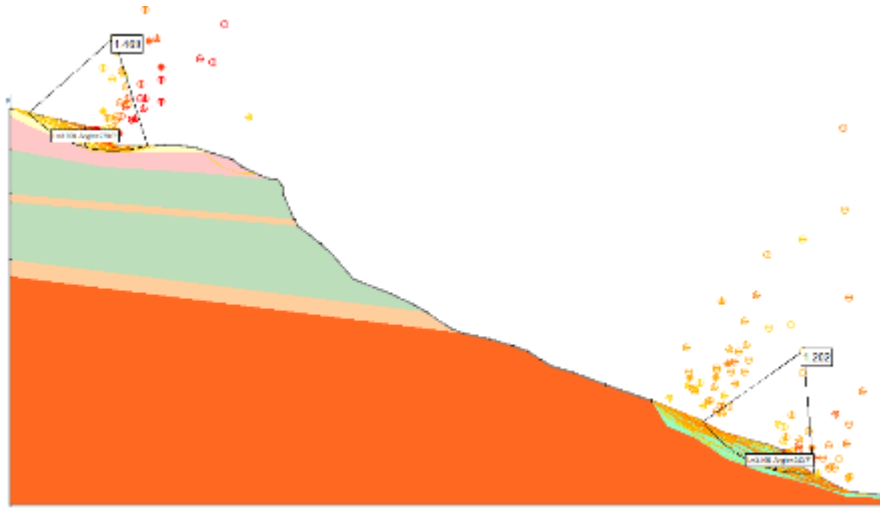


Ilustración 5-32 Análisis falla superficial perfil 6

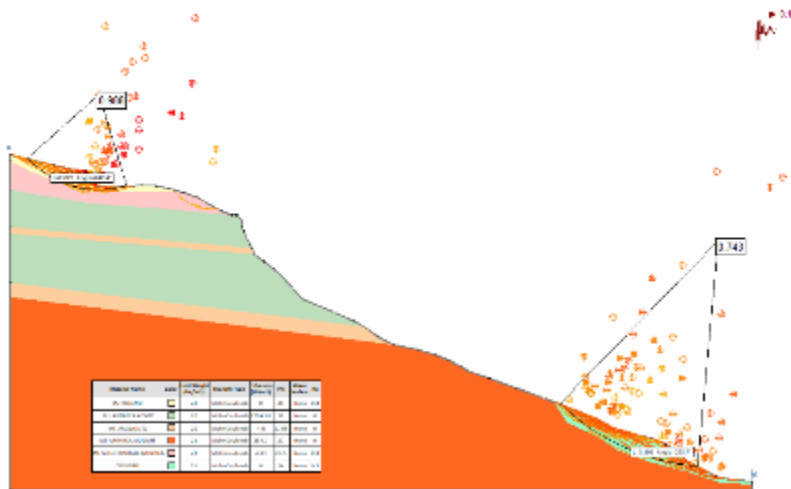


Ilustración 5-33 Análisis falla superficial perfil 6

5.5.6 Perfil 7

El perfil 7 está ubicado en la zona geotécnica 5 donde se encuentra en la parte superior de la ladera las viviendas actualmente habitadas, se determinó el espesor de los rellenos por la construcción de las viviendas con la contrastación de topografías y se modeló teniendo

en cuenta los muros de mampostería que retienen el relleno como micropilotes, según el análisis se tienen factores mayores a 1.2 en condición estática y 1.0 en condición pseudo estática con espesores menores a 1.5 m.

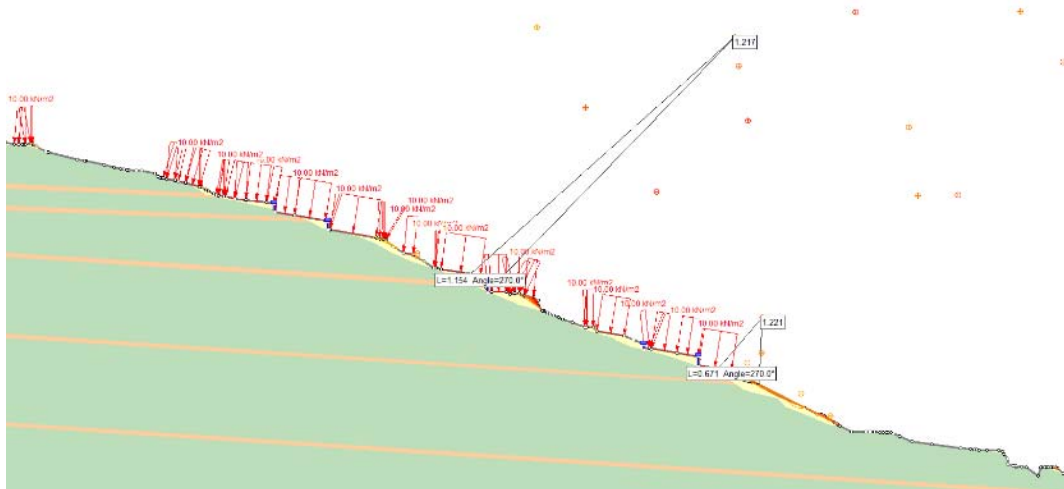


Ilustración 5-34 Análisis falla superficial perfil 7

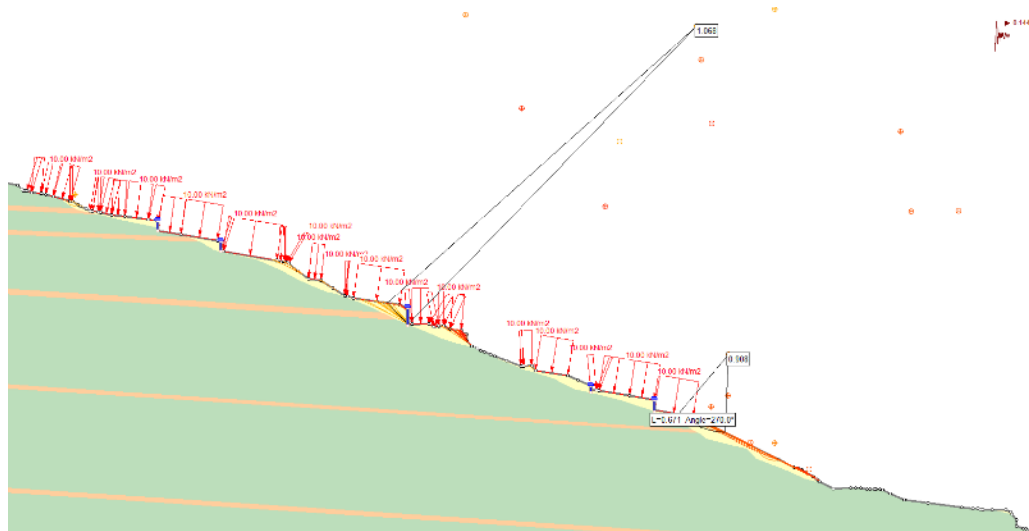


Ilustración 5-35 Análisis falla superficial perfil 7

5.5.7 Resumen de análisis

A continuación, se presenta el resumen de los análisis realizados:

Tabla 5-10 Resumen de los análisis de estabilidad presentados

Zona geotécnica	Perfil	F.S Estático	F.S Dinámico	Espesor (m)
Zona 1	Perfil 1	2.20	1.4	1.20
Zona 1	Perfil 4	1.70	1.4	2.50
Zona 4A	Perfil 5	1.50	1.1	1.00
Zona 3	Perfil 6	1.46	0.9*	3.00
Zona 5	Perfil 7	1.20	1.0	1.50

Únicamente en la zona 3 se presentó un valor de factor de seguridad menor a 1.0 en la condición con sismo y saturado, indicando la alta posibilidad del movimiento. No obstante, este valor se presenta en la parte baja de la ladera por el movimiento de un depósito superficial que no afecta ninguna estructura, ya que se presenta en una zona puntal del predio y no colinda con ninguna vivienda ni infraestructura. Por ende, no es necesario plantear obras de mitigación de reducción del riesgo en ese punto específico.

5.6 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

La categorización y especialización de la amenaza dentro de la zona de estudio se realizó a partir de la localización y alcance del mecanismo de falla en roca, siendo este el principal movimiento el cual actualmente está generando la inestabilidad en la ladera.

Dado de que en la zona de estudio fueron retiradas las viviendas existentes y se declaró como “Zona en alto riesgo no mitigable” restringiendo el uso para vivienda, no se tomaron en cuenta los criterios de la resolución 227 del 2006 para la definición de la amenaza. Por consiguiente, se definieron los rangos de factor de seguridad para categorizar la amenaza a partir de las exigencias de la NSR-10.

En resumen, para los escenarios de corto como largo plazo se utilizaron tres categorías de Amenaza (Alta, media y baja) asociadas al factor de seguridad (Ver Tabla 5-11) teniendo en cuenta:

- La amenaza actual es la asociada al corto plazo (1 año), e incluye en categoría alta los movimientos en masa o procesos de inestabilidad activos.
- La amenaza para un tiempo mayor de exposición se categoriza a largo plazo (50 años de tiempo de exposición) y según los resultados de los análisis de estabilidad, representa tanto las condiciones críticas de agua como las condiciones críticas de sismo.

Tabla 5-11 Categorización de la amenaza por Movimientos en masa – Adaptada de la NSR-10

Escenario	Factor de seguridad	Nivel de amenaza
Corto plazo	$FS < 1.2$	Alta A
	$1.2 \leq FS < 1.60$	Media M
	$FS \geq 1.60$	Baja B
Largo plazo	$FS \leq 1.00$	Alta A
	$1.00 < FS \leq 1.1$	Media M
	$FS > 1.1$	Baja B

La Zonificación de Amenaza por movimientos en masa para las condiciones normal y extrema a corto y largo plazo se presenta de manera cartográfica en los **Plano 12.1; 12.2; 12.3 y 12.4** respectivamente.

6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES POR FALLA EN ROCA

El análisis de las amenazas se realiza para conocer las condiciones potencialmente inseguras que pueden llegar a generar pérdidas en función de la probabilidad de ocurrencia del evento y de su capacidad de daño sobre un elemento o sistema, sin embargo, en ocasiones algunos estudios de riesgo se limitan a desarrollar hasta la temática de amenaza, análisis de estabilidad para movimientos en masa – MM, olvidando el análisis sobre los posibles efectos de esta dinámica sobre los elementos o sistemas expuestos en función de su capacidad de resistencia y/o recuperación, en otras palabras la respuesta de estos elementos frente a la amenaza y los daños esperados.

Sin un elemento o sistema expuesto ante un evento amenazante, simplemente se estaría hablando y evaluando una dinámica natural, no la amenaza. De igual forma, no se puede hablar en términos de vulnerabilidad si dicho elemento o sistema está expuesto y es frágil ante alguna condición de peligro que pueda causarle algún tipo de daño, para complementar, si un elemento o sistema es vulnerable tiene que tener cierto grado de exposición al evento amenazante y ciertas características que pueden o no ayudarle a resistir o recuperarse, en este último caso resiliencia, una vez se materialice el evento amenazante.

Como bien se expone en el numeral, en este capítulo se van a identificar y caracterizar los elementos para posteriormente realizar la evaluación de la vulnerabilidad física estructural por MM – falla en roca.

6.1 MÉTODO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD.

Como método de análisis de la vulnerabilidad se desarrollan las etapas generales promulgadas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en el Decreto 1807 de 2014 que ha saber son:

- Identificación y localización de elementos expuestos.
- Caracterización de elementos expuestos: Tipología, exposición y resistencia.
- Tipos de daño o efectos esperados como resultado de los escenarios de vulnerabilidad.
- Zonificación de la vulnerabilidad

Se utiliza para el análisis y cálculo de la vulnerabilidad las tablas y matrices de evaluación propuestas en la “*Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*” del Servicio Geológico Colombiano y del “*Estudio para definir la metodología para la zonificación y reducción de riesgo por FRM, con aplicación a una zona*

piloto localizada en la cuenca de la quebrada Camelias, en Manizales” de JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS.

6.2 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

En el polígono objeto de estudio se identificaron principalmente cuatro (4) elementos posiblemente expuestos a los MM – falla en roca, relacionados a continuación:

- Las personas.
- Las edificaciones.
- La infraestructura vial.
- La infraestructura de servicios públicos domiciliarios.

En función de los resultados de evaluación de la amenaza falla en roca presentados gráficamente en los **Planos 12.1 a 12.4** Mapa de Amenaza escenario normal y crítico en un corto plazo y a largo plazo falla en roca.

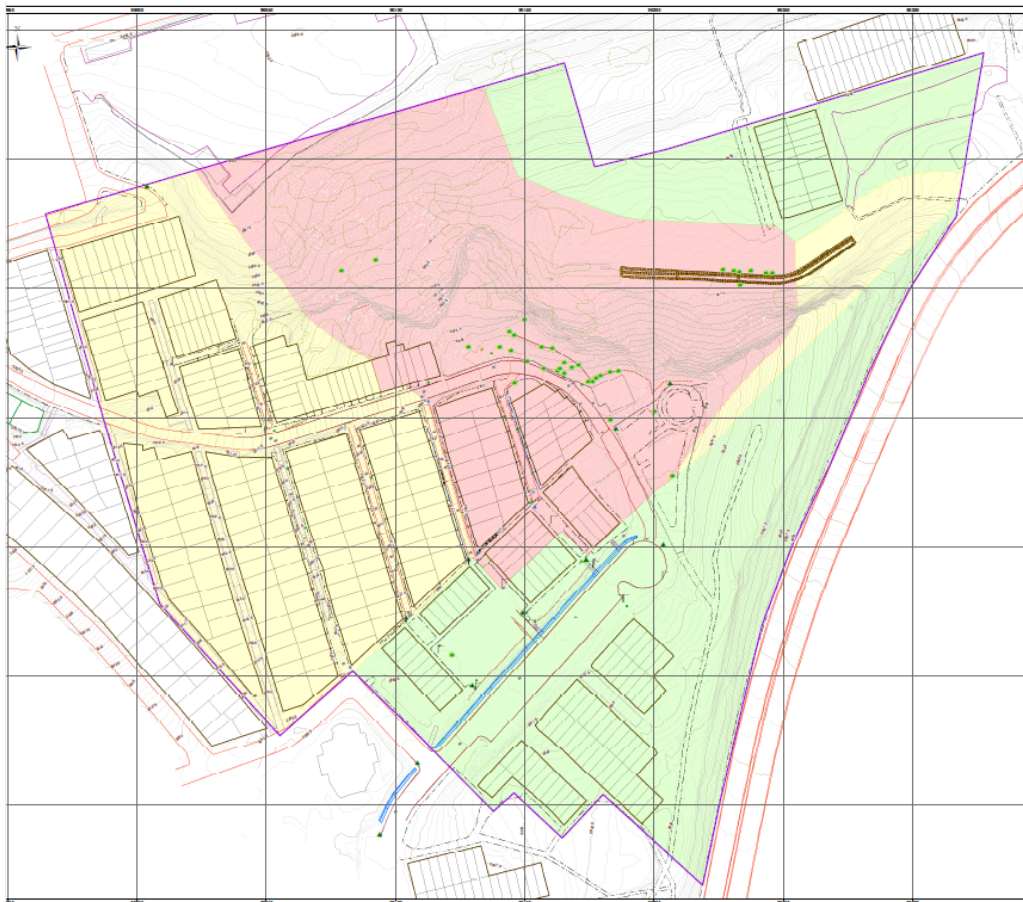


Ilustración 6-1 Mapa de amenaza condición extrema por movimientos en masa, falla en roca. Nivel de amenaza criterio semáforo.

En la actualidad no hay elementos expuestos en las áreas con condición de amenaza alta por movimientos en masa, falla en roca, por los procesos de adquisición predial y reasentamiento adelantados por el IDIGER motivado en la urgencia manifiesta resolución 281 de 2018, que anula la exposición de los elementos y por tanto se anula la vulnerabilidad física de las edificaciones. Además de la interrupción de la prestación de servicios públicos domiciliarios, que conforme el numeral 2.5, se trata de redes locales de distribución, ninguna red matriz (Ver Ilustración 6-2)



Ilustración 6-2 Fotografías del área de estudio en proceso de reasentamiento de familias y demolición de infraestructura.

Por otra parte en el área con condición de amenaza media por movimientos en masa, ver Ilustración 6-1, se identifican como elementos expuestos las edificaciones, las redes de servicio público, las vías y las personas.

La tipología de las construcciones es muy homogénea en la zona, y en su mayoría corresponden a edificaciones en mampostería con sistema de muros cargueros parcialmente confinados o sin confinamiento, de 2 a 4 pisos (Ver Ilustración 6-3).

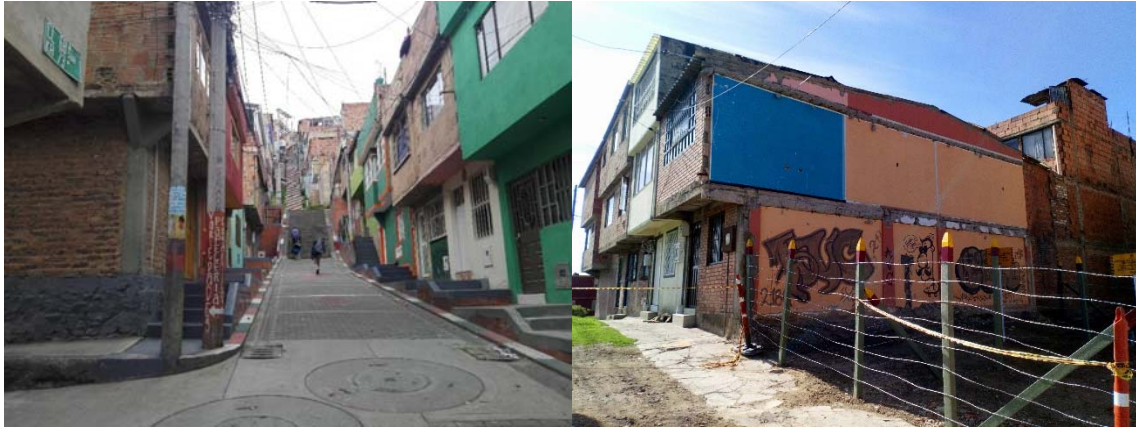


Ilustración 6-3 Fotografías de los predios localizados en la zona con condición de amenaza media por movimientos en masa, falla en roca.

En cuanto a la red vial, hay dos vías vehiculares, una de acceso al sector objeto de estudio que corresponde a calle 69 Sur y una de acceso local a una de las manzanas adyacentes a la zona relocalizada que corresponde a la Carrera 72 C, las demás vías son peatonales, escaleras que corresponden a las carreras 72D, 72F, 73. Ver Ilustración 6-4.

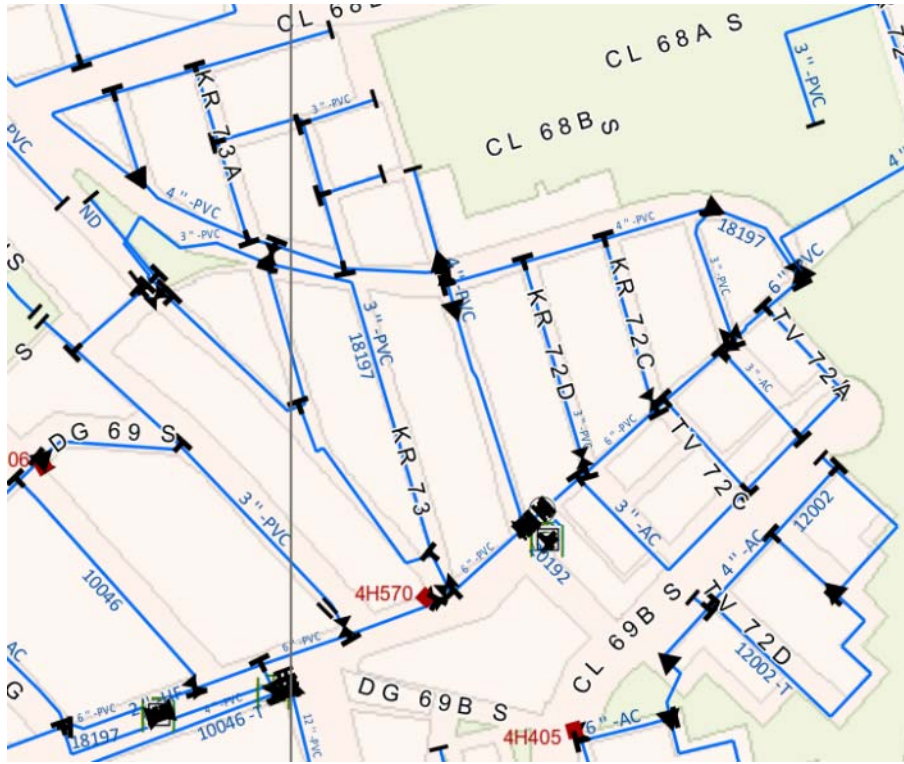


Ilustración 6-5 Red de Acueducto en la zona de estudio. Fuente: Plancha 246-II-B-2 suministrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB. 2018.

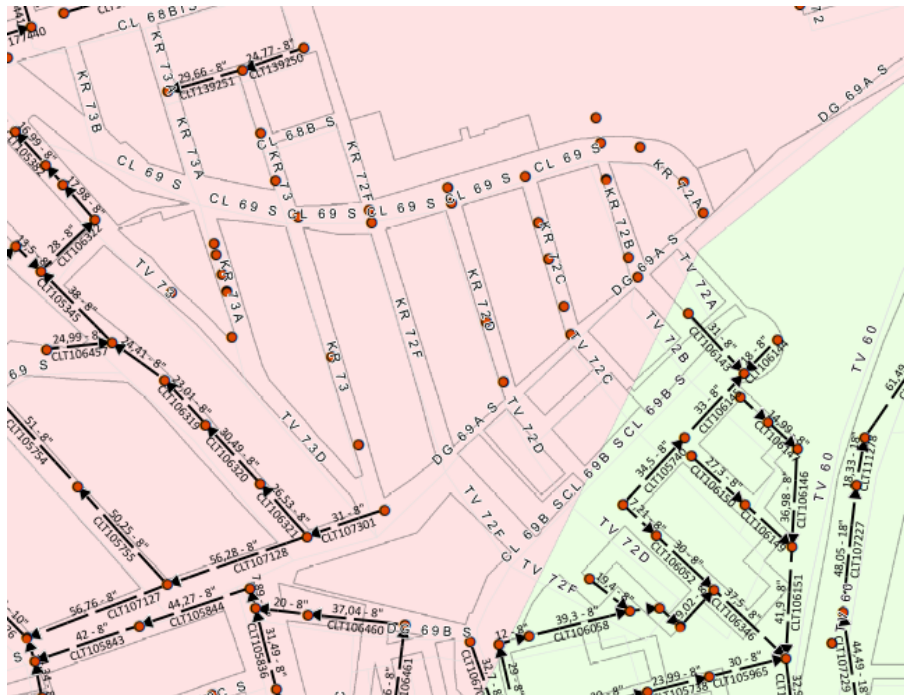


Ilustración 6-6 Red de Alcantarillado Combinado en la zona de estudio. Fuente: Plancha L-14 suministrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB. 2018.

6.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.

6.3.1 Grado de exposición.

Las edificaciones existentes se localizan en la corona y a media ladera, sobre la zona potencialmente inestable y de movimiento, y conforme lo manifiesta el Servicio Geológico Colombiano en la “**Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa**” para las edificaciones localizadas en la zona 2, ver Ilustración 6-7, los modos de daño esperados pueden ser, ver página 93 de la Guía del SGC, “Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos”, por lo cual al tratarse de un movimiento en masa lento se esperan deformaciones moderadas a graves por el asentamiento, inclinación o desplazamiento vertical de la estructura y/o agrietamientos sobre la misma. Los anteriores modos de daño se presentaron en la zona con condición de amenaza alta. En consecuencia de lo anterior el grado de exposición del elemento es alto.

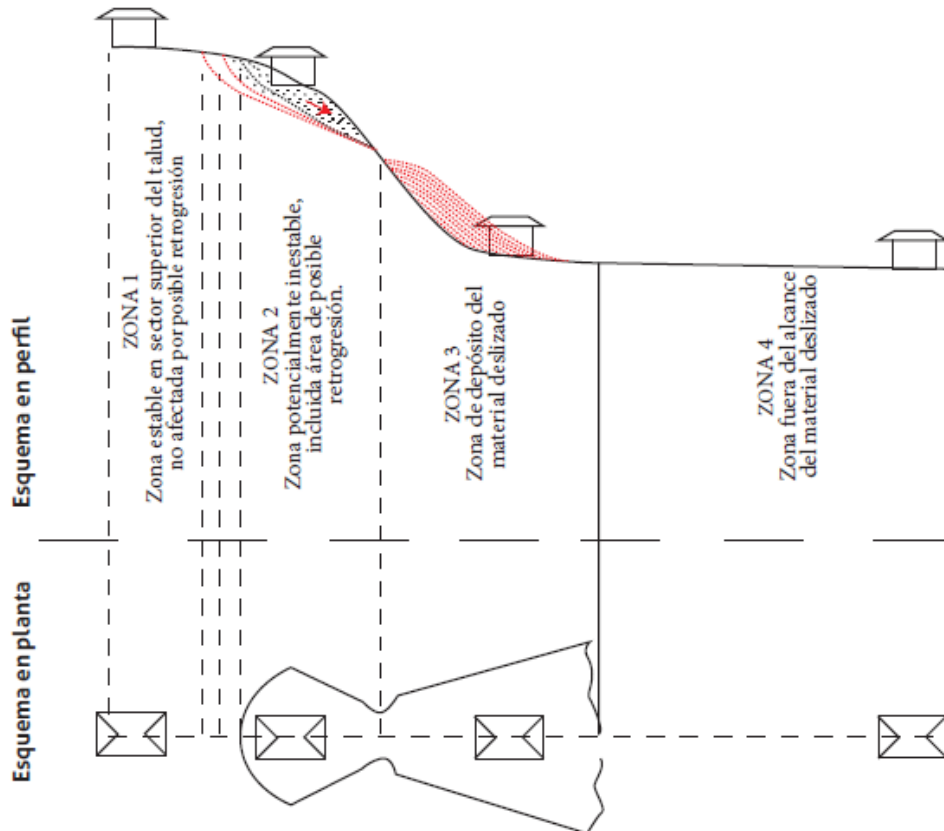


Ilustración 6-7 Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento.

Fuente: SGC. 2015



Ilustración 6-8 Daños sobre las edificaciones en la zona en condición de amenaza alta por movimientos en masa falla en roca, adelante las viviendas sobre la grieta (Colapso Parcial), al fondo viviendas en la zona de movimiento (Deformaciones e inclinaciones de la estructura).



Ilustración 6-9 Daños sobre la infraestructura vial, rotura y deformaciones.

De manera similar, las demás estructuras e infraestructura vial y de servicios se encuentran en un grado de exposición alto por localizarse sobre la misma zona.

6.3.2 Tipología.

Para la zona de levantamiento, correspondiente a la zona fallada y adyacente, el 99% de las edificaciones estaban destinadas a uso residencial, y un (1) salón comunal de uso dotacional. Ilustración 6-10. Estas condiciones son similares en el resto del área, ver la Ilustración 6-10.



Ilustración 6-10: Usos del suelo a nivel de manzana 2018. (Tomado del portal IDECA)

Del levantamiento físico estructural realizado el día viernes 13 de julio del 2018 para el diagnóstico preliminar, producto No. 1 del presente proyecto se puede resumir:

Se presentan edificaciones con sistemas resistentes aceptables, muros cargueros en mampostería con confinamiento aceptable a deficiente, la calidad constructiva de las edificaciones no es homogénea y las ampliaciones son variables en tiempo y calidad. Tan solo se encuentra una vivienda con materiales de recuperación, que combina el uso de madera, elementos prefabricados, uso de mampostería y tablonces de madera burda para los muros.

Respecto a las edificaciones, se toma como parámetro para la clasificación la Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano, ver Tabla 6-1. De allí se establece que el 84% de las edificaciones pertenece a la tipología D: Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas. Tan solo el 9.6% pertenece a la tipología C: Mampostería reforzada o debidamente confinada. Se hallaron también siete (7) edificaciones que pertenecen a la tipología E: Estructuras Ligeras, prefabricadas en su mayoría, solo una (1) en materiales de recuperación.

Tabla 6-1. Tipologías de Edificaciones

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Edificaciones con reforzamiento especial	Edificaciones de concreto y acero diseñadas y construidas con requerimientos superiores a los convencionales o con la exigencia máxima de los códigos de diseño. Se incluyen las edificaciones de los grupos de importancia III y IV, definidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, que se construyeron después de 1998, con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc.
B	Edificaciones reforzadas	Edificaciones con estructura en concreto y acero de los grupos de importancia I y II construidas con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc. También se incluyen aquellas del grupo A construidas antes de 1998.
C	Mampostería reforzada	Aquellas edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzo (barras, láminas, pernos, platinas, etc.). También se incluyen las edificaciones en mampostería confinada.
D	Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	Edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada). También hace referencia a aquellas construcciones de las categorías A, B y C que poseen elementos de otros materiales no competentes, como por ejemplo mampostería no reforzada, adobe, bahareque, madera, tapia pisada, etc., con mayor componente de elementos de los grupos A, B y C
E	Estructuras ligeras	Edificaciones construidas con materiales tradicionales o de baja calidad, con un sistema estructural de muros cargueros. Dentro de esta tipología se incluyen las edificaciones construidas con materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y las prefabricadas.

Respecto a las vías, las mismas son locales, las vehiculares se encuentran construidas en pavimento hidráulico o rígido al igual que las peatonales, escaleras.

La red de acueducto está compuesta por tuberías y accesorios en PVC de 3 a 4 pulgadas, y la red de alcantarillado no es factible definir ciertamente el diámetro y tipo de tubería por la intervención realizada por la comunidad, sin embargo los diámetros están entre 6 y 10 pulgadas, en su mayoría en materiales de gres y asbesto cemento.

6.3.3 Fragilidad de los elementos frente a la amenaza

En función de la tipología, la altura, el estado de conservación y la edad de la construcción se determina el factor de fragilidad de la estructura.

La ecuación usada para determinar el factor de fragilidad es la siguiente:

$$S_e = 1 - (1 - S_{tip})(1 - S_{alt})(1 - S_{con})(1 - S_{ed})$$

En donde:

S_e : Factor de fragilidad.

S_{tip} : Factor por tipología.

S_{alt} : Factor por altura.

S_{con} : Factor por estado de conservación

S_{ed} : Factor de edad de la construcción respecto su vida útil o de servicio.

Esta ecuación es propuesta por el Manual del Servicio Geológico Colombiano, y a continuación se presentan las tablas para determinar los factores relacionados en la ecuación.

Si el factor esta entre 0 y 0,50, la fragilidad es Baja, si el factor esta entre 0,50 y 0,90 es Media y si esta entre 0,90 y 1,00 es Alta.

Tabla 6-2. Factor de fragilidad en función de la Tipología de la construcción.

TIPOLOGÍA	FRAGILIDAD	S_{tip}
A - Edificaciones con reforzamiento especial	Extremadamente Baja	0,10
B - Edificaciones reforzadas	Muy Baja	0,30
C - Mampostería reforzada	Baja	0,50
D - Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	Media	0,70
E - Estructuras ligeras	Alta	0,90
F - Construcciones simples	Muy Alta	1,00

Fuente: SGC. 2015

Respecto a la Altura de la edificación:

Tabla 6-3. Factor de fragilidad en función de la altura de la construcción

TIPOLOGÍA	Número de pisos	S _{alt}
E y/o F	≥ 2	0,90
D	≥ 4	0,90
C	≥ 4	0,60
D	2 a 3	0,60
Demás Tipologías y Alturas		0.05

Fuente: SGC. 2015. Modificado JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE.

Para el factor de estado de conservación:

Tabla 6-4. Factor de estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S _{con}
Muy Bueno	No se observan deformaciones, agrietamiento o envejecimiento.	0	0,00
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados	0 a 0,5	0,05
Deformaciones Leves	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5 a 1,0	0,25
Deformaciones medias	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).	1,0 a 5,0	0,50
Deformaciones graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	5,0 a 10,0	0,75
Deformaciones muy graves	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento.	≥ 10,0	1,00

Fuente: SGC. 2015. Modificado Consorcio Geo JAM Laches 2017.

Como se pudo apreciar en la caracterización la mayoría de las edificaciones tienen un estado de conservación bueno, por lo cual este factor tiende a 0,05 lo que significa, que por este aspecto la fragilidad de las edificaciones es baja.

Ahora bien, para el factor por altura es necesario determinar la vida útil de las edificaciones, con base en la siguiente tabla podemos determinarla:

Tabla 6-5. Vida útil de la edificación en función de la tipología

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
A y B	50 años
C y D	30 años
E	15 años
F	2 años

Fuente: SGC. 2015. Modificado JAM 2018.

Por tanto, el factor de edad se determina por la edad de la construcción, que más o menos esta entre los 20 y los 30 años, y su vida útil:

Tabla 6-6. Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción

EDAD DE LA EDIFICACIÓN / VIDA ÚTIL	S_{ed}
$\leq 0,1$	0,05
0,1 – 0,4	0,10
0,4 – 0,6	0,30
0,6 – 0,8	0,50
0,8 – 1,0	0,70
1,0 – 1,2	0,80
> 1,2	1,00

Fuente: SGC. 2015

Debido a la homogeneidad de las edificaciones, aun existentes localizadas en la zona en condición de amenaza media, se puede calcular la fragilidad como:

$$S_e = 1 - (1 - 0,70) \times (1 - 0,6) \times (1 - 0) \times (1 - 0,70) = 0,97$$

Por lo tanto la respuesta de las edificaciones frente a los movimientos en masa no es favorable, y su fragilidad es alta.

Siendo la fragilidad y el grado de exposición del elemento expuesto alto, su vulnerabilidad es alta.

La fragilidad de la vía está dada por la funcionalidad, conforme el numeral 4,4,2 Fragilidad de líneas vitales de la Guía Metodológica propuesta por el SGC, en donde se halla una relación entre el ancho de la vía con lo mínimo de un carril, y este ancho de vía al ser cercano al ancho de un carril, vía local, su vulnerabilidad funcional tiende a ser del orden de 1, muy frágil. Los daños físicos sobre esta infraestructura son los observados en la Ilustración 6-9, donde se puede observar la rotura y las deformaciones de la vía.

Para la red de acueducto la fragilidad está dada por el diámetro de la tubería, al ser mayor de 2", la fragilidad de este elemento es baja, sin embargo los modos de daño están dados por las deformaciones tolerables de dicho elemento.

Para la red de alcantarillado, la fragilidad está dada por el material de las tuberías, que en este caso al ser asbesto cemento y gres tiene una condición de fragilidad alta.

6.4 EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.

Los daños esperados por el movimiento en masa sobre las edificaciones con sistema de muros cargueros en mampostería con confinamiento deficiente son deformaciones moderadas a severas, dependiendo de la proximidad con la grieta, toda vez que la falla es en roca, movimiento en cuña, aclarando que el desplazamiento de la cuña no es inmediato o rápido, sino más bien bajo o lento, ver Tabla 5-8.

Si las edificaciones se emplazan sobre las grietas o próximo a las mismas, se pueden presentar desplazamientos verticales, y si el movimiento es continuo, los daños esperados son el colapso parcial o total de la edificación, los demás elementos al interior de la zona de agrietamiento, cuña, se pueden desplazar con la misma, siendo las deformaciones ligeras a moderadas, sin embargo los servicios públicos son interrumpidos por la rotura de las redes de distribución, comprometiendo la vulnerabilidad funcional de las edificaciones. En conclusión los elementos son altamente vulnerables al movimiento analizado.

Para la zona en amenaza media por movimientos en masa, los FS indican que es medianamente estable, aunque la profundidad de la superficie de falla, cuña, supera los 5 metros. Por lo anterior, los daños esperados son similares a los que se presentaron sobre las edificaciones ya reasentadas que se emplazaban en el área en condición de amenaza alta, y corresponde a deformaciones moderadas a severas que involucran medidas correctivas locativas o puntuales, principalmente en los muros una vez se presente el movimiento. Sin embargo una vez se presenten las fases del movimiento, condición que se puede presentar a corto o largo plazo conforme el análisis de amenaza, la vulnerabilidad de dichas edificaciones es alta por el grado de exposición y su fragilidad en función de la tipología. De igual manera se espera el colapso parcial o total en las edificaciones emplazadas sobre o muy próximas a las grietas una vez se materialice el movimiento.

Para las vías el umbral tolerable de deformación para pavimentos rígidos es de 40mm conforme la guía de inspección visual del año 2006 del INVIAS, y en este proceso se esperan deformaciones superiores a un (1) metro. Por tanto la vulnerabilidad física y funcional de las vías es alta.

Conforme lo presentado en la Guía Metodológica del SGC en su numeral 4.5.1.2 la deformación tolerable de la red de acueducto es 75 mm para diámetros de 4", y las deformaciones esperadas son mayores, por tanto la vulnerabilidad del elemento es alta.

De igual forma para la red de alcantarillado donde las deformaciones tolerables son de 50 mm.

Los daños esperados sobre las líneas vitales son, bloqueo total de las vías, afectando el tránsito de vehículos y dificultando el tránsito de peatones; rotura inminente de las tuberías que conlleva a la interrupción de la prestación de los servicios y a la necesidad de reconstruir el tramo de red afectado, esto significa que la vulnerabilidad de los elementos localizados en la zona con condición de amenaza media es alta.



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN
EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE
LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ,
D.C.



El mapa de vulnerabilidad se presenta En el Anexo A4 en el Plano 13.1, 13.2, 13.3 y 13.4 Vulnerabilidad Física Estructural de Edificaciones a corto y largo plazo, vulnerabilidad física-funcional de las redes de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y vial por movimientos en masa falla en cuña respectivamente.

7 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, FALLA EN ROCA.

Este capítulo presenta la evaluación del riesgo en función de las potenciales pérdidas de infraestructura en términos porcentuales de costos aproximados de daño una vez se materialice la amenaza. Cabe aclarar que el evento se materializó en la parte central del polígono objeto de estudio, área que se considera en condición de amenaza alta porque es un proceso activo, y conforme el levantamiento de daños de edificaciones, se registraron colapsos totales o parciales de algunas estructuras en esta zona. En la actualidad esta zona fue declarada en alto riesgo no mitigable por movimientos en masa y las edificaciones demolidas y los residentes entraron en procesos de reasentamiento con el IDIGER.

Conceptualmente definimos la Vulnerabilidad y Riesgo como:

V = Exposición / (S) resistencia del elemento, entonces

R = A x (E/ S)

Con estas definiciones simplificadas se deduce que:

- A mayor exposición del elemento frente al evento amenazante mayor es su vulnerabilidad.
- La vulnerabilidad del elemento se reduce si la resistencia o capacidad de respuesta de este frente al evento amenazante es mayor.
- El riesgo es directamente proporcional a la amenaza y la vulnerabilidad, en consecuencia cuando la magnitud de daño esperado y la exposición del elemento es mayor, el riesgo tiende a aumentar. A diferencia el riesgo disminuye si se reduce la espacialidad y/o magnitud del evento amenazante, si se elimina la exposición del elemento, o bien si se aumenta la capacidad de respuesta del mismo.

El riesgo asociado a las pérdidas económicas se estima en función de los costos por el daño esperado y de recuperación por lo menos de las condiciones originales de habitabilidad pero mejorando las condiciones de seguridad, en este caso construcciones seguras.

La solicitud a la cual se ve afectada las viviendas corresponde a desplazamientos verticales, desplazamientos que pueden ser de 1 metro al año, en consecuencia las viviendas que se encuentran cerca de la zona de agrietamiento sufren deformaciones severas hasta su colapso, y las que están dentro del proceso van deformándose en la medida en que avanza el proceso, aunque no es notorio en el corto plazo, lo que si es evidente es la rotura de las redes de los servicios públicos y por ende el desabastecimiento en estas edificaciones.

Por tanto, el riesgo asociado al colapso estructural es alto para las edificaciones emplazadas en el área con condición de amenaza alta por movimientos en masa, por las sollicitaciones a las que se ven sometidos los elementos, al igual que por la respuesta de los mismos debido a que la vulnerabilidad es alta, por su grado de fragilidad y exposición. Por esta condición de amenaza y vulnerabilidad el área está declarada como suelo de protección por riesgo conforme la resolución 1517 de octubre de 2018, y las edificaciones fueron demolidas y las familias que las habitaban reubicadas.

Para el área en condición de amenaza media, se considera que el riesgo también es alto porque se espera que una vez se materialice el evento las edificaciones cercanas a las grietas colapsen y las que se encuentren en el cuerpo del movimiento, cuña, presenten deformaciones moderadas a severas y pérdida completa de funcionalidad por los daños esperados en las redes de servicio público.

Conforme los modos de daño esperados, las pérdidas económicas esperadas superan el 200%, como resultado de la suma de los costos aproximados de daño consecuencia de la destrucción total de los elementos que ha saber son las edificaciones y demás infraestructura de servicios, la reubicación de las familias, la demolición y la reconfiguración de los remanentes y las obras tendientes a mejorar el terreno aunque no sea urbanizable.

El ejemplo está en la zona declarada como suelo de protección por riesgos, alto riesgo no mitigable por movimientos en masa, en donde se presentó la pérdida total de las edificaciones e infraestructura de servicios (100% costos de daño) y adicionalmente se suman los valores correspondientes a la adecuación del terreno para dejarlo en condiciones aceptables, obra de mitigación que minimice el desplazamiento de la masa (intervención física objeto de este estudio), demoliciones, sello de redes de servicio, perfilado del terreno, cerramiento de la zona que impida invasiones urbanísticas, entre otros), más la necesidad de comprar los predios y/o las mejoras (adquisición de las viviendas afectadas) o el reasentamiento de las familias afectadas, lo que se traduce en costos aproximados de daño que ampliamente superan el 200%. Ver Tabla 7-1.

Tabla 7-1 Estimación del costo aproximado de daño

COSTO APROXIMADO DE DAÑO (%)	DESCRIPCIÓN
VALOR INDICATIVO	
200	Estructura completamente destruida o con daños a gran escala que requieren trabajos de ingeniería para recuperación. Pueden causarse daños importantes en propiedades adyacentes.
60	Daños extensivos en la mayoría de la estructura o se extiende más allá de los límites del sitio que requieren obras significativas de recuperación. Se pueden causar por lo menos consecuencias considerables a estructuras adyacentes.

60	Daños moderados en alguna parte de la estructura o parte significativa que requiere grandes trabajos de recuperación. Se puede causar por lo menos consecuencias menores a propiedades adyacentes.
20	Daños limitados en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad.
10	Daños menores (para eventos de alta probabilidad, esta categoría se puede subdividir a un límite entre valores de 0 y 1 %).

Para las edificaciones emplazadas en amenaza baja por movimientos en masa, áreas que se consideran estables y que la cuña no tiene incidencia, no se esperan daños toda vez que no se localizan en el cuerpo del movimiento o cerca a la grieta. Las condiciones físicas de las construcciones en esta área son similares a las emplazadas en áreas en condición de amenaza porque su sistema resistente continúa siendo muros cargueros donde predominan los muros en mampostería no debidamente confinados, siendo su fragilidad media a alta, pero no se ven sometidas a la sollicitación analizada.

Los resultados de la evaluación de riesgo se presentan como una zonificación sobre una base cartografía en la misma escala que la utilizada para los mapas de amenaza y vulnerabilidad. Ver Anexo A4, Planos 14.1, 14.2, 14.3 y 14.4. Mapas de Riesgo de Edificaciones a corto y largo plazo, Riesgo de las redes de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y vial por movimientos en masa falla en cuña respectivamente.

8 PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Según los análisis de riesgo se plantean tres (3) alternativas, buscando reducir la exposición de los elementos al proceso o controlando la amenaza del proceso.

- Construcción de un contrafuerte, consiste en un muro en tierra armada o suelo reforzado que restrinja el movimiento de la cuña, mejorando las condiciones de estabilidad de la zona. Esta intervención debe complementarse con el perfilado de los taludes y parte superior donde se presentó la grieta, al igual que el tratamiento del área liberada para evitar futuros asentamientos urbanos. Esta alternativa busca disminuir la condición de amenaza en la zona alta y medianamente potencial a los movimientos en masa analizados, garantizando la estabilidad de la ladera y seguridad de las edificaciones actualmente emplazadas en el área en condición de amenaza media, y mejorado la condición de estabilidad del área en condición de amenaza alta declarada en suelo de protección de riesgo por movimientos en masa.
- Pantalla de anclajes, corresponde a la implementación de anclajes activos de longitud entre 20 y 30 m embebidos en el material 5 correspondiente a la arenisca moderadamente fracturada, los anclajes tienen como función transmitir una carga de tensión a la ladera para su estabilización. Esta alternativa busca disminuir la amenaza. Similar a la anterior alternativa, esta busca mejorar las condiciones de estabilidad del área declarada de protección por riesgos y garantizar la estabilidad del área en condición de amenaza media.
- Relocalización de la zona afectada y posible zona de afectación por el movimiento en masa falla en roca, determinando un área de retrogresión del proceso y un área de aislamiento que permita el movimiento o las fases del movimiento en el tiempo. Esta área debe tratarse como un área liberada y por tanto se deben definir los mecanismos para evitar nuevamente asentamientos urbanos. Esta alternativa busca disminuir la vulnerabilidad. Tiene el propósito de anular la exposición de los elementos emplazados en el área en condición de amenaza media.

8.1 ALTERNATIVA 1 - CONTRAFUERTE

La primera alternativa consiste en un muro en tierra armada que restrinja el movimiento de la cuña, mejorando las condiciones de estabilidad de la zona, disminuyendo o controlando la amenaza. El muro en suelo reforzado aporta un cortante adicional en la base de la ladera contribuyendo a la estabilidad del movimiento.

Esta intervención debe complementarse con el perfilado de las laderas, relleno en el espaldar del muro, sellamiento de grietas y cobertura de los taludes, al igual que el tratamiento del área liberada para evitar futuros asentamientos urbanos.



Ilustración 8-1 Fotografías ilustrativas muro en tierra armada Fuente: JAM

La estructura de suelo reforzado estará conformada por geotextiles espaciados 0.5 m, los cuales envuelven material predominantemente granular, y a la vez son complementadas con varias líneas de geodrenes ubicados cada 1.5 m. La cara de los taludes se ha planteado con una fachada complementaria en geobiobolsas que permita el crecimiento de vegetación y ayuden al control de aguas de escorrentía.

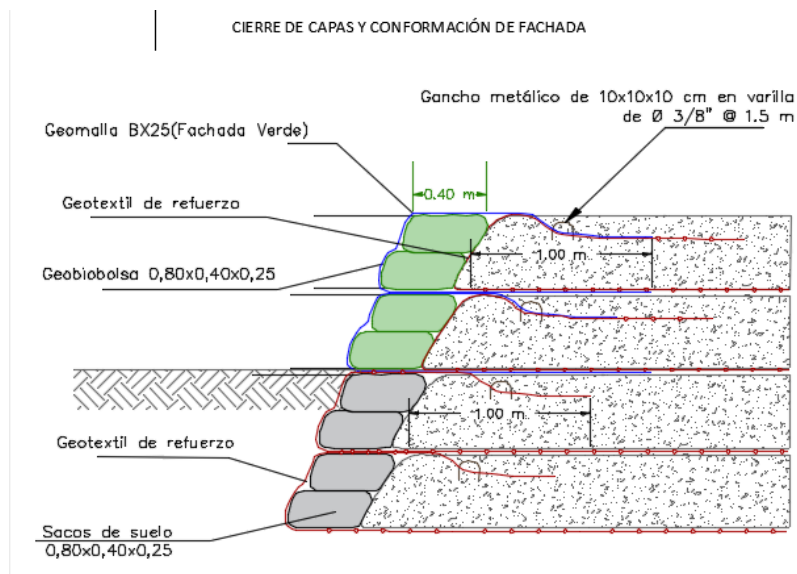


Ilustración 8-2 Detalle de fachada con geobiobolsa Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS.

Es importante resaltar que con la implementación de la obra no se requiere la relocalización de viviendas adicionales a las intervenidas actualmente dentro del contrato del IDIGER “La adecuación predial de 46 predios en el barrio Peñón del Cortijo III sector. Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.” ver Plano de Obras en planta 15.1.

8.2 ALTERNATIVA 2 - ANCLAJES

La segunda alternativa corresponde a la implementación de anclajes activos de longitud entre 20 y 30 m embebidos en el material 5 correspondiente a la arenisca moderadamente fracturada, los anclajes tienen como función transmitir una carga de tensión a la ladera para su estabilización.

Esta intervención debe complementarse con el sellamiento de grietas, al igual que el tratamiento del área liberada actualmente para evitar futuros asentamientos urbanos.

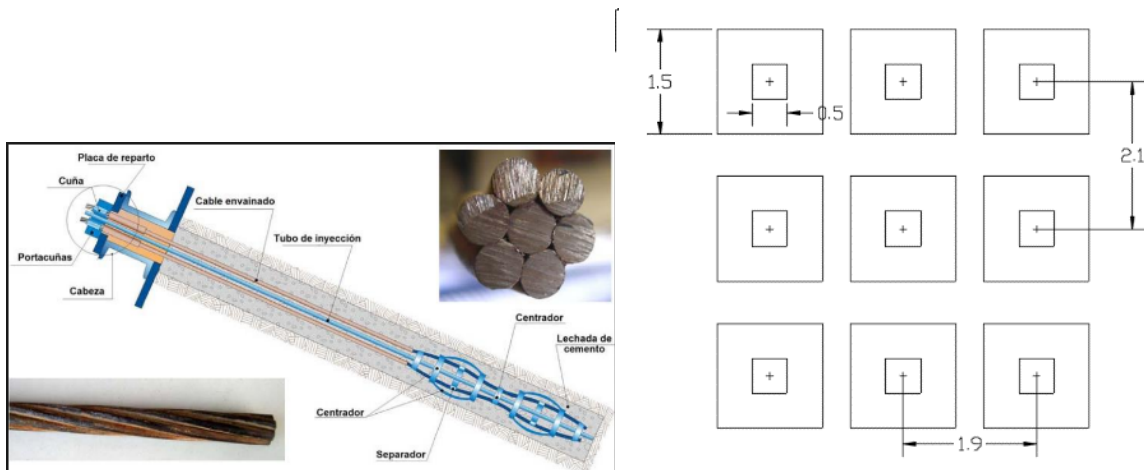


Ilustración 8-3 a) Esquema de anclajes b) Distribución de anclajes zonas geotécnica 5

La configuración de los anclajes varía según los análisis de estabilidad realizados en cada zona de la ladera. En la Ilustración 8-3 se presenta un esquema general de distribución para la zona geotécnica 5.

Es importante resaltar que con la implementación de la obra no se requiere la relocalización de viviendas adicionales a las intervenidas actualmente dentro del contrato del IDIGER “La adecuación predial de 46 predios en el barrio Peñón del Cortijo III sector. Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.” La obra se localiza en la ladera sin superar el escarpe para la zona donde actualmente se emplazan las viviendas en el área en condición de amenaza media. Ver numeral 8.4.3.2.

8.3 ALTERNATIVA 3- RELOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS

En esta alternativa se plantea la relocalización de la zona afectada y posible zona de afectación por el movimiento en masa falla en roca, determinando un área de retrogresión del proceso y un área de aislamiento que permita el movimiento o las fases del movimiento en el tiempo. Esta área debe tratarse como un área liberada y por tanto se deben definir los mecanismos para evitar nuevamente asentamientos urbanos.

Esta intervención debe complementarse con el perfilado de las laderas, sellamiento de grietas como lo propuesto en las alternativas 1 y 2. Se deben reubicar alrededor de 137 predios de área aproximada de 70 m² y 72 predios de 40 m². Ver Ilustración 8-4.

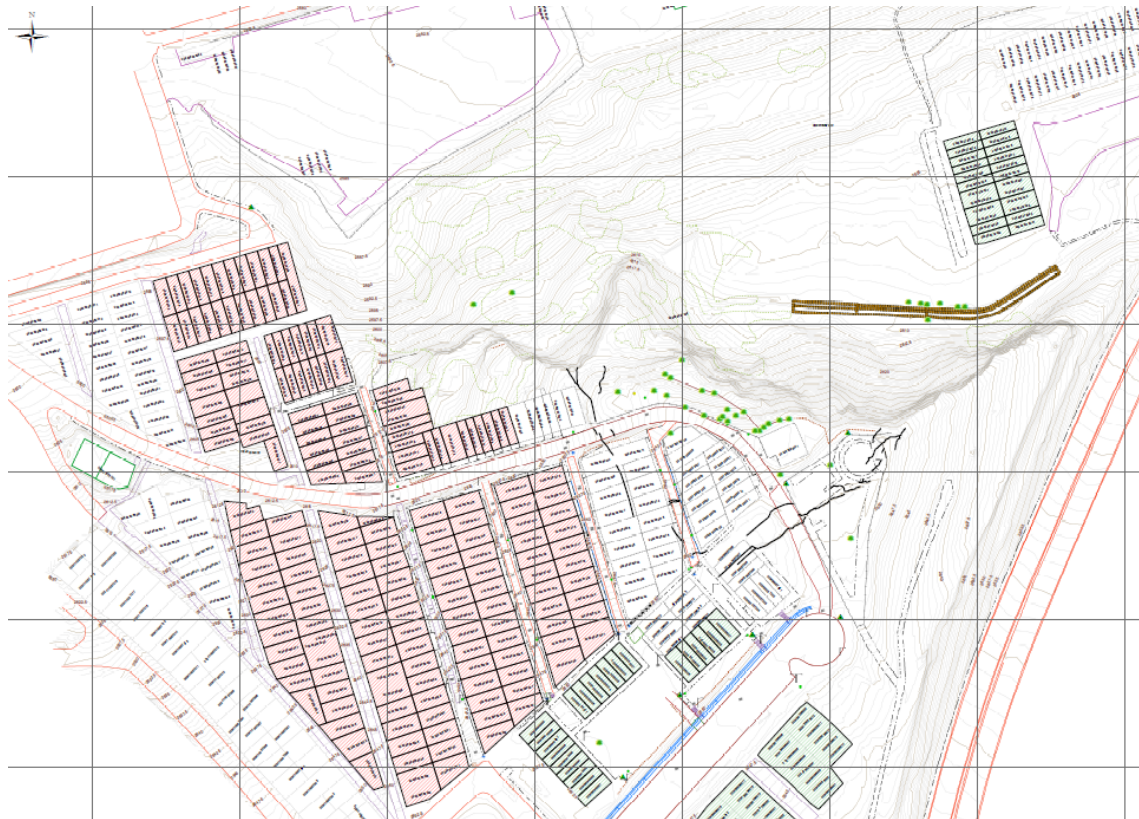


Ilustración 8-4 Predios objeto de reubicación (rojo)

La selección de la alternativa depende de los predimensionamientos, por lo tanto a continuación se presenta los diseños de las alternativas propuestas, los costos aproximados, las ventajas o desventajas constructivas, y el impacto sobre el ambiente y la sociedad, y el resultado se presenta en el numeral 8.6.

8.4 DISEÑO DE ALTERNATIVAS - OBRAS

En el presente capítulo se realiza el diseño geotécnico de las dos alternativas planteadas con estructuras de contención, la primera alternativa definida es la construcción de un contrafuerte, el cual consiste en un muro en suelo reforzado que restrinja el movimiento de la cuña aportando una fuerza cortante en la base del muro de tal forma que se mejore la condición de estabilidad de la zona. La segunda alternativa corresponde a la construcción de anclajes embebidos en la roca sobre la malla que actualmente se encuentra construida en el talud.

8.4.1 Criterios de evaluación de amenaza con intervención

Para categorizar la amenaza con implementación de obras dentro de la zona de estudio se tomarán los criterios planteados por la NSR-10 como factores de seguridad mínimos requeridos para el diseño de taludes.

La zona donde actualmente se clasifica la ladera en amenaza alta, se han ido retirado las viviendas en condición de riesgo alto y se proyecta la gestión para el tratamiento del área como zona liberada definiendo mecanismos para evitar nuevos asentamientos urbanos. Debido a que no se proyecta la ladera con el uso de vivienda y con el propósito de optimizar las obras de intervención se utilizarán los criterios de la NSR-10 basados en factores de seguridad con el objetivo de llevar la zona a una amenaza baja, o aceptable, con la implementación de las obras.

A su vez, en la zona donde actualmente se encuentran las viviendas y no se plantea la relocalización se tendrán en cuenta los criterios de la NSR-10 basados en factores de seguridad con el objetivo de llevar la zona a una amenaza baja, o aceptable, con la implementación de las obras.

Para la amenaza se utilizaron tres categorías (Alta, media y baja) asociadas al factor de seguridad siguiendo los criterios del NSR-10 título H (Tabla 8-1) teniendo en cuenta:

- La amenaza actual es la asociada al corto plazo (1 año)
- La amenaza para un tiempo mayor de exposición se categoriza a largo plazo (50 años de tiempo de exposición) y según los resultados de los análisis de estabilidad, representa tanto las condiciones críticas de agua como las condiciones críticas de sismo.

Tabla 8-1 Categorización de la amenaza por Movimientos en masa definida por JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE, adaptado de los criterios del Norma Sismoresistente NSR-10.

Escenario	Factor de seguridad	Nivel de amenaza
Corto plazo	$FS < 1.1$	Alta A
	$1.10 \leq FS < 1.50$	Media M
	$FS \geq 1.50$	Baja B
Largo plazo	$FS \leq 1.0$	Alta A
	$1.0 < FS < 1.1$	Media M
	$FS \geq 1.10$	Baja B

La zonificación de amenaza por movimientos en masa para las condiciones de corto y largo plazo con intervención, obra de mitigación, se presenta de manera cartográfica en el plano 16 con base en los análisis de estabilidad presentados en el siguiente numeral y la selección de alternativa de diseño.

8.4.2 Alternativa I

Consiste en un muro en tierra armada o suelo reforzado que limite el movimiento de la cuña, mejorando las condiciones de estabilidad de la zona. Esta intervención debe complementarse con el perfilado de los taludes y en la parte superior donde se presentó la grieta, junto con el sellado de estas y el tratamiento del área liberada para evitar futuros asentamientos urbanos.

8.4.2.1 Secciones de análisis y selección de parámetros

Para analizar la estabilidad del talud con la implementación de las obras se planteó un modelo equivalente en 2D que represente el comportamiento del movimiento en cuña analizado en 3D en el software Soilworks módulo de rocas.

La metodología planteada consiste en modelar una serie de perfiles a lo largo de la zona de estudio en sentido del movimiento en el modelo 3D (ver en el plano 15.1 la ubicación de secciones de análisis), definiendo la geometría de la cuña formada con su respectiva grieta de tracción en una vista 2D en la cual se proyecta la intersección de los dos planos y calculando el factor de seguridad para una condición estática con un porcentaje de agua en la cuña de 50% con los parámetros de la diaclasa y de la estratificación definidos para los modelos de amenaza (Ver numeral 5).

Una vez definida la geometría de la cuña para el perfil analizado, esta se representa en un modelo 2D como un estrato delgado que divide el material de arenisca con oquedades (Material 1 en movimiento) y la arenisca fracturada (Material 5), con esta representación se busca analizar el movimiento en cuña como una falla definida por medio de la grieta de

tracción y la línea de intercepción de los planos analizándolo la condición de estabilidad con equilibrio de fuerzas.

Para definir el parámetro de resistencia de la capa que representa la intercepción se realiza un análisis de sensibilidad variando el ángulo de fricción hasta lograr el factor de seguridad obtenido en el modelo de 3D bajo las mismas condiciones manteniendo constante el valor de la cohesión del estrato de arcillolita. Para los demás materiales se utilizaron los parámetros establecidos en la caracterización geotécnica.

No se realiza análisis de sensibilidad a los parámetros de arcillolita por implementación de obras de drenaje, porque, no se implementará ninguna obra de drenaje adicional a las medidas de sellamiento de grietas, subdrenaje del muro y sellamiento de redes, esta determinación se tomó con base a los resultados de los ensayos realizados en campo y los estudios hidrológicos donde se demostró que el macizo se encuentra en estado seco y sus condiciones de drenaje son buenas debido a su permeabilidad secundaria.

Por otro lado, para definir los parámetros del suelo reforzado se siguieron las recomendaciones del libro de Ingeniería geológica de Vallejo donde se establecen recomendaciones para la selección de los parámetros para estructuras de tierras (ver Ilustración 8-5), seleccionando un $\phi = 34$ y $c = 2 \text{ kPa}$ para un porcentaje de finos del 30 % como límite para el material seleccionado en la construcción.

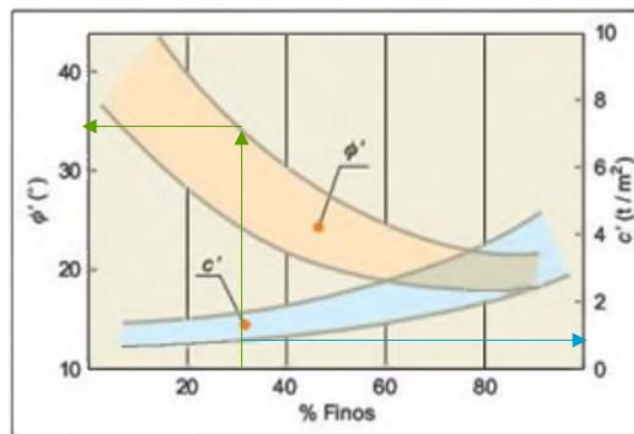


Ilustración 8-5 Parámetros para estructura de tierras Fuente: Ingeniería geológica de Vallejo

A continuación, se muestran los análisis realizados para la parametrización para cada perfil analizado y en el plano 15.1 se muestra la ubicación en planta de los perfiles de obra analizados.

Perfil 1- Obras (Perfil 7 amenaza)

El perfil 1 está ubicado en la zona geotécnica 5, en el modelo en 3D se obtuvo un factor de seguridad en condición estática de 1.48 con un porcentaje de agua del 50%, realizando el análisis de sensibilidad se definieron los parámetros utilizados para realizar la equivalencia

en el modelo 2D los cuales son $\phi = 25$ y $c = 0.028 t/m^2$, el análisis se muestra en la Ilustración 8-7

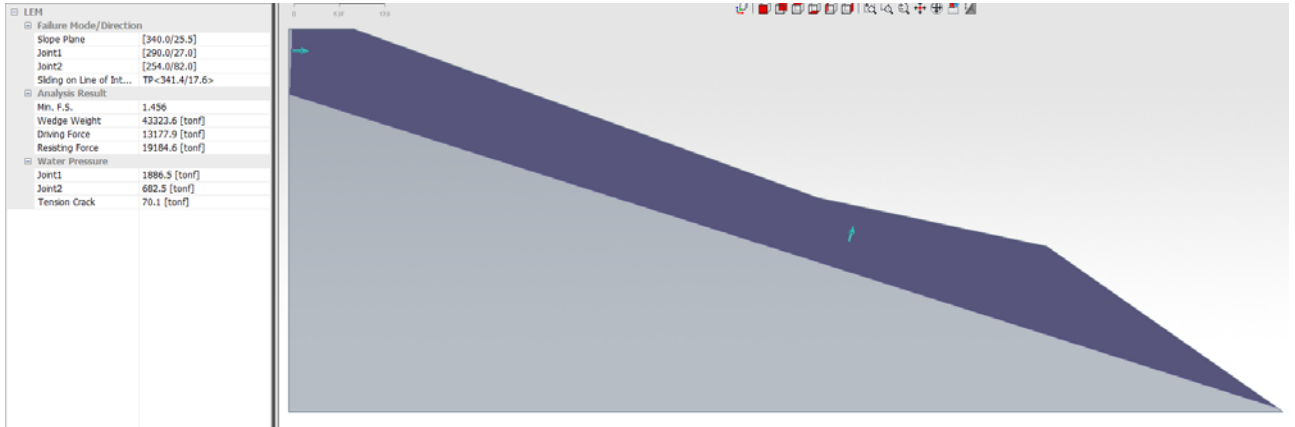


Ilustración 8-6 Modelo en 3D vista en perfil

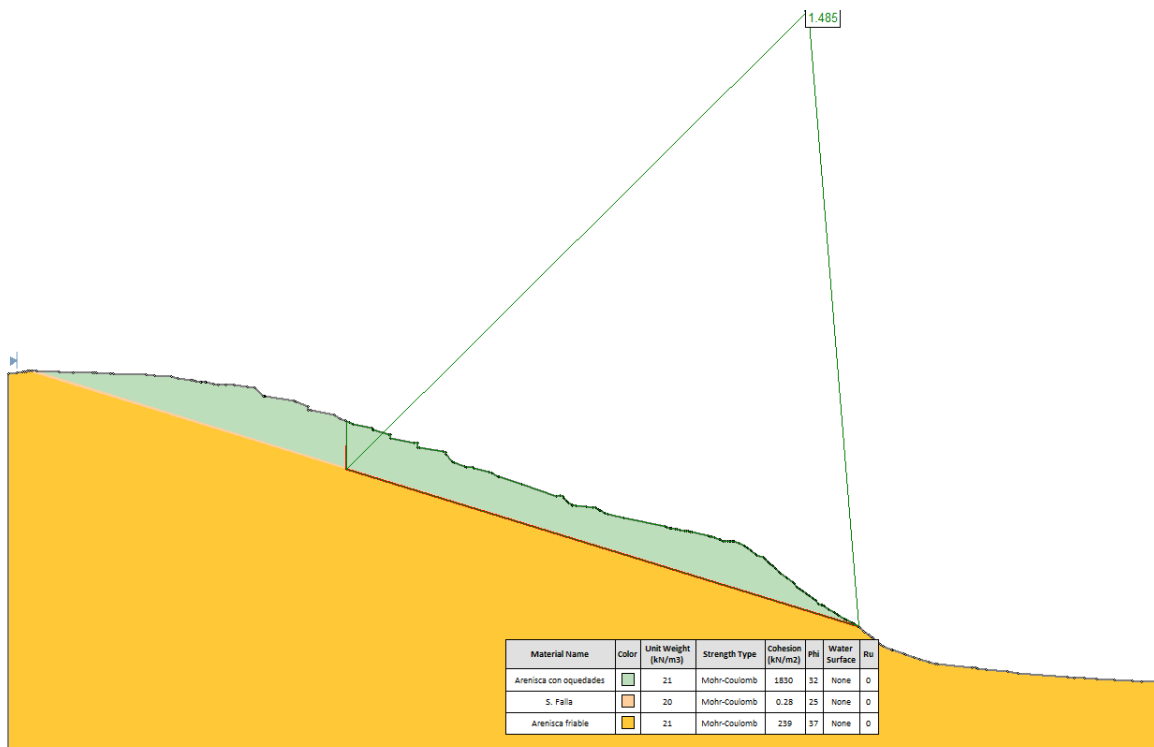


Ilustración 8-7 Modelo equivalente en 2D (Perfil 7 – amenaza)

Perfil 3 – Obras (Perfil 7 – amenaza)

El perfil 3 está ubicado en la zona geotécnica 7, en el modelo en 3D se obtuvo un factor de seguridad en condición estática de 1.47 con un porcentaje de agua del 50%, realizando el análisis de sensibilidad se definieron los parámetros utilizados para realizar la equivalencia

en el modelo 2D los cuales son $\phi = 25$ y $c = 0.028 \text{ t/m}^2$, el análisis se muestra en la Ilustración 8-8

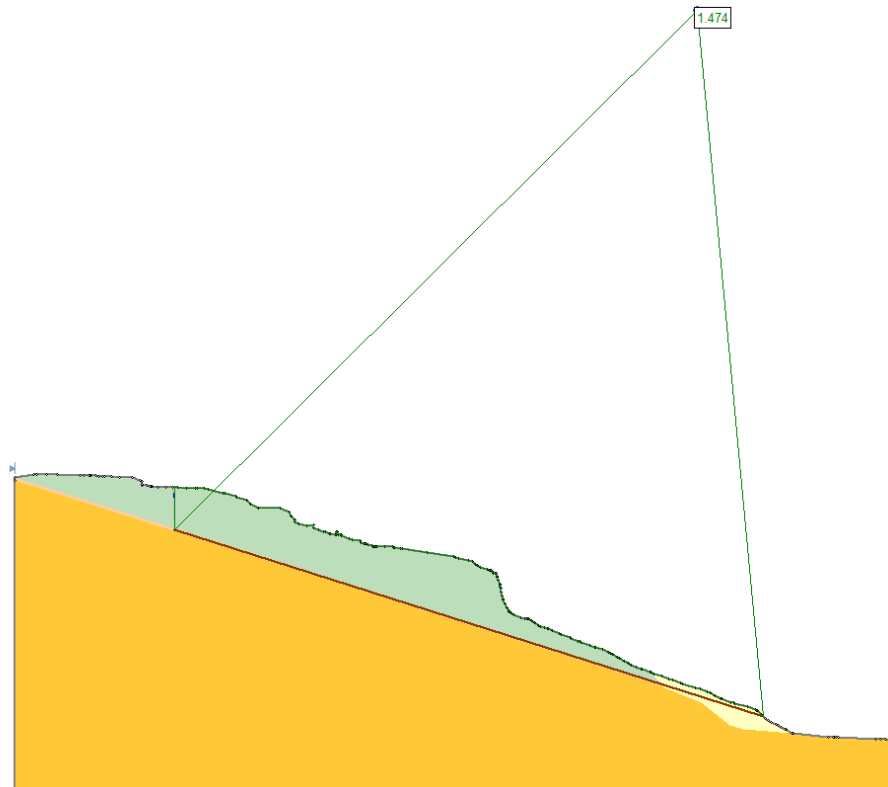
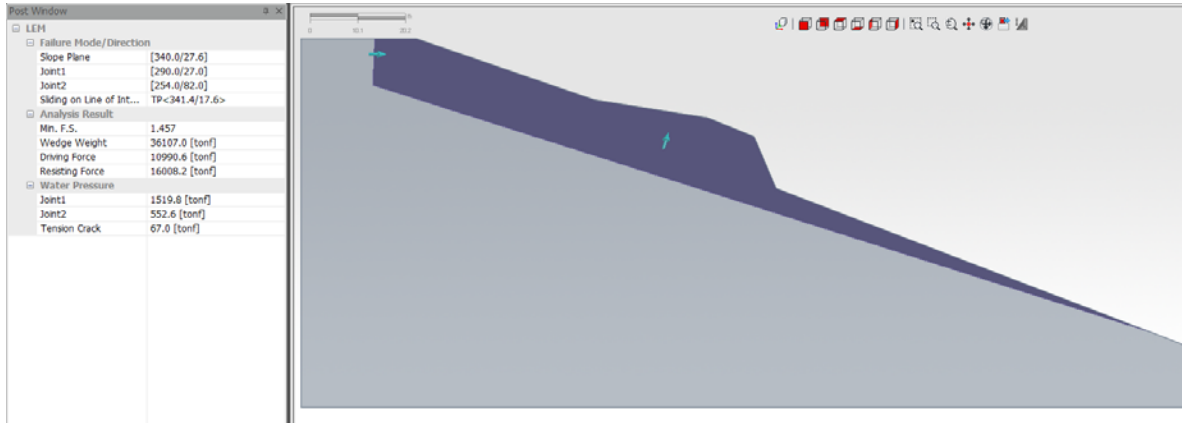


Ilustración 8-8 a) Modelo 3D vista en perfil b) Modelo 2D equivalente perfil 3

Perfil 4 – Obras (Perfil 6 amenaza)

El perfil 4 está ubicado en la zona geotécnica 4, en el modelo en 3D se obtuvo un factor de seguridad en condición estática de 1.1 con un porcentaje de agua del 50%, realizando el análisis de sensibilidad se definieron los parámetros utilizados para realizar la equivalencia

en el modelo 2D los cuales son $\phi = 22$ y $c = 0.028 t/m^2$, el análisis se muestra en la Ilustración 8-10

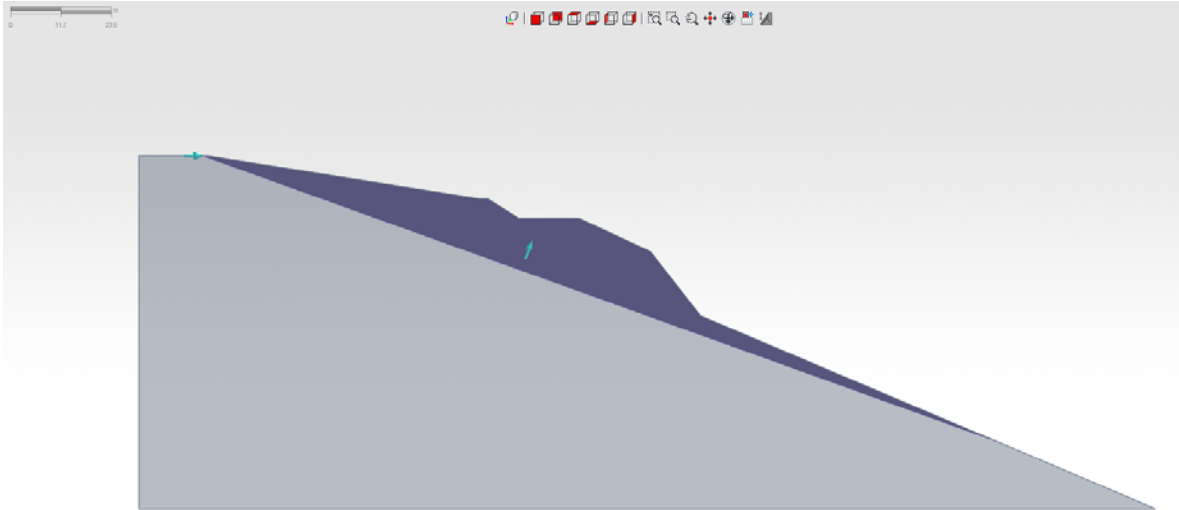


Ilustración 8-9 Modelo 3D vista en perfil (Perfil 6- amenaza)

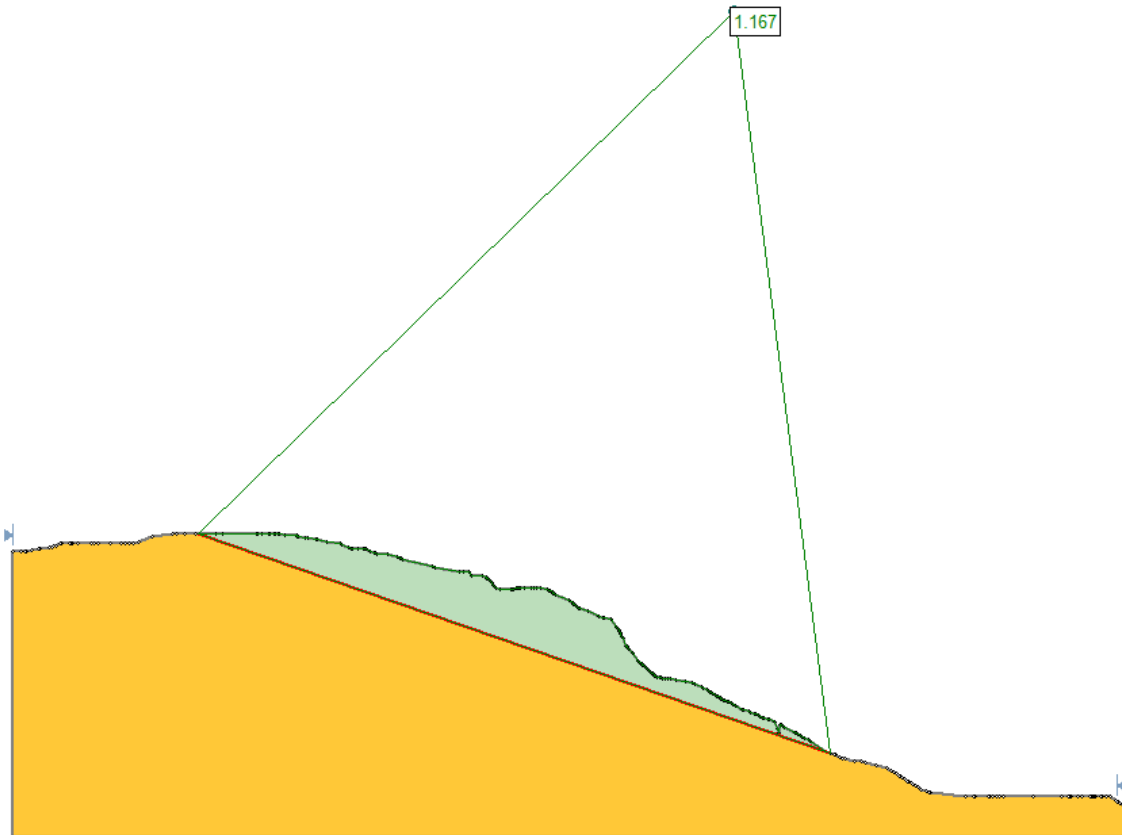


Ilustración 8-10 Modelo 2D equivalente (Perfil 6- amenaza)

Perfil 6 – Obras (Perfil 3 amenaza)

El perfil 6 está ubicado en la zona geotécnica 1, en el modelo en 3D se obtuvo un factor de seguridad en condición estática de 0.99 con un porcentaje de agua del 50%, realizando el análisis de sensibilidad se definieron los parámetros utilizados para realizar la equivalencia en el modelo 2D los cuales son $\phi = 23$ y $c = 0.028 t/m^2$, el análisis se muestra en la Ilustración 8-12.

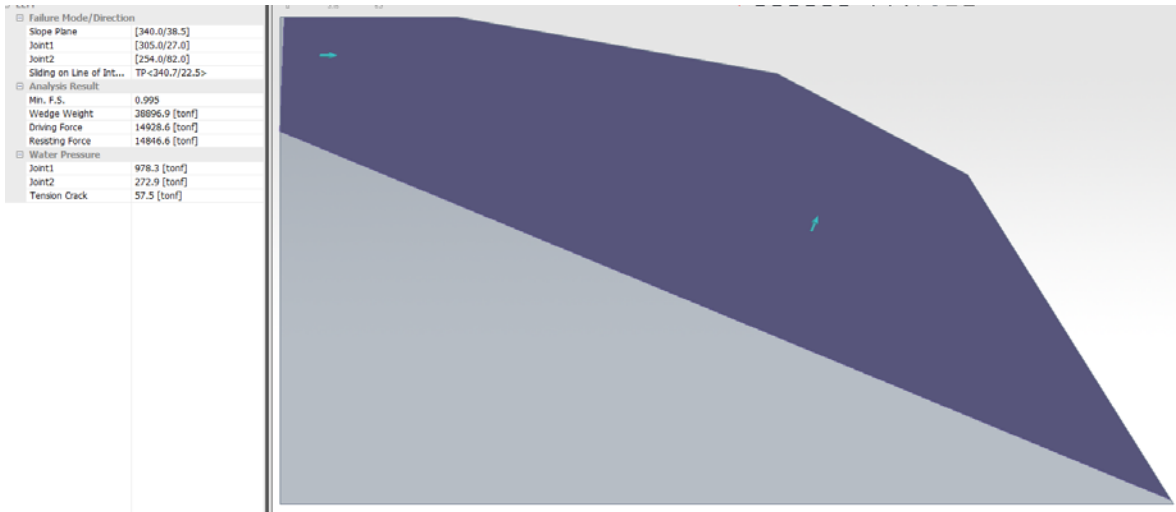


Ilustración 8-11 Modelo 3D vista en perfil (Perfil 3 – amenaza)

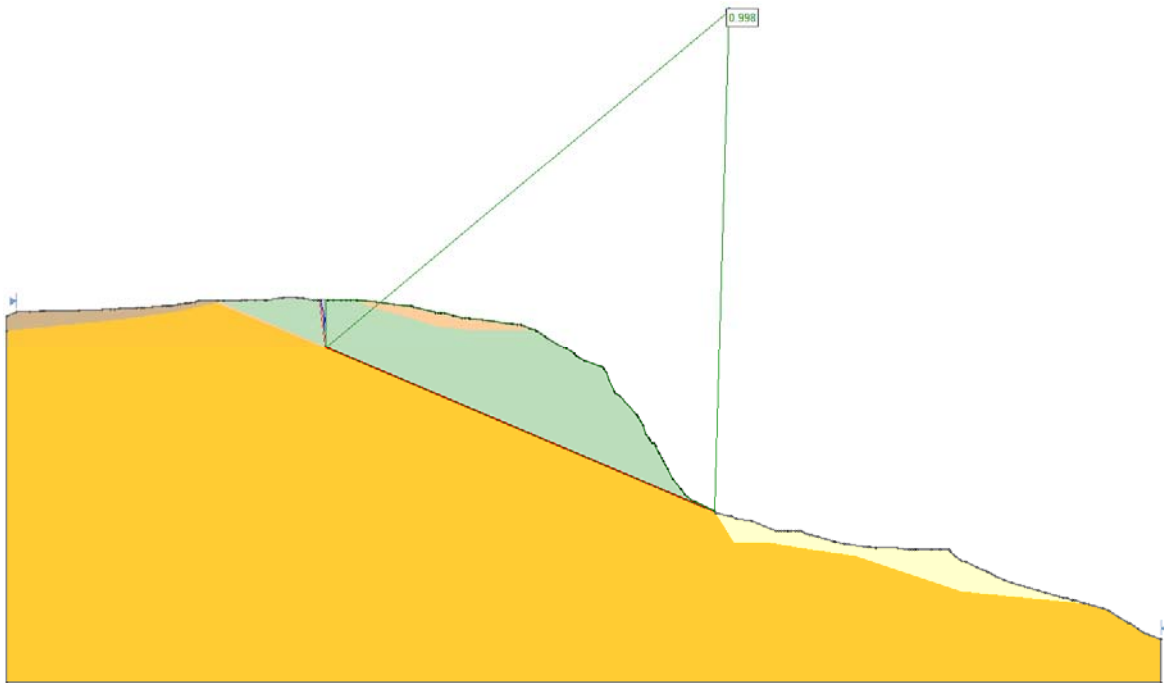


Ilustración 8-12 Modelo 2D equivalente (Perfil 3 – amenaza)

Perfil 8 – Obras (Perfil 1 amenaza)

El perfil 8 está ubicado en la zona geotécnica 1, en el modelo en 3D se obtuvo un factor de seguridad en condición estática de 0.97 con un porcentaje de agua del 50%, realizando el análisis de sensibilidad se definieron los parámetros utilizados para realizar la equivalencia en el modelo 2D los cuales son $\phi = 24$ y $c = 0.028 \text{ t/m}^2$, el análisis se muestra en la Ilustración 8-14.

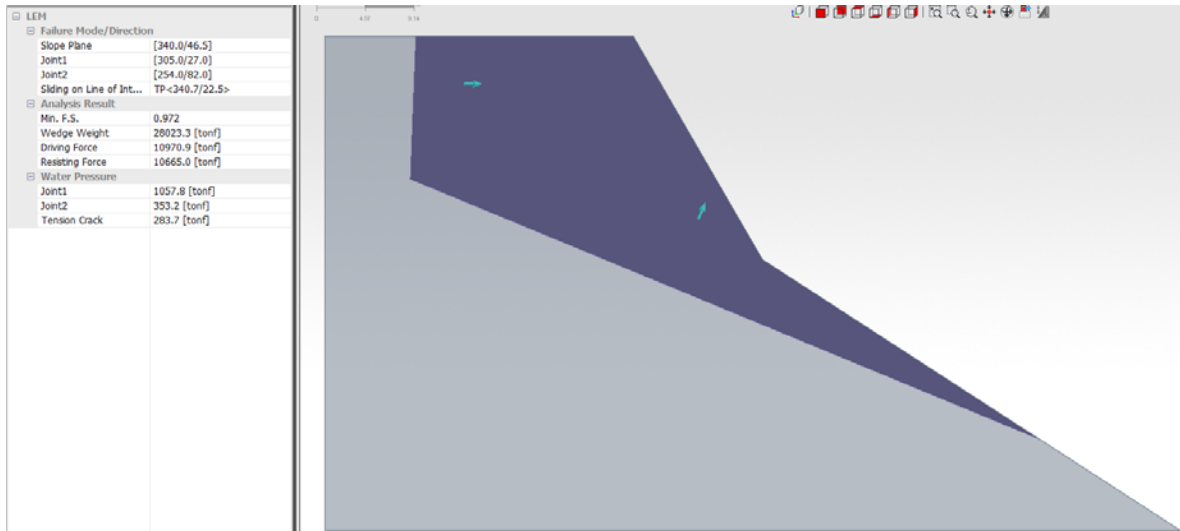


Ilustración 8-13 Modelo 3D vista en perfil (Perfil 1- amenaza)

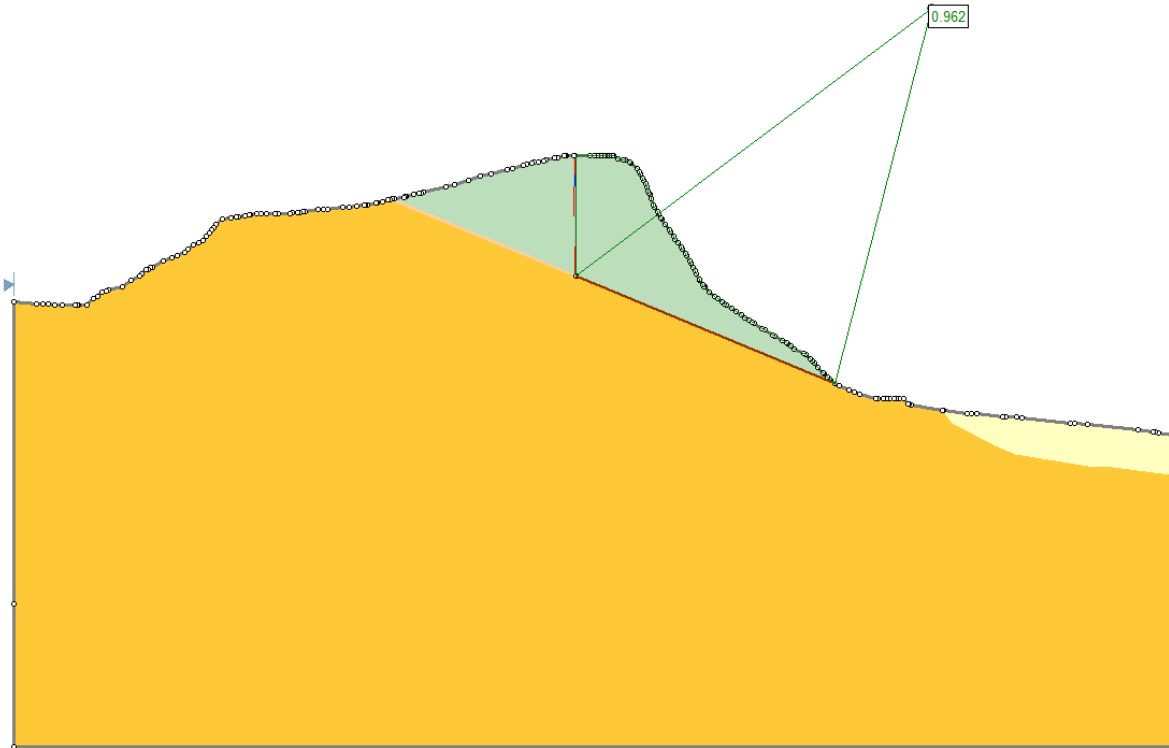


Ilustración 8-14 Modelo 2D equivalente (Perfil 1- amenaza)

Resumen de resultados

Dado que se utilizaron perfiles diferentes en la amenaza en condición actual (en dirección de la ladera) y en la condición con obras (en sentido del movimiento), se resume en la Tabla 8-2 la relación de los factores de seguridad obtenidos en las zonas geotécnicas bajo ambos análisis, siendo estos consistentes.

Tabla 8-2 Resumen resultados de análisis de estabilidad alternativa 1

ZONA	Perfil analizado en amenaza	F.S Condición estática	Perfil analizado en condición con obras (Equivalente)	F.S Condición estática
1	Perfil 1 Amenaza (Dirección del perfil 90/N)	0.99	Perfil 8 – Obras (Dirección del perfil 70/NW)	0.97
1	Perfil 3 Amenaza (Dirección del perfil 102/NE)	1.02	Perfil 6 – Obras (Dirección del perfil 70/NW)	0.99

ZONA	Perfil analizado en amenaza	F.S Condición estática	Perfil analizado en condición con obras (Equivalente)	F.S Condición estática
3	Perfil 6 Amenaza (Dirección del perfil 61/NE)	1.0	Perfil 4 – Obras (Dirección del perfil 70/NW)	1.1
5	Perfil 7 (Dirección del perfil 61/NW)	1.48	Perfil 3 – Obras (Dirección del perfil 70/NW)	1.47
5	Perfil 7 (Dirección del perfil 88/NW)	1.48	Perfil 1 – Obras (Dirección del perfil 70/NW)	1.48

8.4.2.2 Resultados de análisis de estabilidad con obras – Alternativa I

Con base en las secciones de análisis establecidas para representar el movimiento en cuña en una sección 2D y los parámetros asignados, se implantó el muro en tierra armada en cada sección con 1 a 3 niveles con altura de 5 a 13 metros con el cual se busca retener el movimiento aportando una fuerza inercial en la base y aportar resistencia al cortante con la implementación de las geomallas.

Para los análisis de estabilidad se analizaron dos escenarios, el primero en condición estática asumiendo un porcentaje de agua en la grieta del 50%, el segundo escenario en condición pseudoestática con un valor de kh de 0.144 g. Con la implementación del muro se busca llevar la condición del predio a amenaza baja.

Respecto a los parámetros utilizados para la geomalla corresponden a las propiedades de resistencia de las mallas de producidas por GEOMATRIX en la Tabla 8-3 se presenta los valores y referencias utilizadas para la modelación como manera de ejemplo, durante construcción se debe garantizar estas especificaciones o mejores.

Tabla 8-3 Resistencias de diseño geomallas

Datos geomalla			
TIPO	Resistencia última Tu (kN)	Resistencia disponible Td (kN)	Factor de reducción
UX-50	50	21.1	2.36
UX-100	100	42.3	2.36
UX-200	200	84.7	2.36
UX-300	300	127	2.36

A continuación, se muestran los análisis de estabilidad, en el **Anexo F1 se presenta las cartas de amenaza** resumiendo los análisis realizados.

Perfil 1 - Obras

El perfil 1 está ubicado en la zona geotécnica 5, actualmente están ubicadas viviendas en la parte superior de la ladera las cuales se modelan como una sobrecarga de 10 kN/m². Se proyecta la construcción de un muro de 1 nivel, comenzando en la cota 2685 m hasta la cota 2695 m. En el muro se implementaron la geomalla de BX-300 aportando la mayor resistencia al corte en la zona de falla. Los factores de seguridad son de 1.66 para condición estática y 1.10 condición pseudoestática.

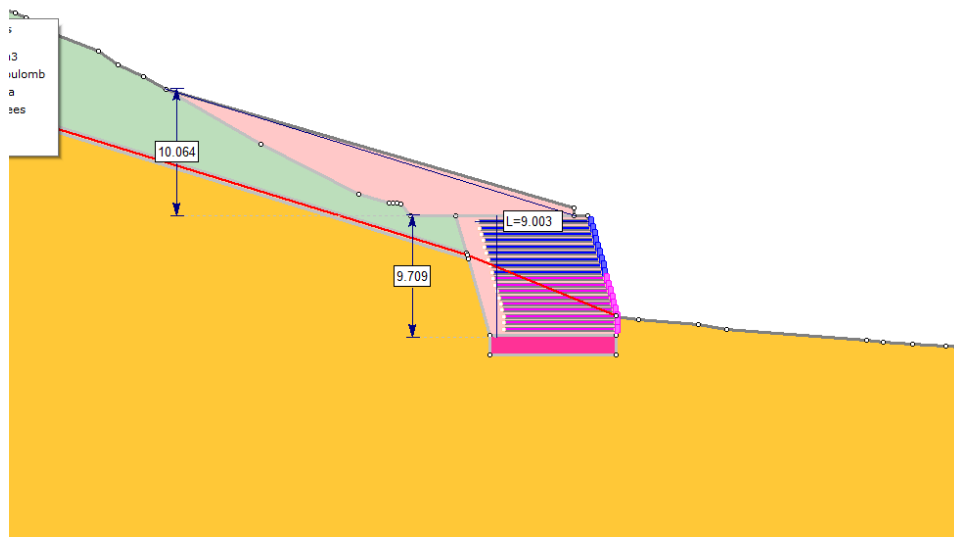


Ilustración 8-15 Modelo con muro en tierra armada perfil 1

La longitud de las geomallas en el muro de la base quedó definida de tal forma que traspasaran la línea de falla y cumpliendo con los análisis de estabilidad internos y externos presentados en el siguiente numeral. Se prevé un mejoramiento en la base del muro con material de pedraplén

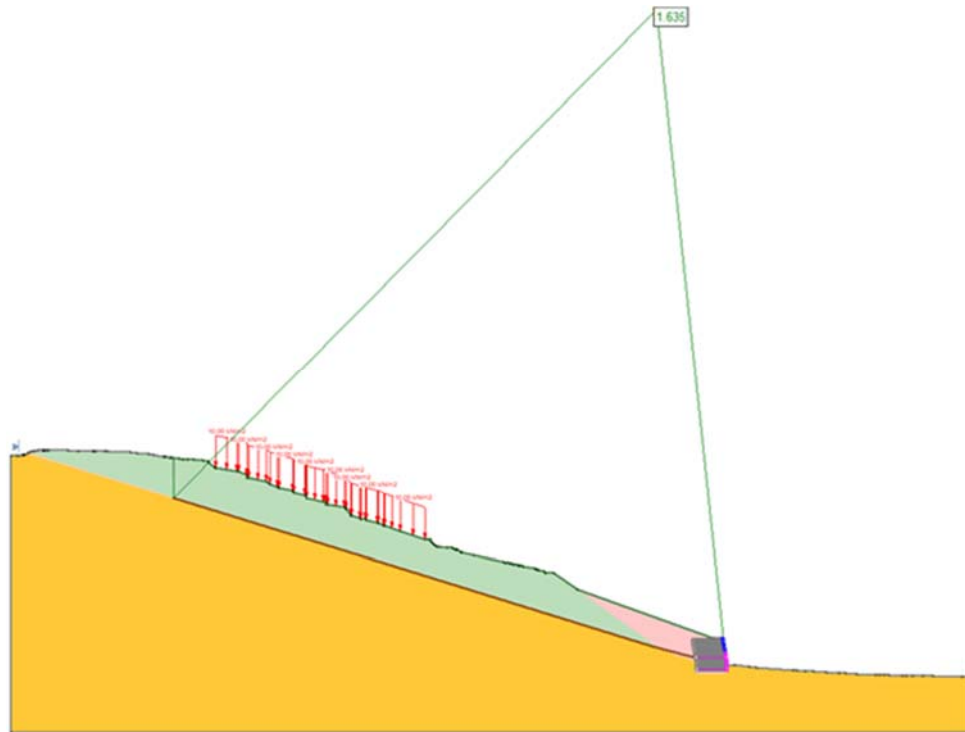


Ilustración 8-16 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil I

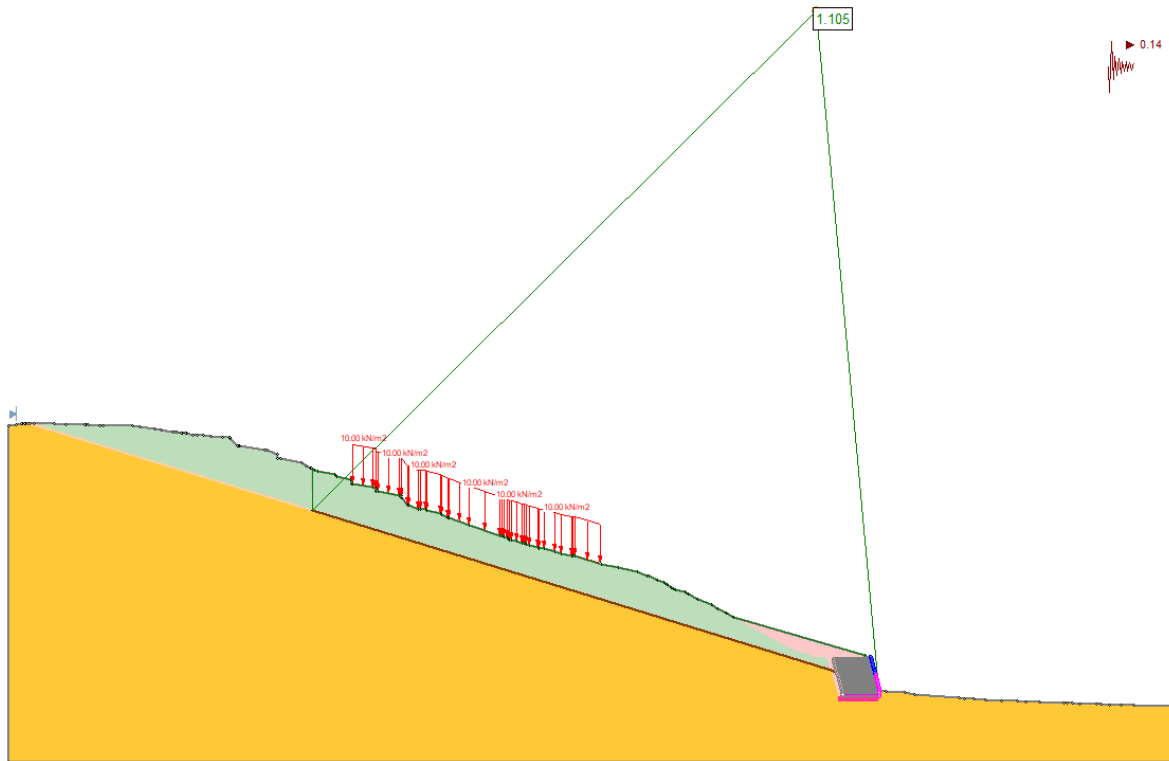


Ilustración 8-17 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil I

Perfil 3 - Obras

El perfil 3 está ubicado en la zona geotécnica 5. Se proyecta la construcción de un muro de 1 nivel, comenzando en la cota 2600 m hasta la cota 2605 m. En el muro se implementando la geomalla de BX-300 aportando la mayor resistencia al corte en la zona de falla. Los factores de seguridad son de 1.62 para condición estática y 1.1 condición pseudoestática.

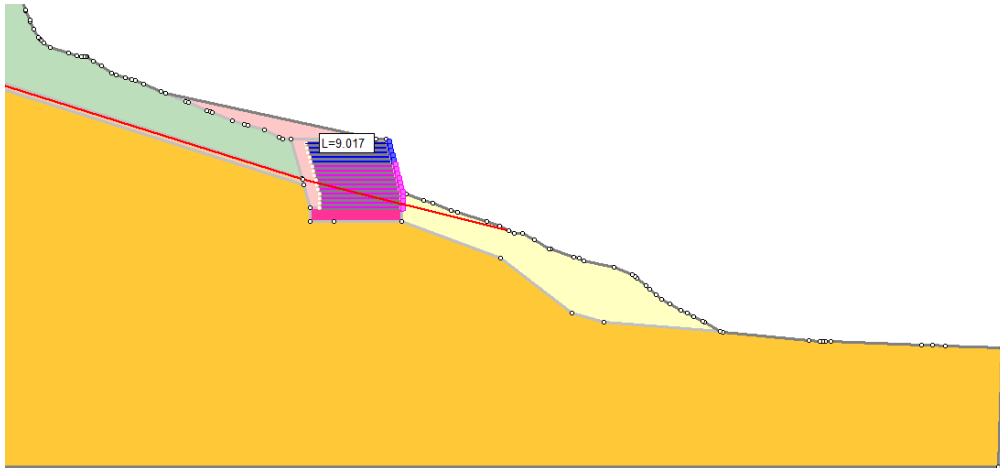


Ilustración 8-18 Modelo con muro en tierra armada perfil 3

La longitud de las geomallas en el muro de la base quedó definida de tal forma que traspasaran la línea de falla, para los muros superiores la longitud y tipo de malla queda definido por los análisis de estabilidad internos y externos presentados en el siguiente numeral. Se prevé un mejoramiento en la base del muro con material de pedraplén

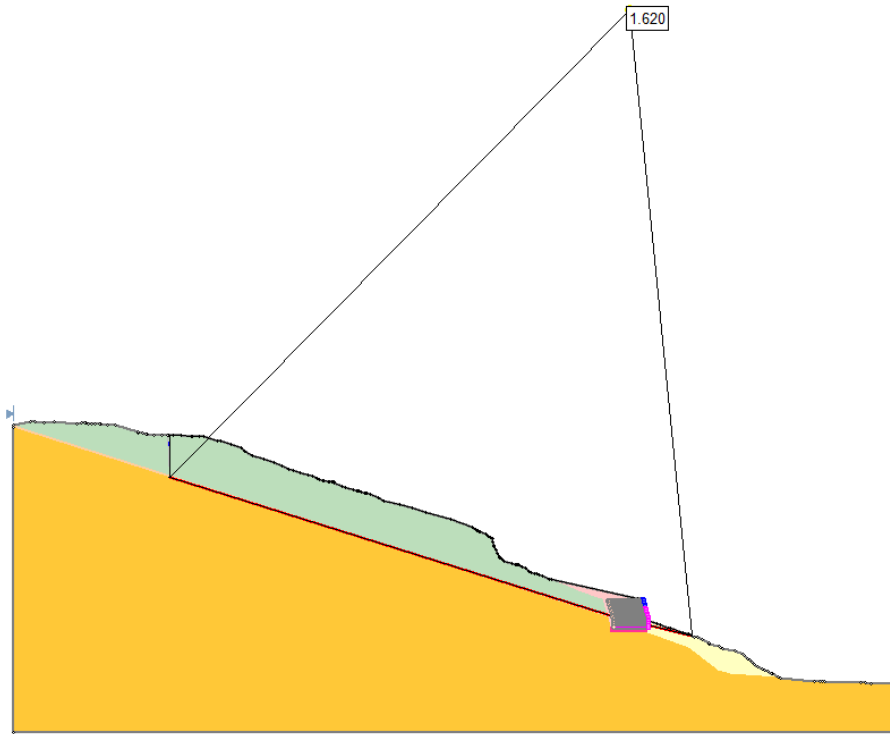


Ilustración 8-19 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 3

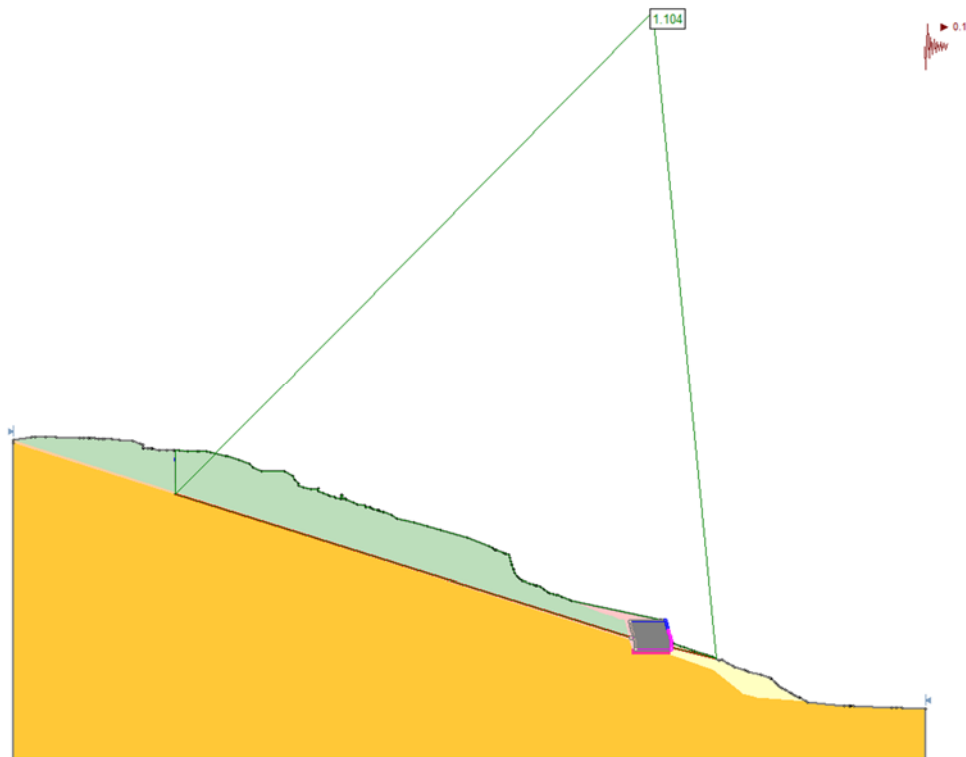


Ilustración 8-20 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 3

Perfil 4

El perfil 4 está ubicado en la zona geotécnica 1. Se proyecta la construcción de un muro de 1 nivel, en la parte superior del muro se prevé la construcción de un terraplén para el perfilado del talud. En el muro de base se implementaron la geomalla de BX-300 aportando la mayor resistencia al corte en la zona de falla. Los factores de seguridad son de 1.6 para condición estática y 1.1 condición pseudoestática.

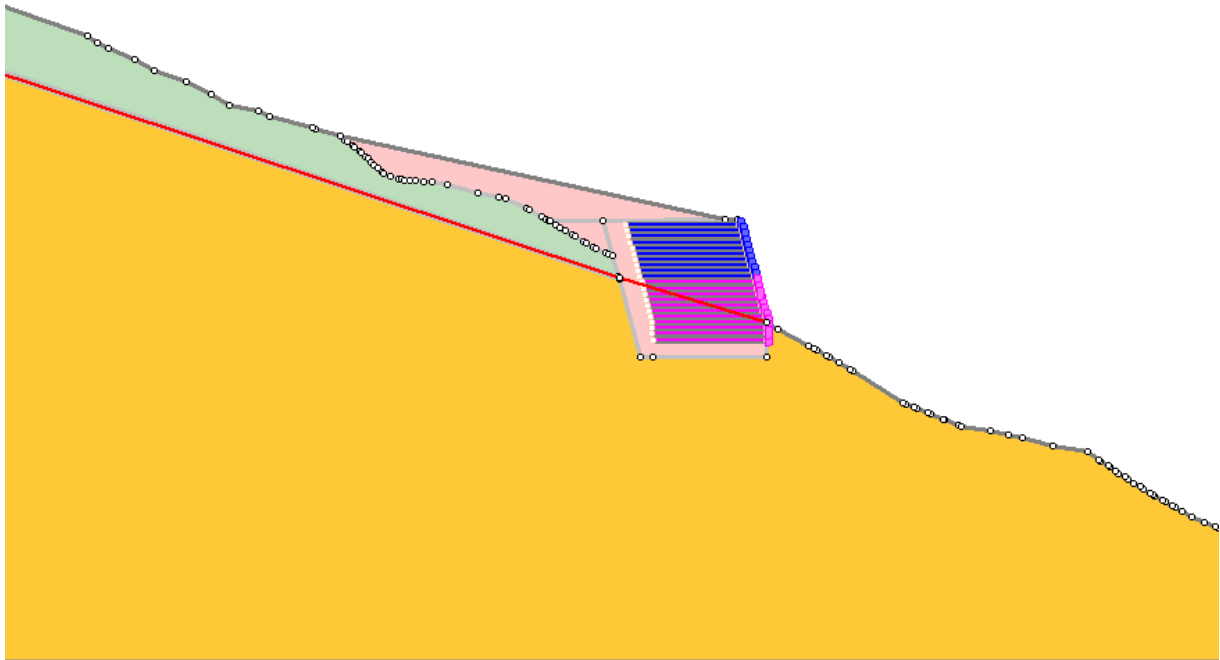


Ilustración 8-21 Modelo con muro en tierra armada perfil 4

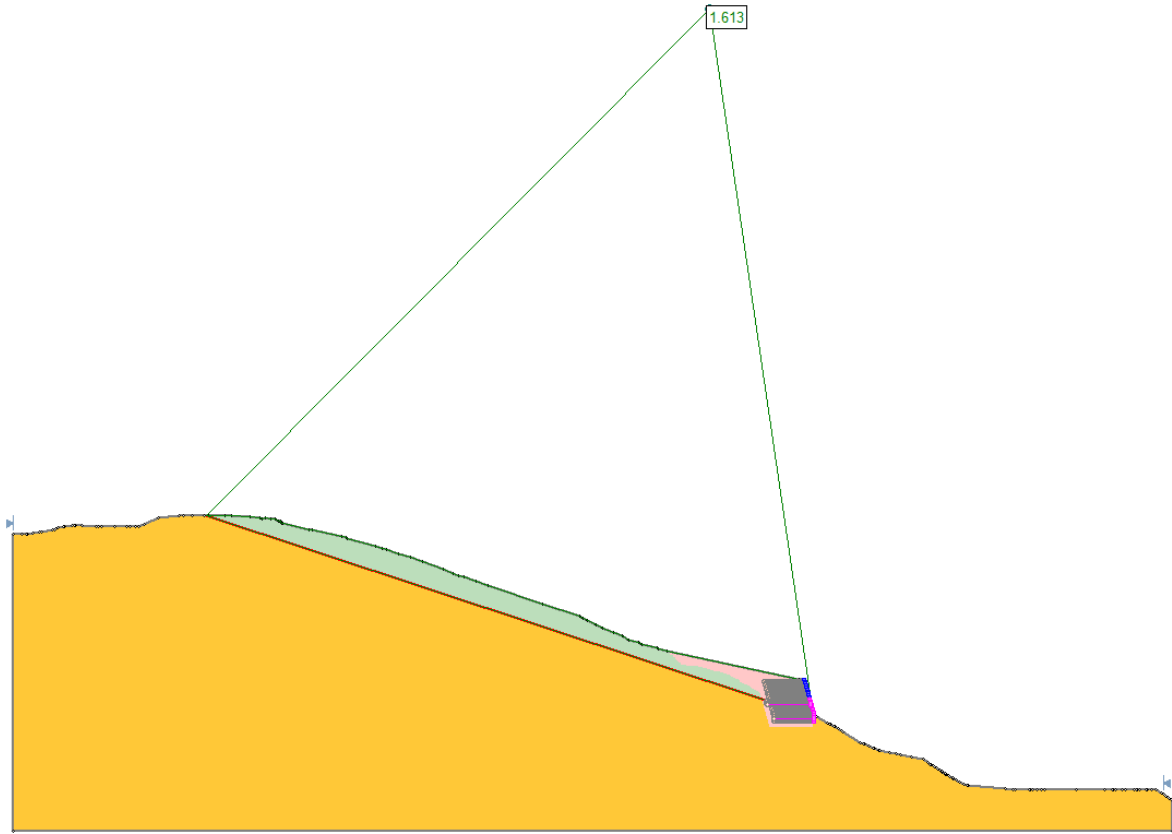


Ilustración 8-22 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 4

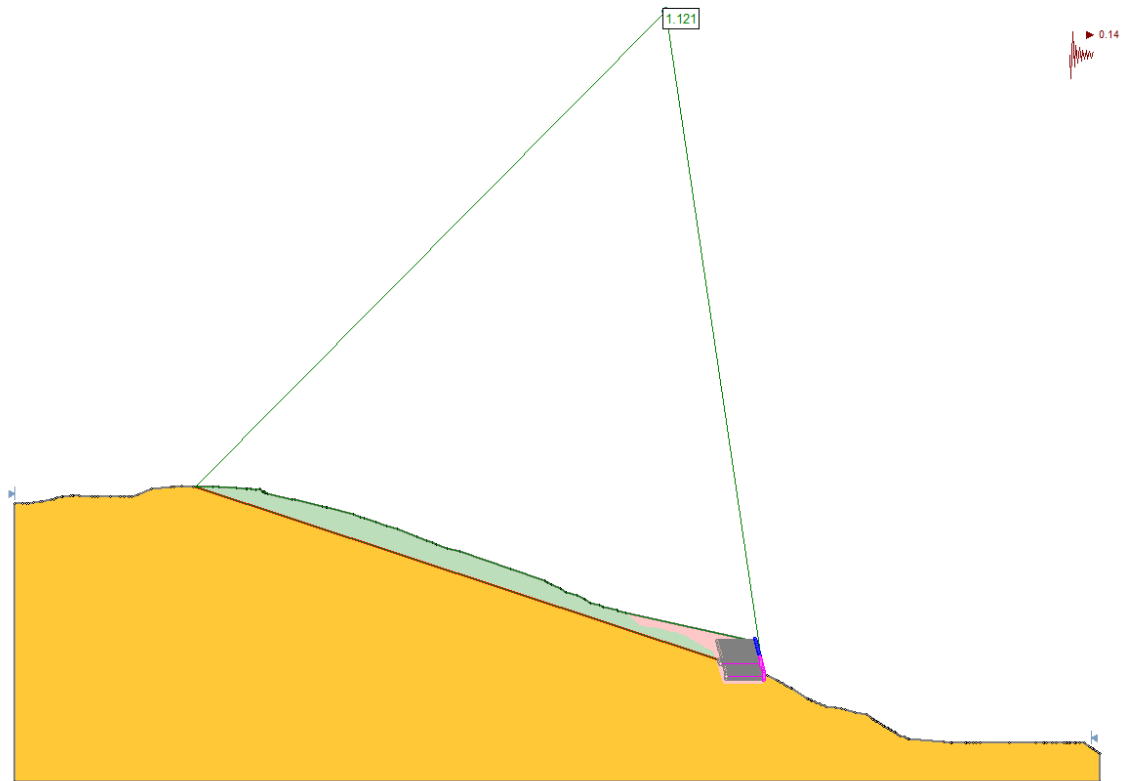


Ilustración 8-23 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 4

Perfil 6

El perfil 6 está ubicado en la zona geotécnica 1. Se proyecta la construcción de un muro de 1 nivel, comenzando en la cota 2605 m hasta la cota 2610 m, en la parte superior del muro se prevé la construcción de un terraplén para el perfilado del talud. En el muro de base se implementaron la geomalla de BX-100 aportando la mayor resistencia al corte en la zona de falla. Los factores de seguridad son de 1.7 para condición estática y 1.1 condición pseudoestática

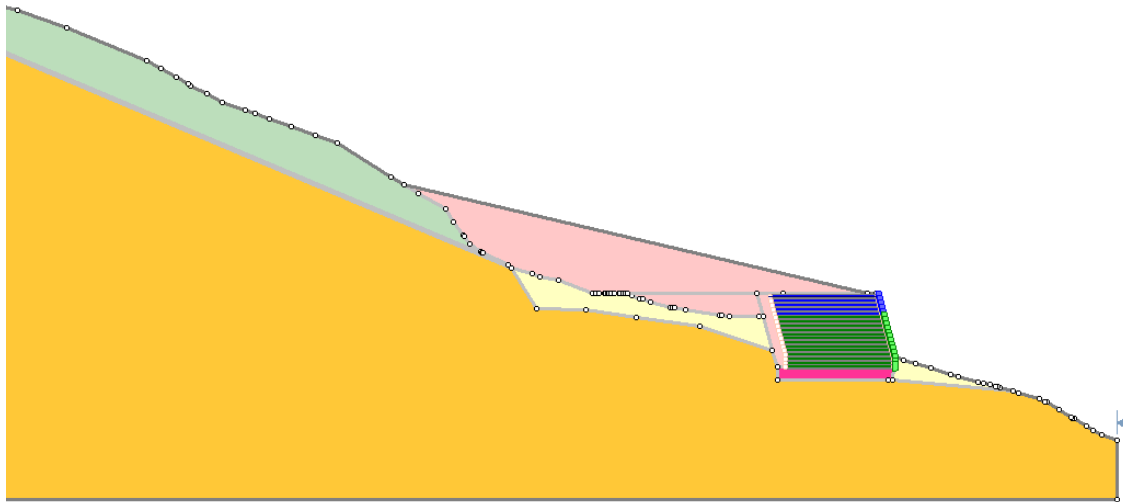


Ilustración 8-24 Modelo con muro en tierra armada perfil 6

La longitud de las geomallas en el muro de la base quedaron definidas de tal forma que traspasaran la línea de falla, se prevé un mejoramiento en la base del muro con material de pedraplén

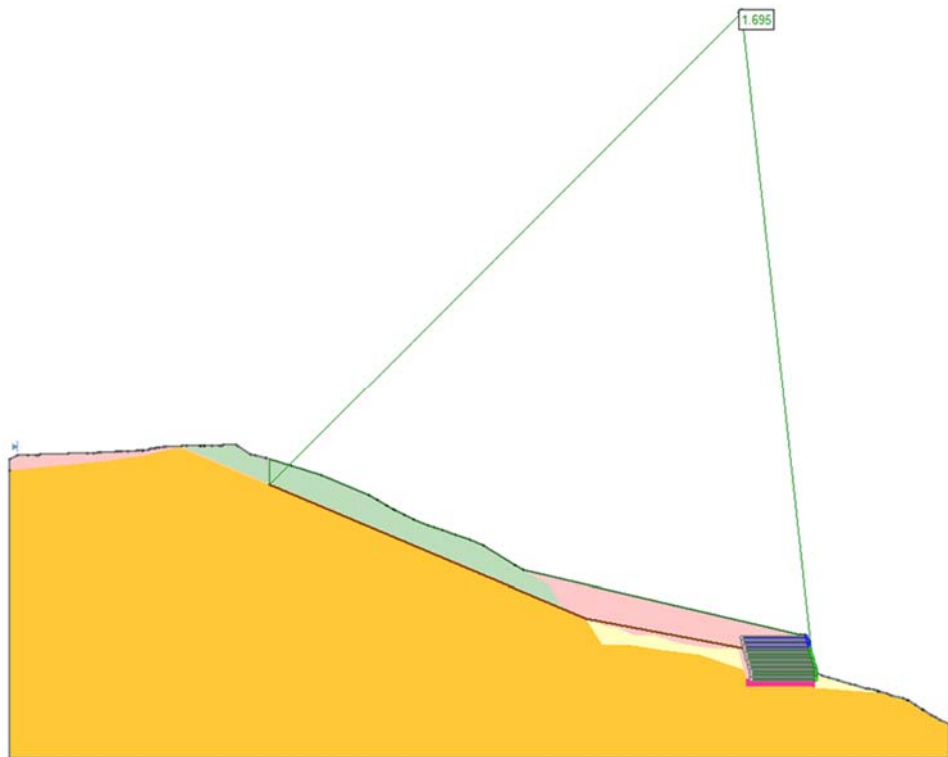


Ilustración 8-25 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 6

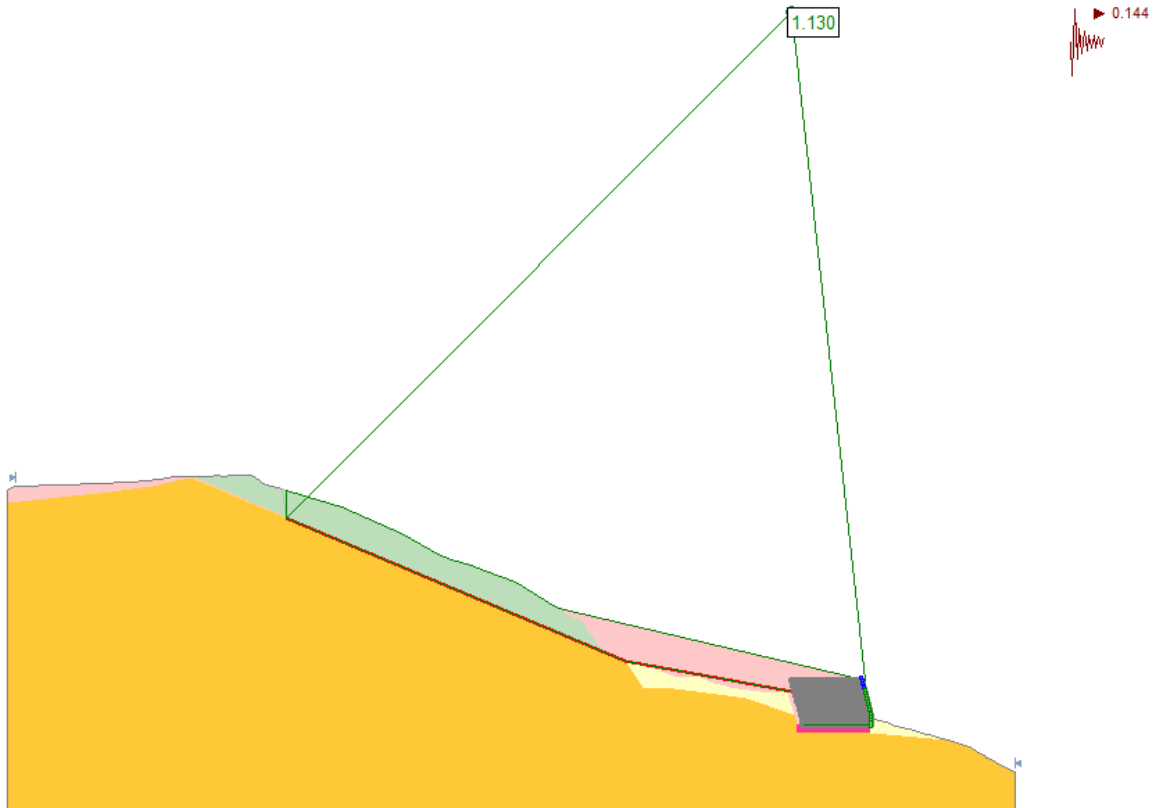


Ilustración 8-26 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 6

Perfil 8 - Obras

El perfil 8 está ubicado en la zona geotécnica 1. Se proyecta la construcción de un muro de 1 nivel, comenzando en la cota 2605 m hasta la cota 2615 m. En el muro de base se implementaron la geomalla de BX-100 aportando la mayor resistencia al corte en la zona de falla. Los factores de seguridad son para condición estática y condición pseudoestática.

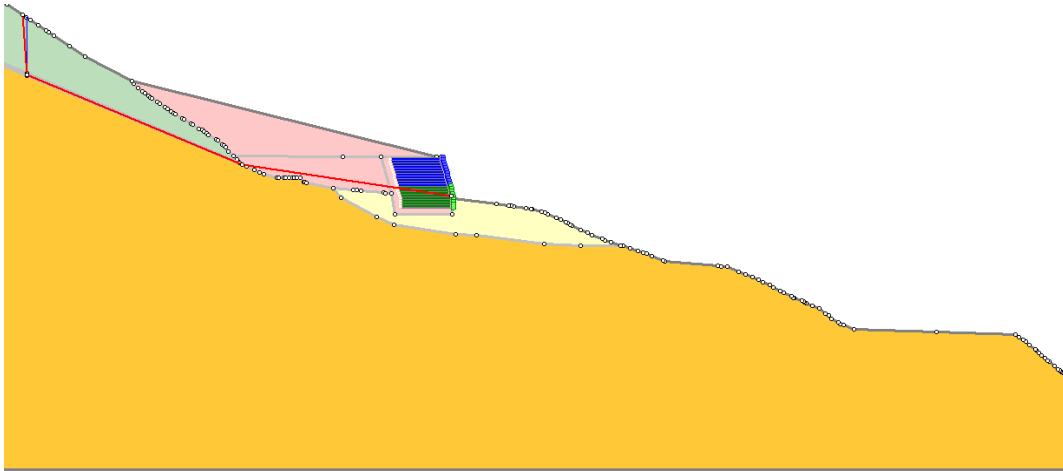


Ilustración 8-27 Modelo con muro en tierra armada perfil 8

La longitud de las geomallas en el muro de la base quedaron definidas de tal forma que traspasaran la línea de falla, se prevé un mejoramiento en la base del muro con material de pedraplén

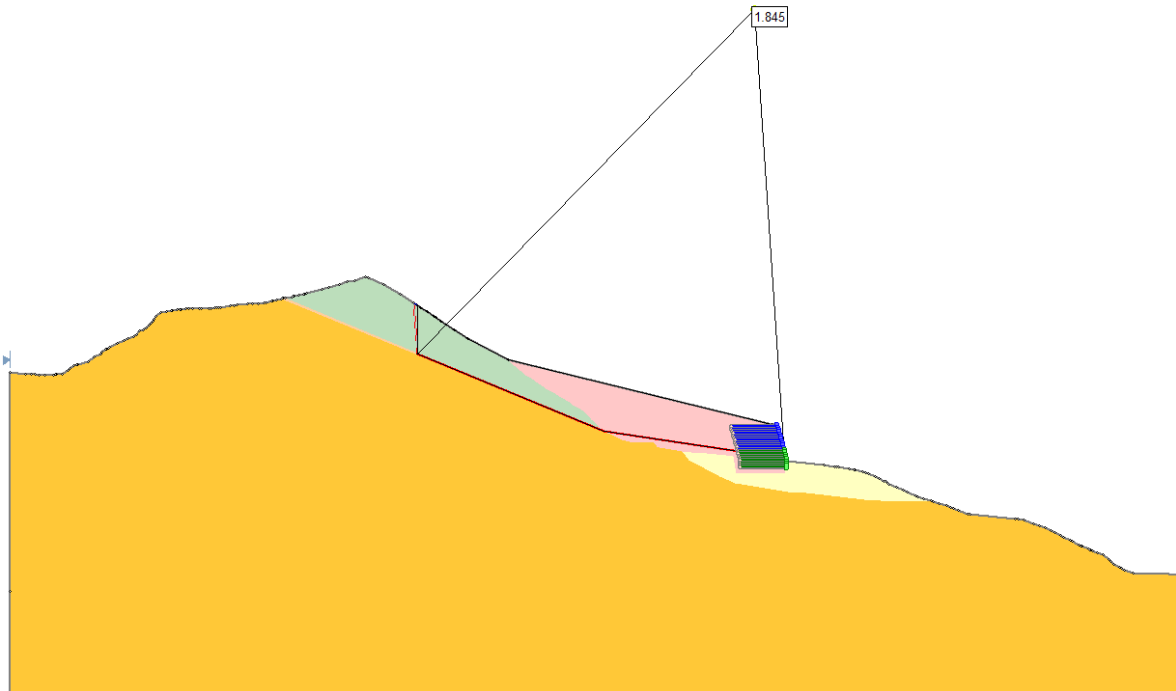


Ilustración 8-28 Resultados de estabilidad con obras condición a corto plazo -Perfil 8

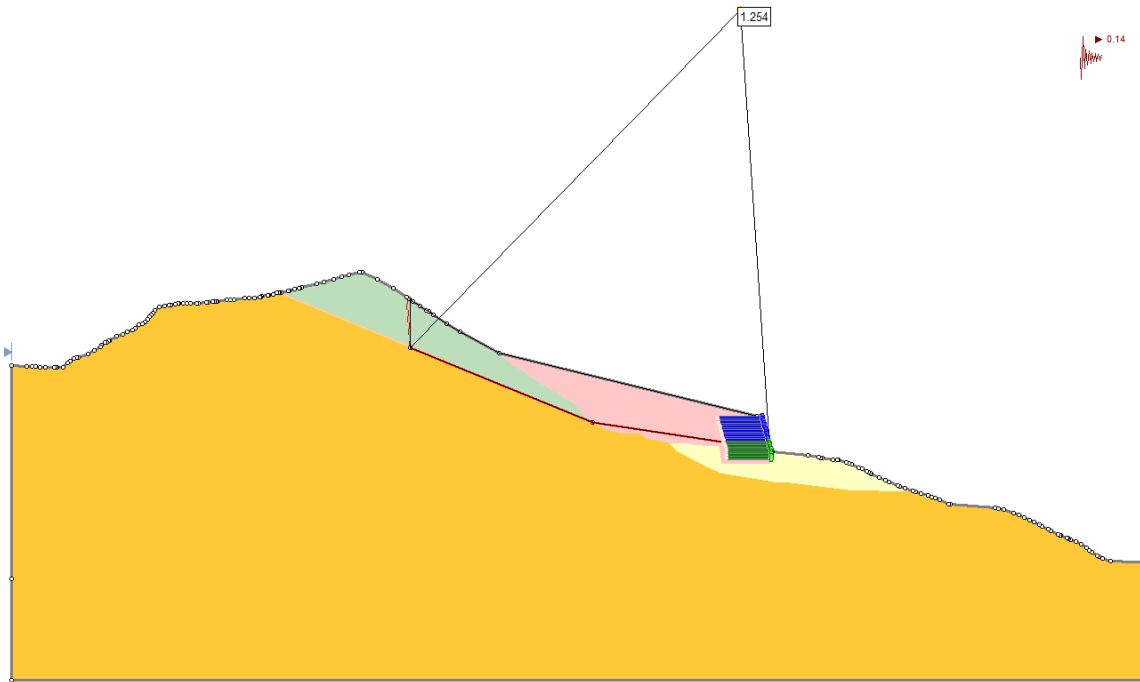


Ilustración 8-29 Resultados de estabilidad con obras condición a largo plazo -Perfil 8

8.4.2.3 Chequeo de estabilidad interna y externa

Para llevar a cabo el diseño de la estructura en tierra armada se efectuó el chequeo de su estabilidad interna y externa, tal como se indica a continuación:

Verificación de estabilidad interna: La revisión de estabilidad interna comprende el chequeo de resistencia a la tensión de los elementos de refuerzo que conforman el terraplén o muro de contención. Para esto se compara la fuerza máxima producida por las presiones de tierras con la fuerza máxima permisible sobre los elementos de refuerzo (geotextiles o geo mallas, en el caso del presente análisis)

La fuerza máxima permisible sobre la malla o geotextil de refuerzo puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$T_{Permisible} = T_{Última} / (F_{ri} * F_{rf} * F_{rd})$$

Donde:

$$T = \text{Resistencia de la malla o geotextil de refuerzo} \left(\frac{kN}{m} \right)$$

F_{ri} = Factor de reducción por daño durante la instalación

F_{rf} = Factor de reducción por fluencia

F_{rd} = Factor de reducción por degradación química y/o biológica.

El factor de seguridad contra la falla del elemento de refuerzo del dique se calcula con la siguiente formula:

$$F.S.Tension = T_{Permisible} / F_{max}$$

La verificación de estabilidad externa incluye los siguientes análisis:

Chequeo de falla por deslizamiento a lo largo de la base.

En este análisis se verifica el equilibrio entre fuerzas actuantes y fuerzas resistentes que inciden en la estabilidad a lo largo de la base de la estructura. El análisis se realiza por equilibrio límite usando la siguiente formula:

$$F_{S_{Deslizamiento}} = \frac{(W * \cos \beta - k_h * W * \sin \beta) * \tan \phi + C' * B}{P_a + k_h * W * \cos \beta + W * \sin \beta - P_p}$$

Donde:

W = Peso de la estructura.

β = Angulo de inclinación de la base.

B= Ancho de la base.

Pa = Presión activa producida sobre la estructura.

Pp= Presión pasiva.

Kh= Coeficiente de aceleración horizontal (para análisis estático Kh =0).

Se recomienda un factor de seguridad mayor o igual a 1.2 para análisis estático y mayor o igual a 1 para análisis pseudoestático.

Chequeo de falla por volteo.

En este análisis se verifica el equilibrio de momentos producidos por las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes que inciden en la estabilidad de la estructura, con respecto a un punto localizado en la punta de base de la estructura. El análisis se realiza por equilibrio límite usando la siguiente formula:

$$F_{S_{volteo}} = \frac{M_w + M_{P_{av}}}{M_{P_{ah}} + M_{kh}}$$

Donde:

M_w = Momento respecto al punto C, debido al peso propio de la estructura.

M_{pav} = Momento respecto al punto C, debido a la componente vertical de la presión activa.

M_{pah} = Momento respecto al punto C, debido a la componente horizontal de la presión activa.

M_{kh} = Momento respecto al punto C, debido a la componente horizontal, de la fuerza correspondiente al sismo de diseño.

Se recomienda un factor de seguridad mayor o igual a 2.0 para análisis estático y mayor o igual a 1.5 para análisis pseudoestáticos.

Chequeo de falla por capacidad portante

El chequeo de estabilidad por capacidad de carga del suelo, se utiliza la ecuación semiempírica de Meyerhoff y se recomienda un factor de seguridad mayor o igual a 3.0.

Para el dimensionamiento de los muros se utilizó el software MSEW Mechanically Stabilized Earth Walls versión 3, suministrado por la empresa GEOMATRIX, en el módulo ANALYSIS of a SIMPLE STRUCTURE using GEOGRID as reinforcing material, y se generó una memoria de cálculo para alturas tipo de 5 m y 10 m presentada en el **F2. DISEÑO DE GEOMATRIX.**

Chequeo de falla global

Para el análisis de chequeo global se analizaron los 4 perfiles haciendo uso del software Slide V.6, se calculó el factor de seguridad ante la falla global en condición estática y condición pseudoestáticos, los factores de seguridad mínimos recomendados son 1.5 y 1.1 respectivamente. Los muros en tierra reforzada llevan subdrenajes por lo que se tienen en cuenta el efecto de agua con un R_u de 0.1 asumiendo que el drenaje del muro es alto impidiendo que se sature el material.

Perfil 1 - Obras

Se presenta en la Ilustración 8-30 e Ilustración 8-31 los resultados de los análisis cumpliendo con los factores de seguridad requeridos.

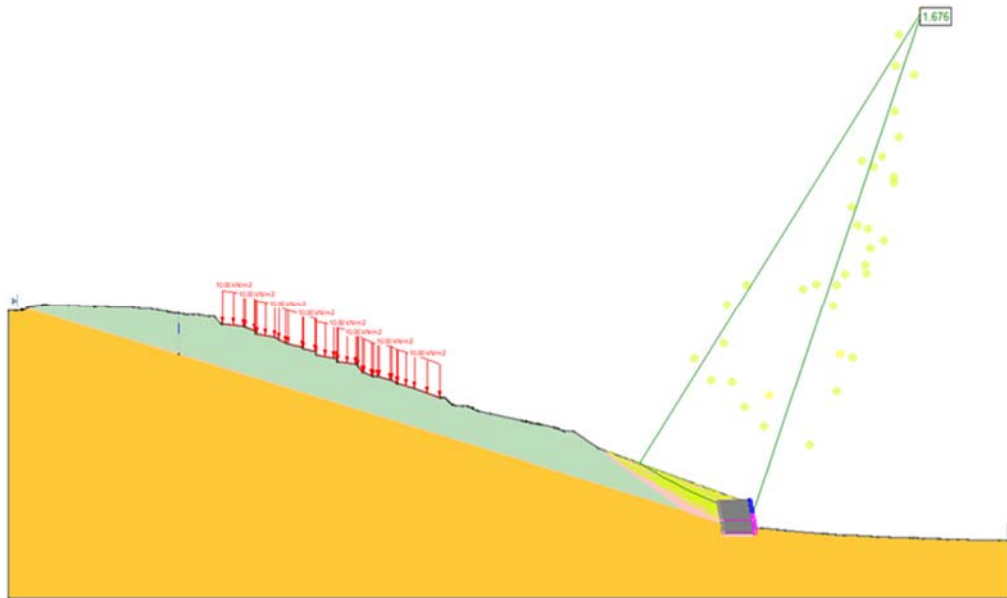


Ilustración 8-30 Estabilidad global del muro perfil I- Obras condición estática

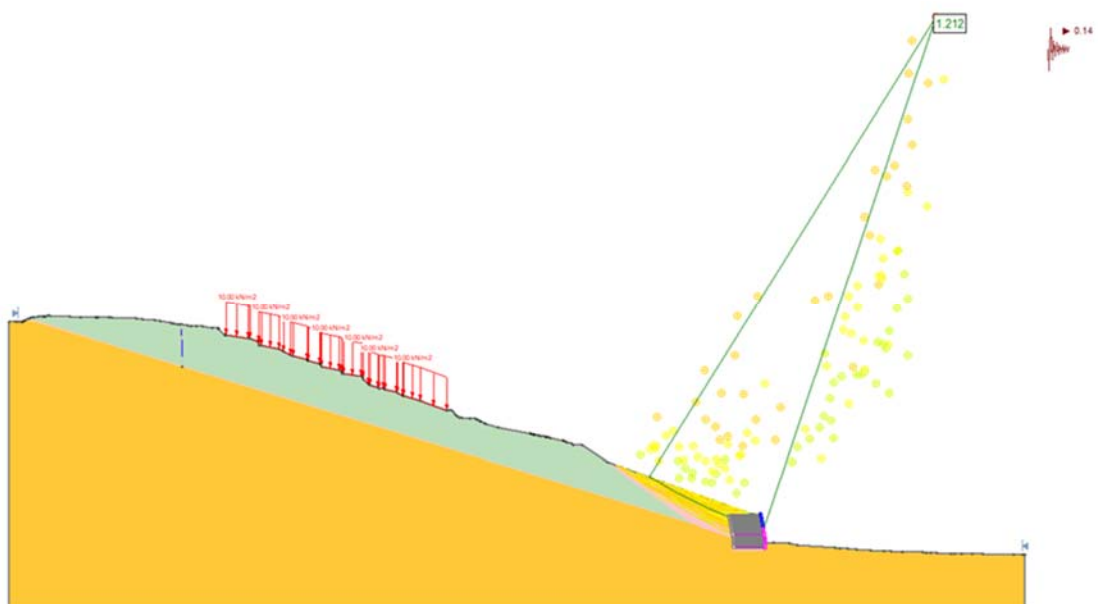


Ilustración 8-31 Estabilidad global del muro perfil I -Obras condición pseudoestática

Perfil 3 - Obras

Se presenta en la Ilustración 8-32 e Ilustración 8-33 los resultados cumpliendo con los factores de seguridad requeridos.

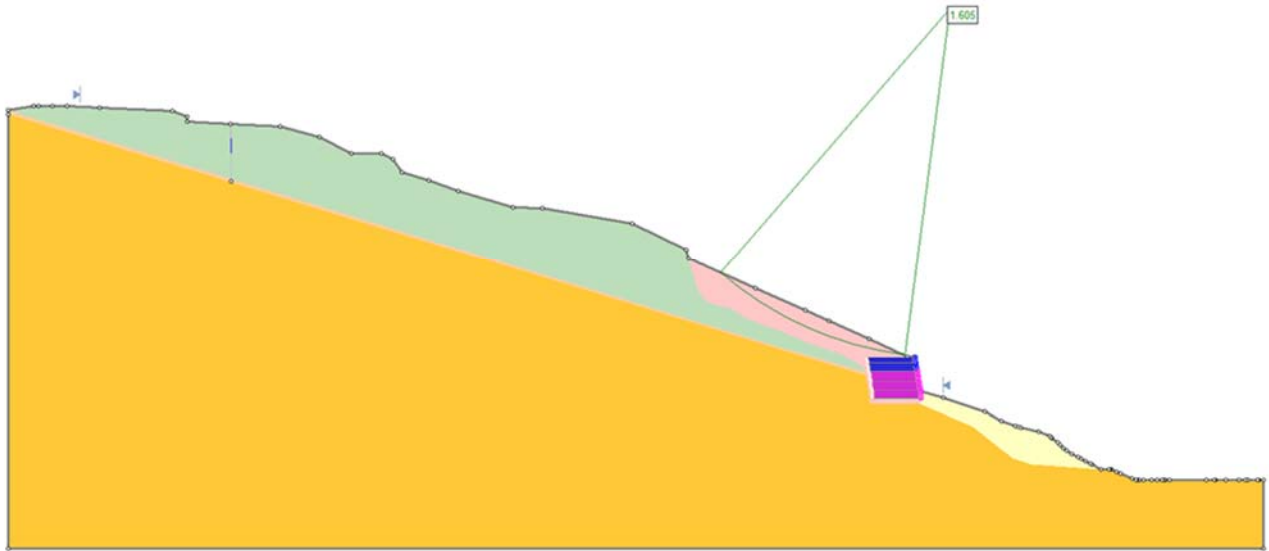


Ilustración 8-32 Estabilidad global del muro perfil 3 condición estática

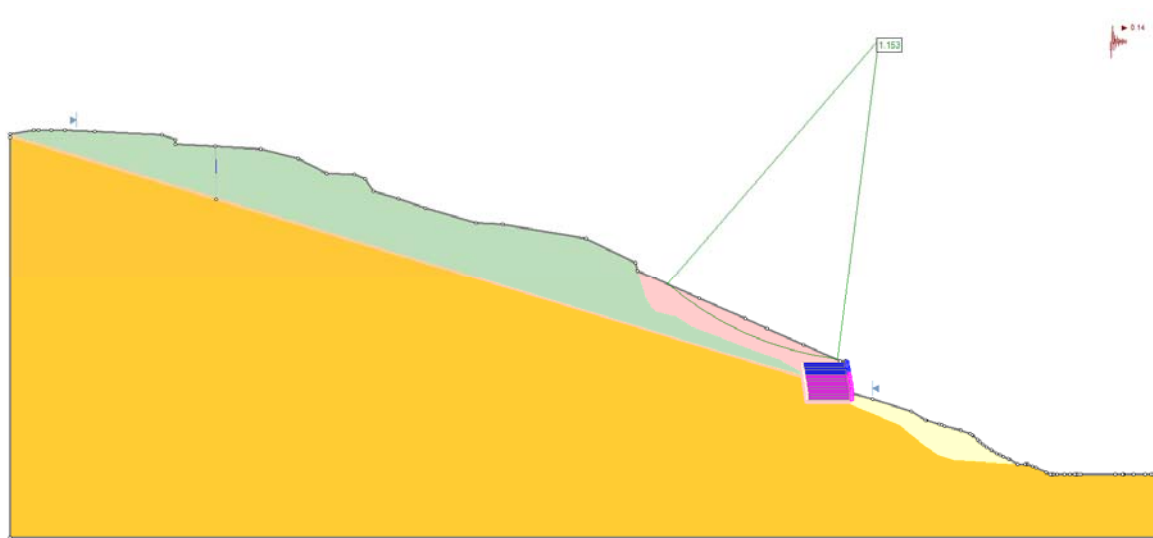


Ilustración 8-33 Estabilidad global del muro perfil 3 condición pseudoestática

Perfil 6 - Obras

Se presenta en la Ilustración 8-34 e Ilustración 8-35 los resultados cumpliendo con los factores de seguridad requeridos.

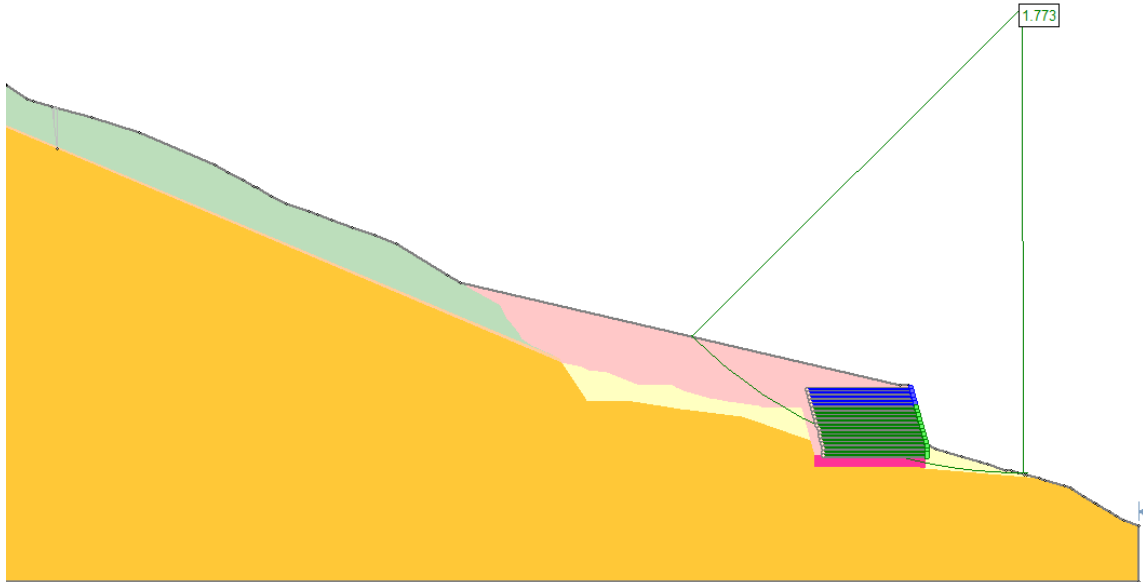


Ilustración 8-34 Estabilidad global del muro perfil 6 Obras condición estática

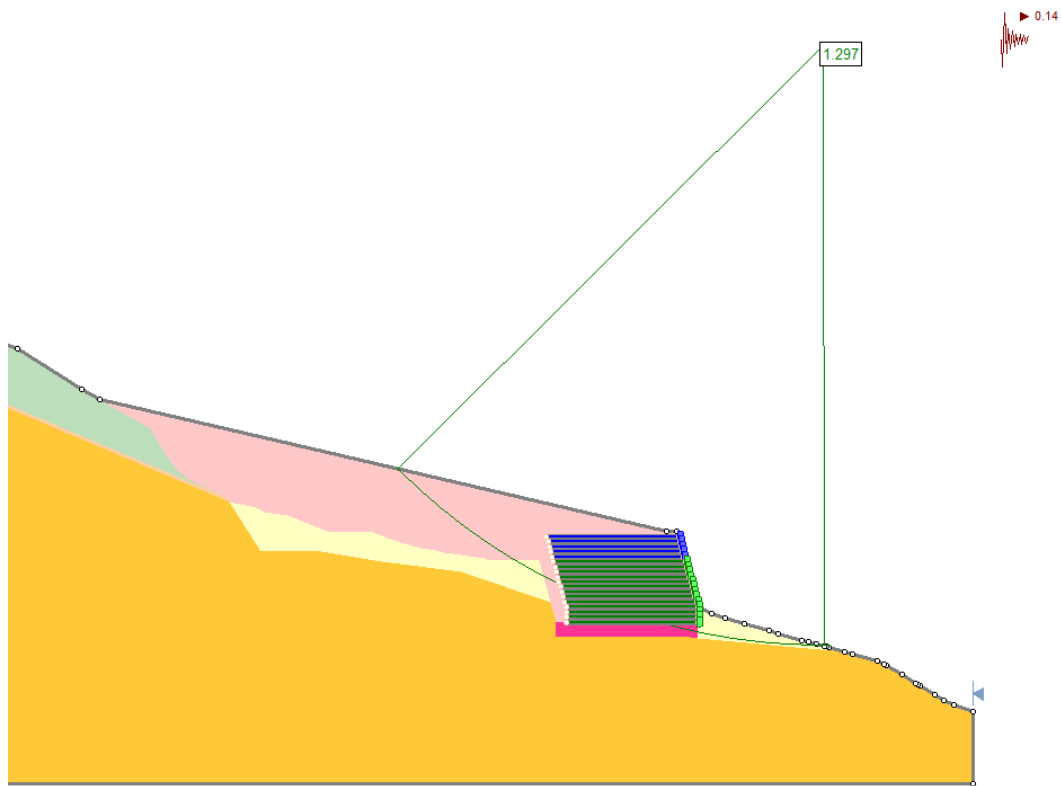


Ilustración 8-35 Estabilidad global del muro perfil 6 Obras condición pseudoestática

Perfil 8 - Obras

Se presenta en la Ilustración 8-36 e Ilustración 8-37 los resultados cumpliendo con los factores de seguridad requeridos.

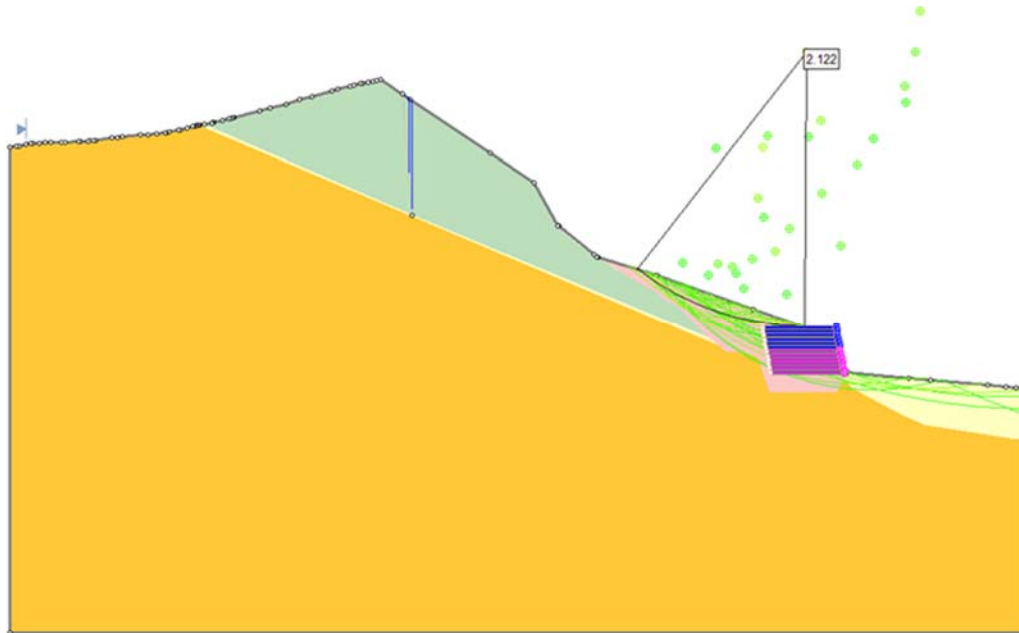


Ilustración 8-36 Estabilidad global del muro perfil 8 Obras condición estática

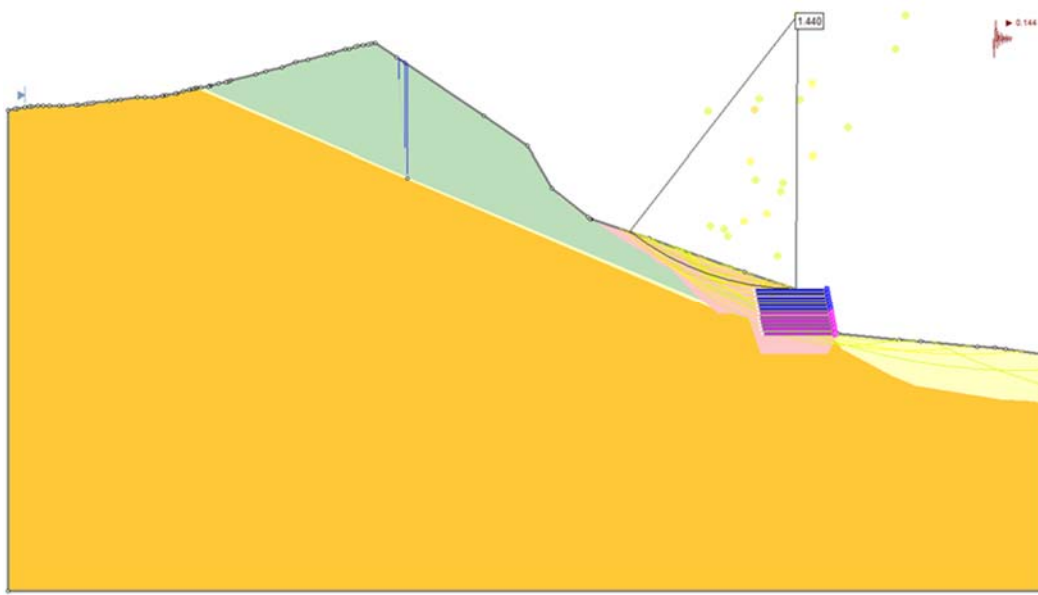


Ilustración 8-37 Estabilidad global del muro perfil 8 Obras condición pseudoestática

8.4.3 Alternativa II

La alternativa II corresponde a un sistema de anclajes activos que tiene la función de mejorar las propiedades de resistencia del macizo rocoso a partir de la trasmisión de una carga de tensión al estrato rocoso que no se encuentra en movimiento.

El pre dimensionamiento de los anclajes se realiza analizando las sección de análisis 6, 3 y 1 (ver plano 15 de secciones) en el software Soilworks módulo de rocas, implementando un arreglo de anclajes que garantice los factores de seguridad requeridos para una condición de amenaza baja, según la clasificación de amenaza utilizada.

En esta alternativa considera que los anclajes serán instalados sobre la malla y pernos existentes, en las zonas donde se halla movilizado material será necesario retirar la malla y el material desprendido instalar los anclajes y reinstalar la malla retirada con el fin de modificar la obra actual lo menos posible.

8.4.3.1 Propiedades de los anclajes

Se realizaron los análisis con anclajes de capacidad de diseño de 100 toneladas con resistencia al arrancamiento de 20 t/m, este valor se determinó según las recomendaciones en el libro de Clayton donde se presenta la resistencia ultima al arrancamiento según el material donde se fija el anclaje, para este caso en roca arenisca algo meteorizada.

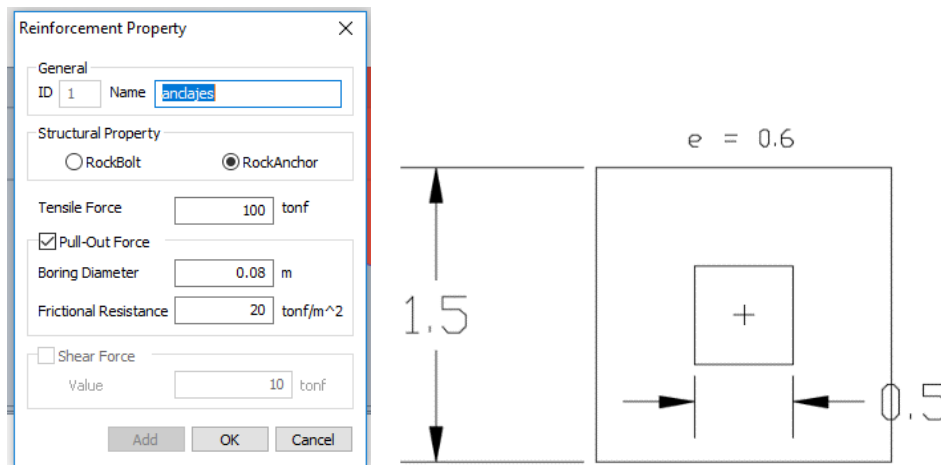


Ilustración 8-38 Cálculo dimensiones de los anclajes, cado y cabezal de soporte.

El predimensionamiento del cabezal se realizó con los valores de fuerza requerida a la tensión dando un ancho de cabezal de 1.5 x 1.5 con un espesor de 0.6 cm con cabezal interno de 0.5 x 0.5 cm, el diámetro del torón es de 8 cm para la carga de 100 t.

8.4.3.2 Análisis de estabilidad con la implementación de la obra

La distribución y longitud de los anclajes se definió realizando un análisis de sensibilidad alcanzando los valores de factor de seguridad requeridos y teniendo en cuenta la distribución en planta y espaciamiento necesario para la construcción del cabezal.

Los parámetros utilizados en la estratificación y en la diaclasa son iguales a los utilizados en los análisis de estabilidad para la clasificación de la amenaza.

Perfil 6 - Obras

Ubicado en la zona geotécnica 3, la cuña analizada tiene un volumen de 19500 m³ y la fuerza actuante en la intersección es de 16878 toneladas en condición a largo plazo, que deben ser estabilizadas con un arreglo de anclajes sobre la cara de la cuña.

Se requieren 96 anclajes separados cada 3.5 m en sentido horizontal y 2.3 m en sentido vertical con una longitud total de 30 metros y 10 metros de longitud libre, se considera una carga adicional en la cara del talud ocasionada por el peso de los cabezales de 5000 toneladas aproximadamente según la distribución planteada.

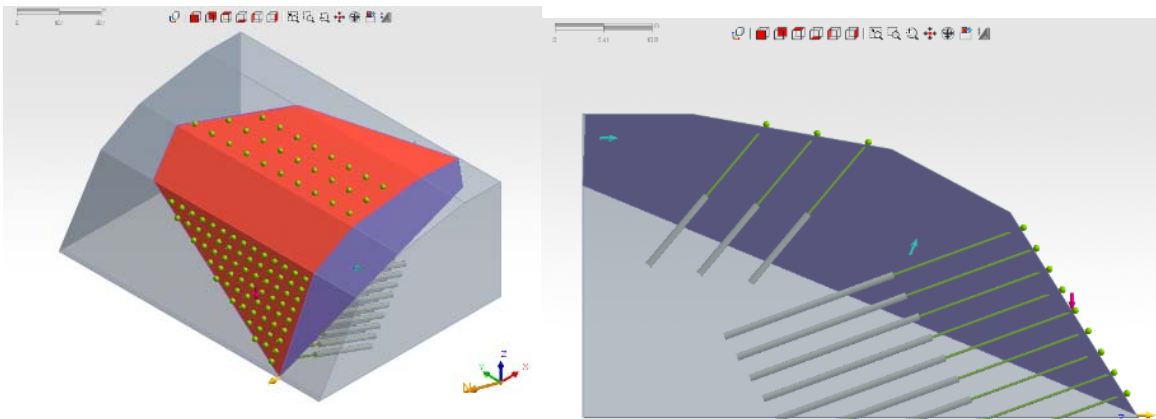


Ilustración 8-39 Modelo 3D con anclajes perfil 6

En condición estática se obtiene un factor de seguridad de 1.7 y un factor de 1.1 en condición pseudoestática.

```

00000
00001 ** SoilWorks[Rock] - Modeling, Integrated Design & Analysis Software **
00002 ** GENERAL STRUCTURE DESIGN SYSTEM FOR WINDOWS **
00003
00004
00005
00006
00007
00008
00009
00010
00011
00012
00013
00014
00015
00016
00017
00018
00019 * UNIT
00020 tonf - m
00021
00022 *Project Information
00023 +Project Title : MODELACION CON ANCLAJES(3)
00024
00025 * SoilWorks - Rock Module : Limit Equilibrium Analysis Result
00026
00027 Wedge Failure Analysis Result
00028
00029 File Name:
00030 \\Landgroup\2018 JAM\1. 2018_RED_NEGOCIOS\1907_PEÑON-CORTIJO_IDIGER\1. ARCH TRABAJO\GEOTECNIA\MODELO 3D\MODELACION CON ANCLAJES\PERFIL 6
00031
00032 Job Name:
00033 New Job
00034
00035 Analysis Results:
00036 Failure Mode = Sliding on Line of Intersection
00037 Failure Direction = Joint 1&2 (Sliding on Line of Intersection)
00038 Direction of Line of Intersection : Trend = 340.665 [deg], Plunge = 22.4876 [deg]
00039 Normal Force(Joint1) = 53211.4 tonf
00040 Normal Force(Joint2) = 14166.8 tonf
00041 Resisting Force = 22873.9 tonf
00042 Driving Force = 12932.2 tonf
00043 Safety Factor = 1.76876
00044
00045 Geometry:
00046 Slope Height = 33.4 m
00047 Number of Slope Berms = 3
00048 Slope Dipdirection = 340 [deg]
00049 Slope1 Angle = 58 [deg]
00050 Slope2 Angle = 58 [deg]
00051 Slope3 Angle = 28 [deg]
00052 Slope4 Angle = 10 [deg]
00053 Upper Face Angle = 0 [deg]
00054 Joint1 Dipdirection = 305 [deg]
00055 Joint1 Dip = 27 [deg]
00056 Joint2 Dipdirection = 254 [deg]
00057
00058
00059
00060
00061
00062
00063
00064
00065
00066
00067
00068
00069
00070
00071
00072
00073
00074
00075
00076
00077
00078
00079
00080
00081
00082
00083
00084
00085
00086
00087
00088
00089
00090
00091
00092
00093
00094
00095
00096
00097
00098
00099
00100
00101
00102
00103
00104
00105
00106
00107
00108
00109
00110
00111
00112
00113
00114
00115
00116
00117
00118
00119
00120
00121
00122
00123
00124
00125
00126
00127
00128
00129
00130
00131
00132
00133
00134
00135
00136
00137
00138
00139
00140
00141
00142
00143
00144
00145
00146
00147
00148
00149
00150
00151
00152
00153
00154
00155
00156
00157
00158
00159
00160
00161
00162
00163
00164
00165
00166
00167
00168
00169
00170
00171
00172
00173
00174
00175
00176
00177
00178
00179
00180
00181
00182
00183
00184
00185
00186
00187
00188
00189
00190
00191
00192
00193
00194
00195
00196
00197
00198
00199
00200
00201
00202
00203
00204
00205
00206
00207
00208
00209
00210
00211
00212
00213
00214
00215
00216
00217
00218
00219
00220
00221
00222
00223
00224
00225
00226
00227
00228
00229
00230
00231
00232
00233
00234
00235
00236
00237
00238
00239
00240
00241
00242
00243
00244
00245
00246
00247
00248
00249
00250
00251
00252
00253
00254
00255
00256
00257
00258
00259
00260
00261
00262
00263
00264
00265
00266
00267
00268
00269
00270
00271
00272
00273
00274
00275
00276
00277
00278
00279
00280
00281
00282
00283
00284
00285
00286
00287
00288
00289
00290
00291
00292
00293
00294
00295
00296
00297
00298
00299
00300
00301
00302
00303
00304
00305
00306
00307
00308
00309
00310
00311
00312
00313
00314
00315
00316
00317
00318
00319
00320
00321
00322
00323
00324
00325
00326
00327
00328
00329
00330
00331
00332
00333
00334
00335
00336
00337
00338
00339
00340
00341
00342
00343
00344
00345
00346
00347
00348
00349
00350
00351
00352
00353
00354
00355
00356
00357
00358
00359
00360
00361
00362
00363
00364
00365
00366
00367
00368
00369
00370
00371
00372
00373
00374
00375
00376
00377
00378
00379
00380
00381
00382
00383
00384
00385
00386
00387
00388
00389
00390
00391
00392
00393
00394
00395
00396
00397
00398
00399
00400
00401
00402
00403
00404
00405
00406
00407
00408
00409
00410
00411
00412
00413
00414
00415
00416
00417
00418
00419
00420
00421
00422
00423
00424
00425
00426
00427
00428
00429
00430
00431
00432
00433
00434
00435
00436
00437
00438
00439
00440
00441
00442
00443
00444
00445
00446
00447
00448
00449
00450
00451
00452
00453
00454
00455
00456
00457
00458
00459
00460
00461
00462
00463
00464
00465
00466
00467
00468
00469
00470
00471
00472
00473
00474
00475
00476
00477
00478
00479
00480
00481
00482
00483
00484
00485
00486
00487
00488
00489
00490
00491
00492
00493
00494
00495
00496
00497
00498
00499
00500
00501
00502
00503
00504
00505
00506
00507
00508
00509
00510
00511
00512
00513
00514
00515
00516
00517
00518
00519
00520
00521
00522
00523
00524
00525
00526
00527
00528
00529
00530
00531
00532
00533
00534
00535
00536
00537
00538
00539
00540
00541
00542
00543
00544
00545
00546
00547
00548
00549
00550
00551
00552
00553
00554
00555
00556
00557
00558
00559
00560
00561
00562
00563
00564
00565
00566
00567
00568
00569
00570
00571
00572
00573
00574
00575
00576
00577
00578
00579
00580
00581
00582
00583
00584
00585
00586
00587
00588
00589
00590
00591
00592
00593
00594
00595
00596
00597
00598
00599
00600
00601
00602
00603
00604
00605
00606
00607
00608
00609
00610
00611
00612
00613
00614
00615
00616
00617
00618
00619
00620
00621
00622
00623
00624
00625
00626
00627
00628
00629
00630
00631
00632
00633
00634
00635
00636
00637
00638
00639
00640
00641
00642
00643
00644
00645
00646
00647
00648
00649
00650
00651
00652
00653
00654
00655
00656
00657
00658
00659
00660
00661
00662
00663
00664
00665
00666
00667
00668
00669
00670
00671
00672
00673
00674
00675
00676
00677
00678
00679
00680
00681
00682
00683
00684
00685
00686
00687
00688
00689
00690
00691
00692
00693
00694
00695
00696
00697
00698
00699
00700
00701
00702
00703
00704
00705
00706
00707
00708
00709
00710
00711
00712
00713
00714
00715
00716
00717
00718
00719
00720
00721
00722
00723
00724
00725
00726
00727
00728
00729
00730
00731
00732
00733
00734
00735
00736
00737
00738
00739
00740
00741
00742
00743
00744
00745
00746
00747
00748
00749
00750
00751
00752
00753
00754
00755
00756
00757
00758
00759
00760
00761
00762
00763
00764
00765
00766
00767
00768
00769
00770
00771
00772
00773
00774
00775
00776
00777
00778
00779
00780
00781
00782
00783
00784
00785
00786
00787
00788
00789
00790
00791
00792
00793
00794
00795
00796
00797
00798
00799
00800
00801
00802
00803
00804
00805
00806
00807
00808
00809
00810
00811
00812
00813
00814
00815
00816
00817
00818
00819
00820
00821
00822
00823
00824
00825
00826
00827
00828
00829
00830
00831
00832
00833
00834
00835
00836
00837
00838
00839
00840
00841
00842
00843
00844
00845
00846
00847
00848
00849
00850
00851
00852
00853
00854
00855
00856
00857
00858
00859
00860
00861
00862
00863
00864
00865
00866
00867
00868
00869
00870
00871
00872
00873
00874
00875
00876
00877
00878
00879
00880
00881
00882
00883
00884
00885
00886
00887
00888
00889
00890
00891
00892
00893
00894
00895
00896
00897
00898
00899
00900
00901
00902
00903
00904
00905
00906
00907
00908
00909
00910
00911
00912
00913
00914
00915
00916
00917
00918
00919
00920
00921
00922
00923
00924
00925
00926
00927
00928
00929
00930
00931
00932
00933
00934
00935
00936
00937
00938
00939
00940
00941
00942
00943
00944
00945
00946
00947
00948
00949
00950
00951
00952
00953
00954
00955
00956
00957
00958
00959
00960
00961
00962
00963
00964
00965
00966
00967
00968
00969
00970
00971
00972
00973
00974
00975
00976
00977
00978
00979
00980
00981
00982
00983
00984
00985
00986
00987
00988
00989
00990
00991
00992
00993
00994
00995
00996
00997
00998
00999
01000
01001
01002
01003
01004
01005
01006
01007
01008
01009
01010
01011
01012
01013
01014
01015
01016
01017
01018
01019
01020
01021
01022
01023
01024
01025
01026
01027
01028
01029
01030
01031
01032
01033
01034
01035
01036
01037
01038
01039
01040
01041
01042
01043
01044
01045
01046
01047
01048
01049
01050
01051
01052
01053
01054
01055
01056
01057
01058
01059
01060
01061
01062
01063
01064
01065
01066
01067
01068
01069
01070
01071
01072
01073
01074
01075
01076
01077
01078
01079
01080
01081
01082
01083
01084
01085
01086
01087
01088
01089
01090
01091
01092
01093
01094
01095
01096
01097
01098
01099
01100
01101
01102
01103
01104
01105
01106
01107
01108
01109
01110
01111
01112
01113
01114
01115
01116
01117
01118
01119
01120
01121
01122
01123
01124
01125
01126
01127
01128
01129
01130
01131
01132
01133
01134
01135
01136
01137
01138
01139
01140
01141
01142
01143
01144
01145
01146
01147
01148
01149
01150
01151
01152
01153
01154
01155
01156
01157
01158
01159
01160
01161
01162
01163
01164
01165
01166
01167
01168
01169
01170
01171
01172
01173
01174
01175
01176
01177
01178
01179
01180
01181
01182
01183
01184
01185
01186
01187
01188
01189
01190
01191
01192
01193
01194
01195
01196
01197
01198
01199
01200
01201
01202
01203
01204
01205
01206
01207
01208
01209
01210
01211
01212
01213
01214
01215
01216
01217
01218
01219
01220
01221
01222
01223
01224
01225
01226
01227
01228
01229
01230
01231
01232
01233
01234
01235
01236
01237
01238
01239
01240
01241
01242
01243
01244
01245
01246
01247
01248
01249
01250
01251
01252
01253
01254
01255
01256
01257
01258
01259
01260
01261
01262
01263
01264
01265
01266
01267
01268
01269
01270
01271
01272
01273
01274
01275
01276
01277
01278
01279
01280
01281
01282
01283
01284
01285
01286
01287
01288
01289
01290
01291
01292
01293
01294
01295
01296
01297
01298
01299
01300
01301
01302
01303
01304
01305
01306
01307
01308
01309
01310
01311
01312
01313
01314
01315
01316
01317
01318
01319
01320
01321
01322
01323
01324
01325
01326
01327
01328
01329
01330
01331
01332
01333
01334
01335
01336
01337
01338
01339
01340
01341
01342
01343
01344
01345
01346
01347
01348
01349
01350
01351
01352
01353
01354
01355
01356
01357
01358
01359
01360
01361
01362
01363
01364
01365
01366
01367
01368
01369
01370
01371
01372
01373
01374
01375
01376
01377
01378
01379
01380
01381
01382
01383
01384
01385
01386
01387
01388
01389
01390
01391
01392
01393
01394
01395
01396
01397
01398
01399
01400
01401
01402
01403
01404
01405
01406
01407
01408
01409
01410
01411
01412
01413
01414
01415
01416
01417
01418
01419
01420
01421
01422
01423
01424
01425
01426
01427
01428
01429
01430
01431
01432
01433
01434
01435
01436
01437
01438
01439
01440
01441
01442
01443
01444
01445
01446
01447
01448
01449
01450
01451
01452
01453
01454
01455
01456
01457
01458
01459
01460
01461
01462
01463
01464
01465
01466
01467
01468
01469
01470
01471
01472
01473
01474
01475
01476
01477
01478
01479
01480
01481
01482
01483
01484
01485
01486
01487
01488
01489
01490
01491
01492
01493
01494
01495
01496
01497
01498
01499
01500
01501
01502
01503
01504
01505
01506
01507
01508
01509
01510
01511
01512
01513
01514
01515
01516
01517
01518
01519
01520
01521
01522
01523
01524
01525
01526
01527
01528
01529
01530
01531
01532
01533
01534
01535
01536
01537
01538
01539
01540
01541
01542
01543
01544
01545
01546
01547
01548
01549
01550
01551
01552
01553
01554
01555
01556
01557
01558
01559
01560
01561
01562
01563
01564
01565
01566
01567
01568
01569
01570
01571
01572
01573
01574
01575
01576
01577
01578
01579
01580
01581
01582
01583
01584
01585
01586
01587
01588
01589
01590
01591
01592
01593
01594
01595
01596
01597
01598
01599
01600
01601
01602
01603
01604
01605
01606
01607
01608
01609
01610
01611
01612
01613
01614
01615
01616
01617
01618
01619
01620
01621
01622
01623
01624
01625
01626
01627
01628
01629
01630
01631
01632
01633
01634
01635
01636
01637
01638
01639
01640
01641
01642
01643
01644
01645
01646
01647
01648
01649
01650
01651
01652
01653
01654
01655
01656
01657
01658
01659
01660
01661
01662
01663
01664
01665
01666
01667
01668
01669
01670
01671
01672
01673
01674
01675
01676
01677
01678
01679
01680
01681
01682
01683
01684
01685
01686
01687
01688
01689
01690
01691
01692
01693
01694
01695
01696
01697
01698
01699
01700
01701
01702
01703
01704
01705
01706
01707
01708
01709
01710
01711
01712
01713
01714
01715
01716
01717
01718
01719
01720
01721
01722
01723
01724
01725
01726
01727
01728
01729
01730
01731
01732
01733
01734
01735
01736
01737
01738
01739
01740
01741
01742
01743
01744
01745
01746
01747
01748
01749
01750
01751
01752
01753
01754
01755
01756
01757
01758
01759
01760
01761
01762
01763
01764
01765
01766
01767
01768
01769
01770
01771
01772
01773
01774
01775
01776
01777
01778
01779
01780
01781
01782
01783
01784
01785
01786
01787
01788
01789
01790
01791
01792
01793
01794
01795
01796
01797
01798
01799
01800
01801
01802
01803
01804
01805
01806
01807
01808
01809
01810
01811
01812
01813
01814
01815
01816
01817
01818
01819
01820
01821
01822
01823
01824
01825
01826
01827
01828
01829
01830
01831
01832
01833
01834
01835
01836
01837
01838
01839
01840
01841
01842
01843
01844
01845
01846
01847
01848
01849
01850
01851
01852
01853
01854
01855
01856
01857
01858
01859
01860
01861
01862
01863
01864
01865
01866
01867
01868
01869
01870
01871
01872
01873
01874
01875
01876
01877
01878
01879
01880
01881
01882
01883
01884
01885
01886
01887
01888
01889
01890
01891
01892
01893
01894
01895
01896
01897
01898
01899
01900
01901
01902
01903
01904
01905
01906
01907
01908
01909
01910
01911
01912
01913
01914
01915
01916
01917
01918
01919
01920
01921
01922
01923
01924
01925
01926
01927
01928
01929
01930
01931
01932
01933
01934
01935
01936
01937
01938
01939
01940
01941
01942
01943
01944
01945
01946
01947
01948
01949
01950
01951
01952
019
```

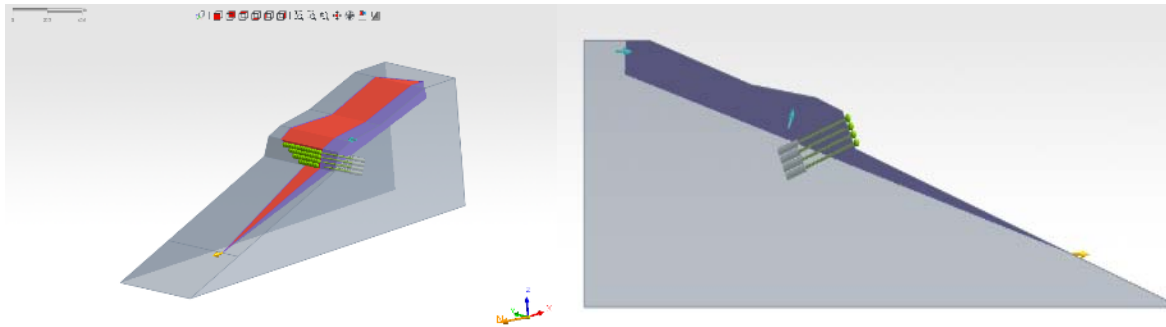



Ilustración 8-41 Modelo 3D con anclajes perfil 3

```

File Edit View Window Help
[Icons]
30000 *****
30001 **          SoilWorks[Rock] - Modeling, Integrated Design & Analysis Software          **
30002 **          GENERAL STRUCTURE DESIGN SYSTEM FOR WINDOWS                          **
30003 *****
30004
30005          XXX  XXX  XX  XXXXXXXX  XXXXXXXX  XXXXXXXX
30006          XXXX XXXX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX
30007          XX XXX XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX
30008          XX X  XX  XX  XX  XX  XXXXXXXX  XXXXXXXX
30009          XXX  XX  XXX  XXX  XX  XX  XX  XX  XXX
30010          XXX  XX  XXX  XXX  XX  XXX  XX  XX  XXX
30011          XXX  XX  XXX  XXX  XX  XXX  XX  XX  XXX
30012          XXX  XX  XXX  XXXXXXXX  XXX  XX  XXXXXXXX  /SoilWorks
30013
30014          COPYRIGHT (C) Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd.
30015          ALL RIGHTS RESERVED MIDAS IT Co., Ltd.
30016
30017 *****
30018
30019 * UNIT
30020 tonf - m
30021
30022 *Project Information
30023 +Project Title : SC28(5)
30024
30025 * SoilWorks - Rock Module : Limit Equilibrium Analysis Result
30026
30027 Wedge Failure Analysis Result
30028
30029 File Name:
30030 \\JAMINGENIERIAS\Users\Public\IDU_1448\0. ARCH SITIOS\28.1_SUM_SJ ERO\0_28_GEOT\0_28_GET_DISEÑO\SC28\PERFIL3 OBR
30031
30032 Job Name:
30033 New Job
30034
30035 Analysis Results:
30036 Failure Mode = Sliding on Line of Intersection
30037 Failure Direction = Joint 1&2 (Sliding on Line of Intersection)
30038 Direction of Line of Intersection : Trend = 341.442 [deg], Plunge = 17.6194 [deg]
30039 Normal Force(Joint1) = 44229.5 tonf
30040 Normal Force(Joint2) = 16268.4 tonf
30041 Resisting Force = 21435.4 tonf
30042 Driving Force = 11681.9 tonf
30043 Safety Factor = 1.83493
30044
30045
Ready

```

Ilustración 8-42 Resultados modelo MIDAS condición pseudoestatica

Perfil 1 - Obras

Ubicado en la zona geotécnica 5, la cuña analizada tiene un volumen de 21600 m³ y la fuerza actuante en la intersección es de 18500 toneladas en condición a largo plazo, que deben ser estabilizadas con un arreglo de anclajes sobre la cara de la cuña.

Se requieren 72 anclajes separados cada 3.4 m en sentido horizontal y 3 m en sentido vertical con una longitud total de 30 metros y 10 metros de longitud libre. En condición estática se obtiene un factor de seguridad de 2.0 y un factor de 1.35 en condición pseudoestática.

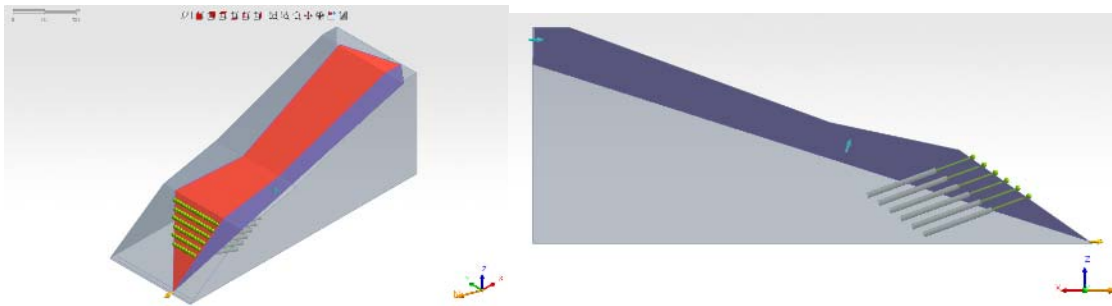


Ilustración 8-43 Modelo 3D con anclajes perfil I

```

00000
00001  SoilWorks[Rock] - Modeling, Integrated Design & Analysis Software
00002  **
00003  ** GENERAL STRUCTURE DESIGN SYSTEM FOR WINDOWS
00004  **
00005  XXXX XXXX XX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX
00006  XXXXX XXXXX XX XX XX XX XX XX XX
00007  XX XXXX XX XX XX XX XX XX XX
00008  XX X XX XX XX XX XXXXXXXX XXXXXXXX
00009  XXXX XX XXXX XXXX XX XX XX XXX
00010  XXXX XX XXXX XXXX XX XXXX XX XX XXX
00011  XXXX XX XXXX XXXX XX XXXX XX XX XXX
00012  XXXX XX XXXX XXXXXXXX XXXX XX XXXXXXXX /SoilWorks
00013
00014  COPYRIGHT (C) Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd.
00015  ALL RIGHTS RESERVED MIDAS IT Co., Ltd.
00016
00017  *****
00018
00019  * UNIT
00020  tonf - #
00021
00022  *Project Information
00023  +Project Title : SC28(4)
00024
00025  * SoilWorks - Rock Module : Limit Equilibrium Analysis Result
00026
00027  Wedge Failure Analysis Result
00028
00029  File Name:
00030  \\JAMINGENIERIAS\Users\Public\IDU_1448\0_ARCH SITIOS\28.1_SUM_SJ ERO\0_28_GEOT\0_28_GET_DISEÑO\SC28\PERFILLOBRAS anclajes_vii.srb
00031
00032  Job Name:
00033  New Job
00034
00035  Analysis Results:
00036  Failure Mode = Sliding on Line of Intersection
00037  Failure Direction = Joint 142 (Sliding on Line of Intersection)
00038  Direction of Line of Intersection : Trend = 0 [deg], Plunge = 0 [deg]
00039  Normal Force(Joint1) = 52989.3 tonf
00040  Normal Force(Joint2) = 18992 tonf
00041  Resisting Force = 25417.9 tonf
00042  Driving Force = 13895.8 tonf
00043  Safety Factor = 1.82919
00044
00045
Ready

```

Ilustración 8-44 Resultados modelo MIDAS condición pseudoestática

Para el cálculo del presupuesto se utilizó la distribución de los anclajes establecida en cada sección de análisis correspondiente a la ladera analizada.

8.4.4 Resumen de resultados

En la Tabla 8-4 se presenta el resumen de resultados de factores de seguridad de las dos alternativas evaluadas.

Tabla 8-4 Resumen resultados alternativas

PERFILES- OBRAS	ALT.1 CONTRAFUERTE	ALT.1 CONTRAFUERTE	ALT. 2. ANCLAJES	ALT. 2. ANCLAJES
	NORMAL	EXTREMA	NORMAL	EXTREMA
1	1.6	1.1	1.8	1.1
3	1.6	1.1	1.8	1.1
6	1.7	1.14	1.7	1.1
8	1.8	1.2	-	-

8.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En el presente capítulo se hace un análisis comparativo de las posibles alternativas de mitigación del riesgo que se pueden llegar a implementar para el control del proceso de remoción en masa del barrio El Peñón del Cortijo Sector III, en la localidad de Ciudad Bolívar.

Se plantearon tres (3) alternativas descritas en los numerales 8.1, 8.2 y 8.3, las consideraciones generales para realizar la evaluación de alternativas involucran el componente técnico, económico y ambiental. Como producto final de la evaluación se obtiene una matriz de comparación donde se seleccionará la alternativa más favorable desde los tres (3) criterios de evaluación.

8.5.1 Consideraciones técnicas

Las consideraciones técnicas para tener en cuenta dentro de la evaluación del componente técnico de alternativas son principalmente:

- Facilidad en la construcción de la obra.
- Aprovechamiento de materiales de construcción de la zona de estudio.
- Cumplimiento de factores de seguridad.

8.5.1.1 Alternativa I

La alternativa I corresponde al contrafuerte en tierra armada o suelo reforzado con el cual se busca recuperar la forma o geometría del talud antes de las actividades mineras y confina frontalmente la masa que se está movilizando.

Con su construcción se garantizan los factores de seguridad para llevar las zonas a una condición de amenaza baja, las cuales se encuentran actualmente en condición de amenaza alta y media reduciendo la condición de riesgo por movimientos en masa.

Desde el punto de vista de aprovechamiento de materiales es favorable ya que reutiliza el material del corte producto del perfilado que se puede usar para la conformación del lleno detrás de los muros de tierra armada disminuyendo el traslado y disposición del material de corte.

La facilidad de construcción de la obra es alta ya que no requiere de maquinaria especializada ni personal especializado además de que el trabajo en altura es mínimo. Por otro lado, la construcción del muro implica cambios mínimos en las obras actuales de contención, respecto a la malla eslabonada de alta resistencia se plantea una pequeña zona de retiro de la malla por el perfilado manteniendo en su gran mayoría la malla anclada en el talud. Respecto al muro en gaviones se estableció el desarmado para la reutilización del material en la zona de mejoramiento.

8.5.1.2 Alternativa II

La alternativa II corresponde a anclajes activos los cuales buscan anclar la masa que se moviliza al banco de arenisca que se localiza en la base de tal forma que se sujete el material movilizado a una base fija, con base al predimensionamiento realizado se garantizan los factores de seguridad llevando las zonas que se encuentran en amenaza alta y media a una condición de amenaza baja.

La facilidad de la construcción de la obra es baja ya que requiere de maquinaria especializada para la perforación e instalación de los anclajes, se requiere personal especializado con manejo en trabajo en alturas y los rendimientos de construcción están directamente ligados al gato de tensionamiento teniendo mayor incertidumbre los tiempos de construcción.

Por otro lado, la construcción de los anclajes implica cambios en la malla eslabonada, se debe retirar la malla en la zona donde se han presentado movimientos superficiales de tierra, retirar el material movido y reinstalar la malla. Respecto al muro en gaviones no se interviene con esta alternativa.

8.5.1.3 Alternativa III

La alternativa III está enfocada en anular la vulnerabilidad de la zona retirando los elementos que se emplazan en la zona de amenaza alta y media, en esta alternativa se contempla la adquisición y demolición de 65 predios que se encuentran en la zona de amenaza media adicionales a los ya adquiridos en la actualidad.

A pesar de que esta alternativa no garantiza la estabilidad del proceso de remoción en masa activo lo que implica que no se disminuye la condición de amenaza, se plantea porque el movimiento es lento con una tasa menor a 1 m por año y en la parte inferior de la ladera se encuentra una zona libre, sin construcciones o infraestructura colindantes, por tanto se puede permitir el movimiento sin llegar a presentar afectaciones en la parte baja del talud.

Esta intervención debe complementarse con el perfilado de las laderas, sellamiento de grietas como en las alternativas 1 y 2.

8.5.2 Consideraciones ambientales

La viabilidad ambiental es una de las condiciones que debe tenerse en cuenta a la hora de decidirse por la ejecución de un proyecto de una manera u otra. Un proyecto puede ser viable técnicamente, pero si la ejecución de sus actividades produce impactos significativos o severos sobre un medio con condiciones ecológicas importantes, es probable que no pueda realizarse debido a los costos que produciría la compensación ambiental o a que el valor ecológico del medio afectado es incompensable.

Por lo tanto, es necesario incluir en el análisis de alternativas la viabilidad ambiental para la intervención ocasionada por la obra de mitigación, con el fin de verificar cuál de las alternativas propuestas afecta en una menor medida todos los componentes ambientales que presenta la zona de estudio, o cuál de estas, mejora las condiciones actuales del territorio ya sea cambiando parte de los componentes o mejorando las condiciones para que se dé una mayor calidad ecológica. En resumen, se deben tener en cuenta tanto los impactos positivos como los negativos que son producidos por las actividades específicas de cada alternativa.

Este análisis ambiental, junto al económico y técnico, son los dictámenes que determinarán la mejor alternativa a desarrollar para la reducción del riesgo en el barrio El Peñón del Cortijo sector III.

A continuación, se presentan las alternativas propuestas para tal fin y su análisis

8.5.2.1 Alternativa I

En esta alternativa se plantea la construcción de muros en suelo reforzado que realizarán una contra fuerza en la dirección opuesta a la que se está presentando los deslizamientos del talud para así detener los movimientos que se presentan y mitigar el riesgo. El área de intervención de esta alternativa está dada por las dimensiones de los muros donde finalmente se ejecutarán todas las actividades que esta conlleva. Para la ejecución de esta alternativa es necesaria la intervención de la cobertura vegetal de la zona, esto implica la tala de árboles y la remoción de vegetación secundaria como arbustos y pastos. Este es un impacto negativo que hay que tener en cuenta, aunque es de resaltar que la importancia ecológica de la zona que se interviene no es alta, ya que no se presenta conectividad con ningún ecosistema, no se evidenció la presencia de fauna o flora endémica, y la mayoría de la cobertura vegetal presente en el área son arbustos y pastos.

El movimiento de tierras producto de las excavaciones, rellenos y perfilados puede generar un alza en la concentración de material particulado que puede afectar a la población aledaña a la zona de estudio. Por lo tanto, se deberían generar programas para el adecuado manejo y almacenamiento de estos materiales con el fin de minimizar la generación de este material particulado.

Como se aclara anteriormente, esta alternativa puede generar algunos impactos ambientales negativos a tener en cuenta, sin embargo, la mayoría de estos impactos son temporales y de menor magnitud que los que se presentan en la alternativa de anclajes, adicionalmente, los impactos positivos producidos por la culminación de las obras rehabilitarían la oferta ambiental del área, ya que en este se plantea el tratamiento de cobertura vegetal que mejoraría las condiciones de estabilidad, manejo de aguas y las propiedades fisicoquímicas del suelo, como la recuperación morfométrica y ambiental.

Otra de las ventajas de esta alternativa es la reutilización de todo el material de excavación y perfilado en la conformación de los muros. Esto evitaría la gestión de este tipo de residuos que pueden generar impactos asociados al transporte de material y a la disposición final de los mismos.

En conclusión, a pesar de que la implementación de esta alternativa genera algunos impactos negativos en la etapa de construcción, la oferta ambiental se ve rehabilitada una vez culminadas las actividades y lo más importante, se mitiga el riesgo presente en la zona.

8.5.2.2 Alternativa II

Esta alternativa contempla la construcción de anclajes en acero con cabezales en concreto que atraviesan perpendicularmente el área del talud donde se presentan actualmente los deslizamientos, brindando resistencia al terreno mitigando el riesgo. El área de intervención se encuentra dada por el área del talud donde finalmente se instalarán los anclajes, para la ejecución de esta alternativa son necesarias varias actividades que conllevan a la utilización de materiales y maquinaria que producen impactos ambientales en la zona. Al igual que en la alternativa anterior, es necesario realizar la remoción de la cobertura vegetal de la zona, es decir, se debe realizar la tala y retiro de la vegetación secundaria.

En general las actividades de perforación, instalación de anclajes e inyección de cemento requieren del uso de maquinaria que genera un alza considerable en los niveles de ruido y aumenta las probabilidades de derrames de hidrocarburos u otro tipo de sustancias que pueden contaminar el suelo.

Las perforaciones y el manejo de concreto generan Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que necesitan de una gestión ambiental especial para minimizar los impactos que estos producen, y debido a que esta alternativa no permite la reutilización de estos materiales, es necesario realizar la disposición final adecuada de los mismos en alguno de los sitios autorizados a nivel distrital, aumentando así la carga en estos sitios y aumentando la contaminación del suelo.

La ejecución de esta alternativa tiene un impacto considerable en el componente atmosférico por el aumento en los decibeles de ruido y en el suelo por los residuos tanto líquidos como sólidos que se producen y por la remoción de la cobertura vegetal.

Esta alternativa a corto plazo genera impactos negativos que son transitorios y de menor magnitud que los presentados a largo plazo por la alternativa III. Sin embargo, al finalizar las obras se estaría mitigando el riesgo por deslizamiento que se presenta en la zona de estudio, pero la oferta ambiental no se ve del todo recuperada por lo que no se plantea un tratamiento de la cobertura vegetal. De hecho, la instalación de estos anclajes limitaría la rehabilitación ecológica de la zona ya que estarían presentes en la mayor parte del talud, quitando las condiciones naturales que se presentan actualmente y permite la rehabilitación de estas.

8.5.2.3 Alternativa III

Esta alternativa permite el progreso natural del fenómeno de remoción producido por la inestabilidad del terreno generando la necesidad de evacuar, reasentar y demoler una cantidad considerable de predios. En esta actividad se generarían gran cantidad de Residuos de demolición los cuales necesitan de un especial manejo y generan carga sobre los sitios de disposición final de RCD. El perfilado es otra de las actividades que podría generar una afectación por la generación de residuos y el deterioro del suelo. Esta

alternativa no necesita de la intervención de la cobertura vegetal, que en primera instancia puede ser un aspecto positivo. Sin embargo, la oferta ambiental tiende a decaer en estas zonas que presentan este tipo de riesgo, como lo muestra la Ilustración 8-45, debido a que conjunto al proceso de remoción se generan procesos de erosión, deterioro de vegetación y ruptura en la conectividad de especies. Algunos de estos procesos ya se están manifestando actualmente como se evidencia en la Ilustración 8-46.

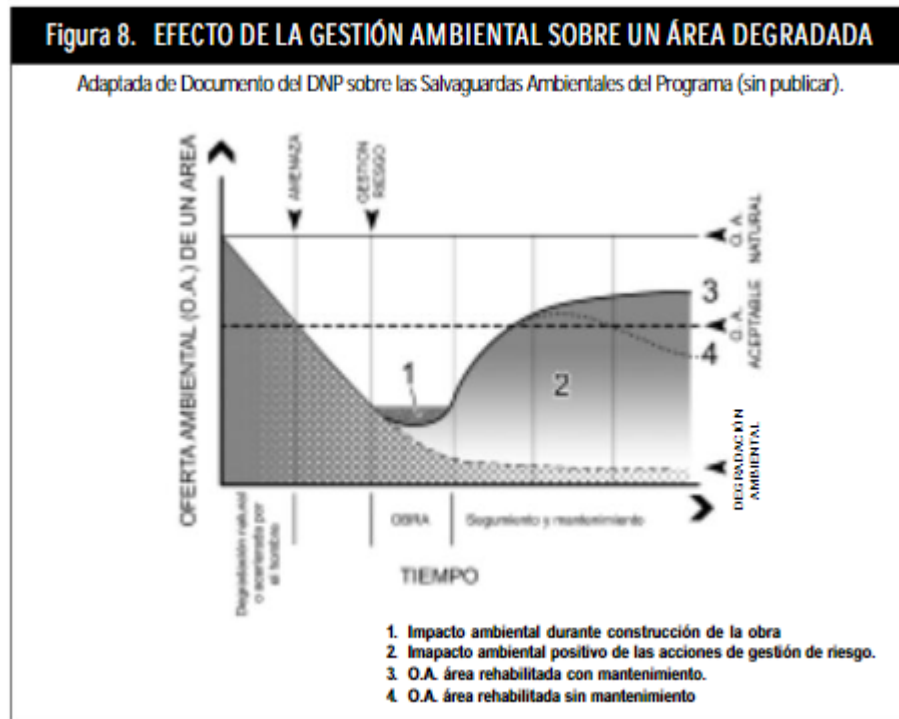


Ilustración 8-45 Efecto de la gestión ambiental sobre un área degradada



Ilustración 8-46 Deterioro de las coberturas biológicas producto del movimiento, desplazamiento de las especies vegetales.

Esta alternativa a corto plazo no genera una gran afectación al ambiente ya que mantiene las condiciones actuales, sin embargo, a largo plazo terminará por deteriorar las características ecológicas limitadas de la zona de estudio.

8.5.3 Consideraciones económicas

En la evaluación económica se tienen en cuenta los costos aproximados que las alternativas puedan generar en la construcción de las obras estructurales propuestas. Dentro de estos costos se incluyen los materiales requeridos, la mano de obra y el tiempo de ejecución.

8.5.3.1 Alternativa I

El costo total de la alternativa es de \$ 8.764.880.469 el componente con mayor peso en el presupuesto es el ítem 3.2 Conformación del muro en tierra armada, con un valor cercano a los \$ 3.400.000.000.

8.5.3.2 Alternativa II

El costo total de la alternativa es de \$ 22.510.183.608, el componente con mayor peso en el presupuesto es la instalación de anclajes activos, se calculó un valor de 48.545 metros de anclajes en toda el área de la ladera intervenida.

8.5.3.3 Alternativa III

El costo total de la alternativa es de \$ 30.204.072.355, el presupuesto se realizó con valores estimados de acuerdo con el Contrato reciente del IDIGER por un valor de \$1.400.000.000 cuyo objeto es "La adecuación predial de 46 predios en el barrio Peñón del Cortijo III sector. Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C." y con valores suministrados por la comunidad respecto a lo pagado por la adquisición predial. Los costos de demolición de edificaciones y adecuación del terreno están cercanos a los \$ 6.400.000.000, mientras que para la adquisición predial son de \$ 23.600.000.000. son en total de 209 predios.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.		PRESUPUESTO DE OBRA - (V.6.0)		CÓDIGO:		CÓDIGO DOCUMENTAL:	
ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C.							
Contrato 231 de 2018							
JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S							
ÍTEM	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
	IDU-2013	INVIAS 2013	PARTICULAR				
I - ACTIVIDADES PRELIMINARES							
1.01		600-13		Desapote a máquina en material común e=0,10m. No incluye retiro	m2	100,00	\$ 952,00 \$ 95.200,00
1.02			E.T.P. 1	Sellamiento de grietas con material seleccionado de sitio (material arcilloso)	m	232,90	\$ 24.416,00 \$ 5.686.486,40
1.03		201-13		Desmante malla eslabonada, para retiro de derrumbes y/o perfilado del terreno	m2	2.020,00	\$ 12.158,00 \$ 24.539.160,00
1.04		201-13		Desarme de gaviones	m3	285,00	\$ 41.862,00 \$ 11.930.670,00
1.05		201-13		Demolición estructuras existentes. No incluye retiro de escombros	m3	308,60	\$ 110.436,00 \$ 34.080.549,60
1.06				Traslado de árboles H<5m	Un	34,00	\$ 356.683,00 \$ 12.127.222,00
SUBTOTAL I - ACTIVIDADES PRELIMINARES:							\$ 42.271.516,40
II - MOVIMIENTO DE TIERRAS							
2.01	350-11	600-13		Excavación manual en material común en seco. No incluye retiro	m3	50,00	\$ 27.041,00 \$ 1.352.050,00
2.02	350-11	600-13		Excavación mecánica sin clasificar. No incluye retiro	m3	73.012,10	\$ 10.795,00 \$ 788.165.619,50
2.03		610-13		Lleno con material granular seleccionado. Incluye extendido, humedecimiento y compactación	m3	50,00	\$ 76.214,00 \$ 3.810.700,00
2.04		610-13		Lleno con material seleccionado proveniente de la excavación. Incluye extendido, humedecimiento y compactación	m3	24.801,40	\$ 17.482,00 \$ 433.578.074,80
2.05		610-13		Relleno en tierra negra para empalizada. Incluye suministro y extendido	m3	1.821,74	\$ 64.818,00 \$ 118.081.543,32
SUBTOTAL II - MOVIMIENTO DE TIERRAS:							\$ 1.344.987.987,62
III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES							
3.1 - ESTRUCTURAS DE DRENAJE							
3.1.01	340-11	673-13		Suministro e instalación Geotextil de separación No Tejido de 7kn/m	m2	7.098,41	\$ 3.979,00 \$ 28.244.573,39
3.1.02		673-13		Base filtrante en rajón	m3	4.419,06	\$ 67.329,00 \$ 297.530.890,74
3.2 - MURO EN TIERRA ARMADA							
3.2.01		683-13		Suministro e instalación geomalla biaxial de 30kn/m, para fachada verde muros en suelo reforzado. Incluye elementos de fijación	m2	12.636,95	\$ 7.140,00 \$ 90.227.823,00
3.2.02		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 50kn/m, para muros en suelo reforzado	m2	26.919,47	\$ 8.794,00 \$ 236.729.819,18
3.2.03		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 100kn/m, para muros en suelo reforzado	m2	-	\$ 14.447,00 \$ -
3.2.04		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 200kn/m, para muros en suelo reforzado	m2	-	\$ 11.340,00 \$ -
3.2.05		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 300kn/m, para muros en suelo reforzado	m2	29.686,41	\$ 35.627,00 \$ 1.057.637.729,07
3.2.06		683-13		Suministro, humedecimiento y compactación de material granular seleccionado (contenido de finos<30%), para muros en suelo reforzado	m3	23.837,81	\$ 69.118,00 \$ 1.647.621.751,58
3.2.07			E.T.P. 2	Suministro e instalación Geotextil Geotextil planar, A=0,50m	m	4.435,50	\$ 16.801,00 \$ 74.520.835,50
3.2.08			E.T.P. 3	Suministro e instalación Geobolsas 5l Hand Bag 80x40x25cm o similar para recubrimiento fachada muros en suelo reforzado, con fines de revegetalización	m2	2.178,79	\$ 92.942,00 \$ 202.501.100,18
3.2.09			E.T.P. 4	Sacos polipropileno 80x40x25cm, llenos con material del sitio, para fachada de muros en suelo reforzado	m2	945,19	\$ 16.385,00 \$ 15.486.938,15
3.2.10		683-13		Suministro e instalación Geotextil de separación No Tejido de 11kn/m	m2	11.031,51	\$ 6.109,00 \$ 67.391.494,59
3.3 - HYDROBLOCK							
3.3.01				Conformación de muro en Geocontainer - Formulaleta Geotextil 2,20x1,10x0,60m (HYDROBLOCK o equivalente). Incluye lleno con material de sitio, compactación manual y cierre	Un	170,00	\$ 272.425,00 \$ 46.312.250,00
3.4 - REVEGETALIZACIÓN							
3.4.01		810-13		Suministro y siembra cespedón. Incluye siembra y salado	m2	18.217,40	\$ 8.581,00 \$ 156.323.509,40
3.5 - CERRAMIENTO							
3.5.01		800-13		Cerramiento en postes de concreto 10x10cm cada 2m y alambre de púas Cal. 12 (8 hileras). Incluye dados de cimentación para postes de 0,30x0,30x0,50m en concreto de f'c=14MPa	m	230,00	\$ 53.178,00 \$ 12.230.940,00
SUBTOTAL III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES:							\$ 3.982.759.654,78
IV - TRANSPORTE							
4.01		900-13		Transporte y disposición final de escombros y materiales sobrantes de excavación en sitio autorizado, distancia máxima de transporte 21Km. Incluye cargue y trasiego interno	m3	48.040,69	\$ 29.604,00 \$ 1.422.196.586,76
SUBTOTAL IV - TRANSPORTE:							\$ 1.422.196.586,76
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA							\$ 6.742.215.745,56
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA							\$ 6.742.215.745,56
Porcentaje costo directo							
Administración						24,00%	\$ 1.618.131.778,93
Imprevistos						1,00%	\$ 67.422.157,46
Utilidad						5,00%	\$ 337.110.787,28
COSTOS INDIRECTOS OBRA							\$ 2.022.664.723,67
SUBTOTAL COSTOS DE OBRA							\$ 8.764.880.469,23

Ilustración 8-47 Presupuesto para alternativa I



		PRESUPUESTO DE OBRA - (V.0.0)				CÓDIGO:	
						CÓDIGO DOCUMENTAL:	
						ANCLAJES (100Ton)	
ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C.							
Contrato 231 de 2018							
JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total		
I - ACTIVIDADES PRELIMINARES							
1.04	Sellamiento de grietas con material seleccionado de sitio (material arcilloso)	m	232,90	\$ 21.402,00	\$ 4.984.525,80		
1.07	Desmote y reinstalación malla eslabolada, para retiro de derrumbes	m2	1.520,00	\$ 9.461,00	\$ 14.380.720,00		
SUBTOTAL I - ACTIVIDADES PRELIMINARES:					\$ 19.365.245,80		
II - MOVIMIENTO DE TIERRAS							
2.05	Relleno en tierra negra para empradización. Incluye suministro y extendido	m3	100,00	\$ 78.840,00	\$ 7.884.000,00		
SUBTOTAL II - MOVIMIENTO DE TIERRAS:					\$ 7.884.000,00		
III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES							
3.1 - ANCLAJES ACTIVOS							
3.1.01	Concreto de limpieza f'c= 14MPa, mezclado en sitio	m3	218,46	\$ 381.700,00	\$ 83.386.182,00		
3.1.02	Anclajes activos, tensor 100 Ton. Incluye perforación ø= 4", 5 torones ø= 15mm, Inyección de lechada y tensionamiento	m	48.545,00	\$ 305.219,00	\$ 14.816.856.355,00		
3.1.03	Placas para tensionamiento en concreto f'c= 28MPa. No incluye acero de refuerzo	m3	2.045,83	\$ 777.747,00	\$ 1.591.138.145,01		
3.2- ACERO DE REFUERZO							
3.2.01	Suministro, figurado y amarre de acero de refuerzo fy = 420MPa	Kg	245.499,60	\$ 3.233,00	\$ 793.700.206,80		
3.5 - REVEGETALIZACIÓN							
3.5.01	Suministro y siembra cespedón. Incluye siembra y salado	m2	1.000,00	\$ 8.180,00	\$ 8.180.000,00		
SUBTOTAL III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES:					\$ 17.293.260.888,81		
V - TRANSPORTE							
5.01	Transporte y disposición final de escombros y materiales sobrantes de excavación en sitio autorizado, distancia máxima de transporte 28Km. Incluye cargue y trasiego interno	m3	34,94	\$ 39.608,00	\$ 1.383.903,52		
SUBTOTAL V - TRANSPORTE:					\$ 1.383.903,52		
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA					\$ 17.321.894.038,13		
				Porcentaje costo directo			
				Administración	24,00%	\$	4.157.254.569,15
				Imprevistos	1,00%	\$	173.218.940,38
				Utilidad	5,00%	\$	866.094.701,91
				COSTOS INDIRECTOS OBRA	30,00%	\$	5.196.568.211,44
SUBTOTAL COSTOS DE OBRA					\$ 22.518.462.249,57		

Ilustración 8-48 Presupuesto para alternativa I I



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ, D.C.



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ		PRESUPUESTO DE OBRA - (V.4.0)		CÓDIGO:	
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ		PRESUPUESTO DE OBRA - (V.4.0)		CÓDIGO DOCUMENTAL:	
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ		PRESUPUESTO DE OBRA - (V.4.0)		ALTERNATIVA 3 - RELOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS	
ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C.					
Contrato 231 de 2018					
JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
I - ACTIVIDADES PRELIMINARES					
1.03	Demolición construcciones y acondicionamiento del terreno. Incluye cargue, transporte y disposición final de escombros en sitios autorizado (Dist.< 28km), perfilado del terreno, cercado y señalización de riesgo	Global / predio	209,00	\$ 23.411.371,00	\$ 4.892.976.539,00
1.04	Sellamiento de grietas con material seleccionado de sitio (material arcilloso)	m	232,90	\$ 21.402,00	\$ 4.984.525,80
SUBTOTAL I - ACTIVIDADES PRELIMINARES:					\$ 4.897.961.064,80
II - MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.05	Relleno en tierra negra para empradización. Incluye suministro y extendido	m3	1.247,00	\$ 78.840,00	\$ 98.313.480,00
SUBTOTAL II - MOVIMIENTO DE TIERRAS:					\$ 98.313.480,00
III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES					
3.5 - REVEGETALIZACIÓN					
3.5.01	Suministro y siembra cespedón. Incluye siembra y salado	m2	9.772,00	\$ 8.180,00	\$ 79.934.960,00
SUBTOTAL III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES:					\$ 79.934.960,00
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA					\$ 5.076.209.504,80
					Parcentaje costo directo
					Administración 24,00%
					Imprevistos 1,00%
					Utilidad 5,00%
COSTOS INDIRECTOS OBRA					30,00%
SUBTOTAL COSTOS DE OBRA					\$ 6.599.072.355,80
(A) - TOTAL COSTO DE OBRA*					\$ 6.599.072.355,80
(B) ADQUISICIÓN DE PREDIOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Vr. Unitario	Cantidad	Vr. Total	
B.1	ADQUISICIÓN DE PREDIOS TIPO 1 (70m2)	\$ 125.000.000,00	137	\$ 17.125.000.000,00	
B.2	ADQUISICIÓN DE PREDIOS TIPO 2 (40m2)	\$ 90.000.000,00	72	\$ 6.480.000.000,00	
TOTAL ADQUISICIÓN DE PREDIOS**					\$ 23.605.000.000,00
TOTAL PRESUPUESTO (A+ B)					\$ 30.204.072.355,80

* Valores estimados de acuerdo con el Contrato reciente del IDIGER por un valor de \$1.400.000.000 cuyo objeto es "La adecuación predial de 46 predios en el barrio Peñón del Cortijo III sector. Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.

**Valores estimados de acuerdo con los datos suministrados por la entidad de los predios que ya fueron adquiridos, durante el proceso de atención de emergencias.

Ilustración 8-49 Presupuesto para alternativa III

8.6 MATRIZ DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE

El análisis de comparación de alternativas se realiza con un análisis cuantitativo en el cual se calificará cada una de las alternativas con los criterios técnicos, ambientales y económicos establecidos previamente con tres niveles de ponderación los cuales

corresponde a: altamente favorable (3), favorable (2) y poco favorable (1). En la Tabla 8-5 se presentan la matriz de comparación.

Tabla 8-5 Comparación de alternativas

CRITERIO	ALTERNATIVA					
	CONTRAFUERTE EN MURO EN TIERRA ARMADA	Puntaje	ANCLAJES ACTIVOS	Puntaje	RE-LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS VULNERABLES	Puntaje
TÉCNICO	Se soluciona la problemática de inestabilidad de laderas reducción el nivel de amenaza y riesgo que existe en la zona. El proceso constructivo es de complejidad normal	3	Se soluciona la problemática de inestabilidad de laderas reducción el nivel de amenaza y riesgo que existe en la zona. El proceso constructivo es de complejidad alta por requerimiento de equipos y personal especializado	2	No soluciona el problema de inestabilidad	1
AMBIENTAL	La alternativa de la construcción de muros en suelo reforzado puede generar algunos impactos negativos que son transitorios y se ven compensados en gran medida por el tratamiento de la cobertura vegetal, que terminará aumentando la oferta ambiental de la zona	3	Se generan impactos considerables en los componentes atmosféricos y suelo y no permite la rehabilitación ecológica de zona.	1	La alternativa del progreso natural de remoción en masa, a corto plazo no genera ninguna clase de afectación ambiental, sin embargo, a largo plazo culmina con el deterioro total de la zona, disminuyendo drásticamente la oferta ambiental	2
ECONÓMICO	Inversión económica mediana (7 mil a 10 mil millones de pesos Colombianos)	2	Inversión económica alta (20 mil a 25 mil millones de pesos Colombianos)	1	Inversión económica alta (15 mil a 30 mil millones de pesos Colombianos)	1
TOTAL	8		4		4	

Teniendo en cuenta el cuadro anterior se puede concluir que la alternativa que permite mitigar la amenaza existente, llevar a cabo procesos constructivos con menor dificultad y permite la rehabilitación de la oferta ambiental en la zona de intervención es la construcción de muros en suelo reforzado.

9 PLAN DE ACCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO.

Esta actividad está enfocada a dar un tratamiento urbanístico global a la zona, en aras de generar un cambio en la forma de vida de la comunidad, ya que su objetivo es mejorar la calidad de vida de la población y cuyo desarrollo ha generado procesos de degradación de las condiciones físicas y ambientales de la zona.

Este plan contempla la planificación y ejecución integral de todas las acciones de mitigación y prevención no estructurales y estructurales que a continuación se plantean, como alternativas de mitigación independientes y que a través de su formulación en conjunto, permitirá la integración de los esfuerzos y recursos de todas las entidades distritales, regionales y nacionales, ya que implica atacar de lleno las deficiencias generadas en la infraestructura física y social por el desarrollo urbanístico, por medio de acciones masivas, integrales y plenamente coordinadas.

Cabe resaltar que la prioridad de intervención física se concentra en la zona actualmente ocupada y que su principal uso es residencial, por lo cual se propone la intervención física en dos (2) Fases. Ver Plano 15.1.

- 1) Fase I. Construcción de muro en tierra armada para estabilización del área de amenaza media donde actualmente se emplazan viviendas, junto con el sellamiento de grietas y perfilado de la ladera. Monitoreo de la Fase II.
- 2) Fase II. Construcción de muro en tierra armada para mejorar la condición de estabilidad de la zona declarada en suelo de protección por riesgo, donde actualmente no hay edificaciones o infraestructura de servicios expuesta al proceso.

9.1 MEDIDAS ESTRUCTURALES

Corresponde a las obras, intervención física sobre el territorio para la reducción del riesgo de desastres, bien sea mitigando, controlando la amenaza, mejorando la capacidad de respuesta del elemento.

La obra principal es el muro en tierra armada que funciona como un contra peso que restringe el movimiento de la cuña, mejorando la estabilidad del sector.

9.1.1 Muro en tierra Armada

El diseño del muro en tierra armada se presenta en el diseño de la Alternativa I, numeral 8.4.2, y los soportes de los diseños se pueden consultar en el Anexo F.

En la Ilustración 9-1 se puede observar el detalle del muro en tierra armada propuesto, en los Planos 15.1 Planta de obra, 15.2, 15.3 y 15.4 Perfiles de obra, y 15.5 Detalles de obra, se pueden observar la distribución espacial de los diferentes muros a conformar, las secciones transversales donde además se definen zonas de corte y lleno, como los detalles de la obra.

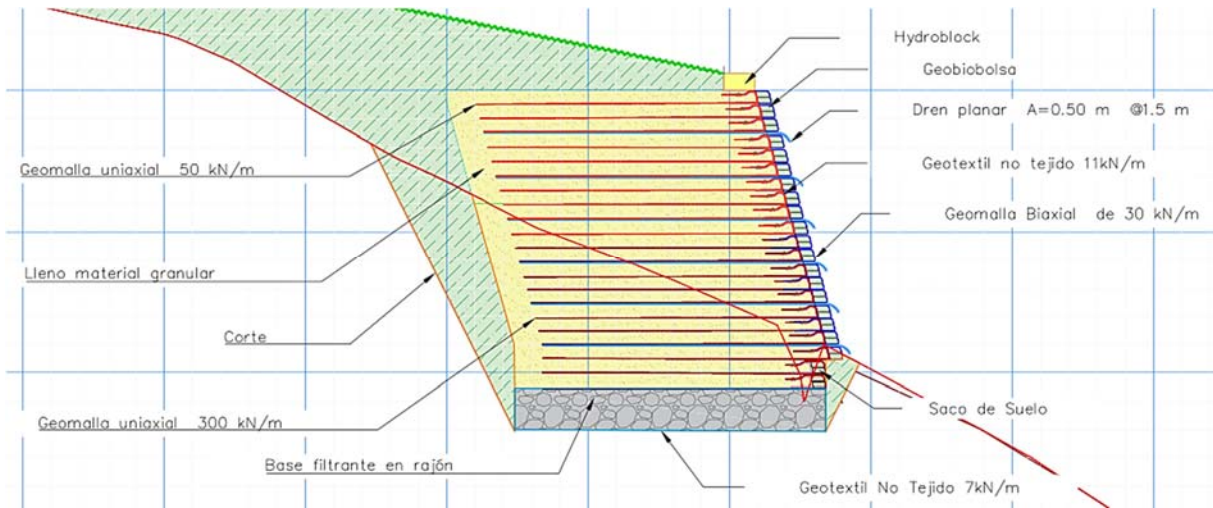


Ilustración 9-1 Detalle del muro en tierra armada propuesto.

9.1.1.1 Subdrenaje

El drenaje de los muros en tierra armada se realiza por medio de la implementación de geodrenes planares instalados cada 1.5 m con longitud igual la geomalla.

Los geodrenes son un sistema de drenaje compuesto por una geored y un medio filtrante geotextil no tejido, la geored está diseñada para mantener constante su espesor bajo altas sollicitación de carga y el geotextil no tejido está conformado por fibras que permiten el paso eficiente del agua.

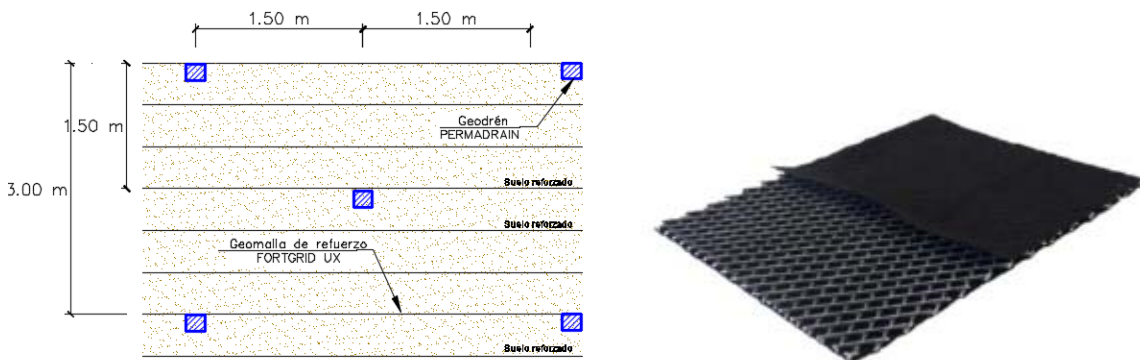


Ilustración 9-2 Geodren Planar

Nota: las marcas de las geomallas y geotextiles presentadas en los esquemas solo constituyen una referencia, la construcción de los muros debe garantizar que la resistencia nominal última de los materiales sean iguales o superiores a las expuestas en las memorias de cálculo

El manejo de aguas del muro se complementa con el mejoramiento en la base con pedraplén o material granular de 1.5 m de espesor, generando una capa drenante en el fondo del muro.

Para reducir costos de suministro, transporte y disposición de material se recomienda utilizar el material producto del perfilado y excavación, este debe ser objeto de clasificación en campo para seleccionar el material similar al recomendado en las especificaciones técnicas para la conformación del suelo reforzado. El material sobrante o que no cumpla con las características para conformar el suelo reforzado, puede acopiarse al respaldo del muro en gaviones y enrocado y en los llenos propuesto sobre los muros en tierra armada que tienen el objeto de evitar asentamientos sobre los mismos.

9.1.2 Obras complementarias

9.1.2.1 Perfilado del talud

Complementario a la construcción del muro en tierra armada o suelo reforzado se realiza el perfilado del talud en la zona que se encuentra en amenaza alta, donde se ha demolido las viviendas en condición de riesgo alto. El perfilado se plantea desde la cota 2650 msnm, corona o divisoria donde se marcó el agrietamiento del terreno, desde las grietas de tracción, hasta la cota 2615 que corresponde a la parte superior del muro en tierra armada. Más o menos el lleno esta entre la cota 2615 a la 2620, y el corte desde la cota 2620 hasta la 2650, en los planos 15.2, 15.3 y 15.4, se puede observar las zonas de corte y lleno correspondientes. Se manejan dos pendientes la primera de 25° correspondiente a un relleno sobre el muro en tierra armada y la segunda con una pendiente de 30° correspondiente al corte del talud.

9.1.2.2 Sellamiento de grietas

El sellado de grietas se requiere para disminuir el agua de infiltración en el macizo rocoso, el tratamiento consiste en un llenado por medio de material de sitio arcilloso o limo arcilloso compactado, la cual cumple la función de sello de infiltración.

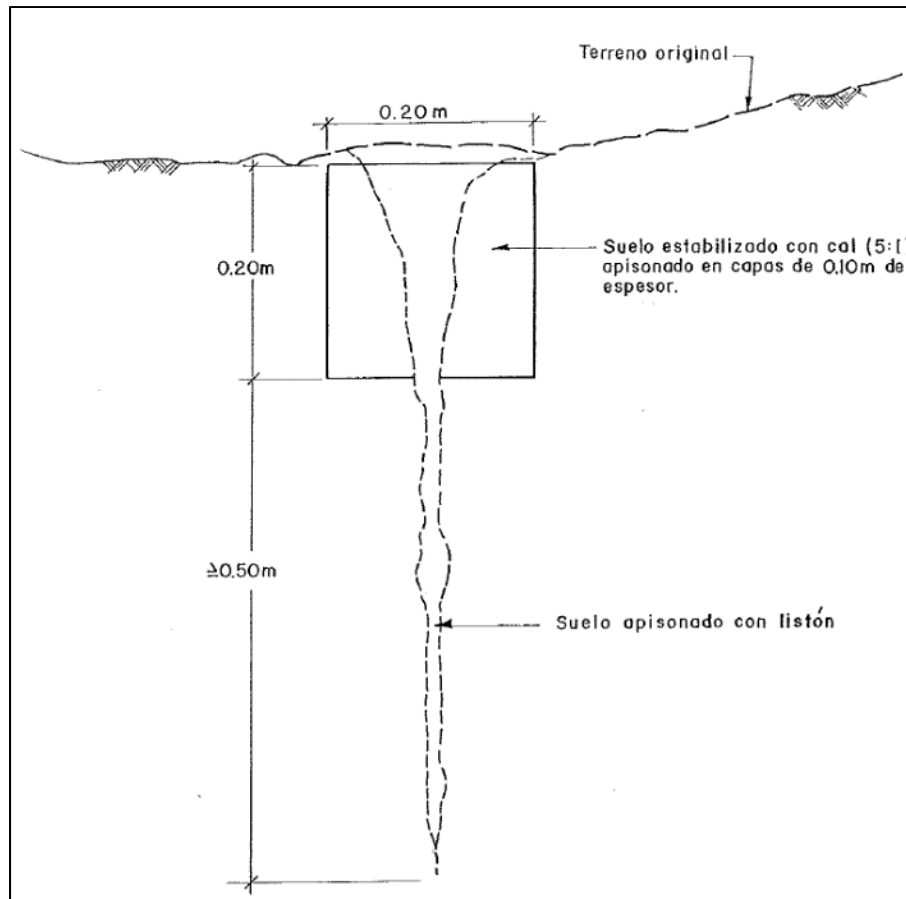


Ilustración 9-3 Esquema de sellamiento de grietas.

Esta actividad se ve reflejada en el plano de obras en planta 21 a.

9.1.2.3 Sellamiento de redes de alcantarillado

Se recomienda realizar el sellado de los pozos de inspección de la red de alcantarillado (puntos en rojo) ubicados al interior del área establecida para la realización del perfilado del terreno (Ilustración 9-4); puesto que, si dichos pozos no se sellan, se pueden presentar filtraciones de aguas lluvias hacia las capas de arenisca y arcillolitas, lo que puede detonar nuevas condiciones de inestabilidad. Se sugiere realizar el sellado mediante vaciado de concreto o bien empleando el mismo material que se utilizará para el sellado de grietas.

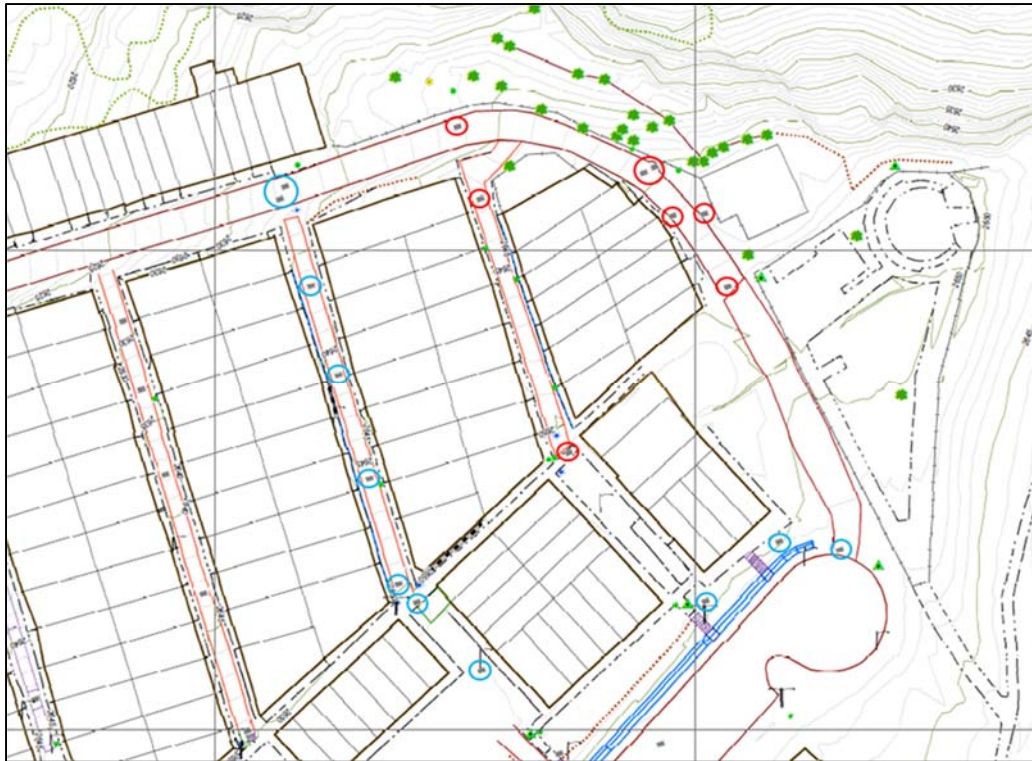


Ilustración 9-4 Identificación pozos de inspección

Cabe resaltar que los pozos de inspección resaltados en azul no tendrán afectación alguna por la obra, sin embargo los mismos deben ser sujetos a una revisión detallada, toda vez que los mismos por su estado, acometidas hechas y/o artesanales por parte de la comunidad, pueden estar presentando filtraciones al terreno.

La recomendación se hace considerando el levantamiento físico de la red realizado al inicio del proyecto, sin embargo, actualmente ya existe una intervención física sobre el área de estudio conforme el Contrato IDIGER-318-2018, por lo cual la ubicación de los pozos frente a la condición actual es susceptible de presentar variaciones.

9.1.2.4 Cobertura de zonas con céspedones.

La cobertura del talud de perfilado se realizará con céspedones con el objetivo de generar cobertura vegetal para proteger el talud contra la erosión además de contribuir al manejo de aguas de escorrentía. Se recomienda que el bloque de césped sea en forma rectangular y de dimensiones regulares y provenientes de cultivos tecnificados.



Ilustración 9-5 tipo de césped a considerar en el área de estudio.

9.2 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Además de las obras de intervención físicas planteadas en el numeral anterior, se deben adelantar medidas no estructurales en función del conocimiento del riesgo y de la restricción del uso del suelo.

9.2.1.1 Regulación del uso del suelo – Definición de áreas de protección por riesgo – Restricción de uso urbanístico:

Se refiere a la restricción normativa de uso del suelo que se debe aplicar en áreas en condición de riesgo y áreas en amenaza alta por movimientos en masa, degradadas morfológica y ambientalmente, donde no se cumple con los requerimientos para urbanizar, uso residencial, definidos en el decreto 227 de 2006 del IDIGER, además porque corresponde a zonas de áreas de restricción geomorfológica y/o ambiental.

9.2.1.2 Manejo integral de áreas liberadas:

Las acciones que se deben ejecutar son: Zonificación y reglamentación de áreas liberadas para evitar su ocupación no sostenible; Implementar las obras de protección ambiental como la revegetación con especies arbóreas; y la implementación de las acciones de control social como el cuidado policivo para el cumplimiento de la normatividad adoptada, la socialización de las reglas y la conciliación y consolidación de un uso permitido en estas áreas que pueden ser de recreación pasiva. Ver Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo. UNGRD-2015.

9.2.1.3 Mejora de viviendas emplazadas sobre llenos:

Aunque el análisis de estabilidad a corto y largo plazo de los llenos donde se emplazan las viviendas son favorables, amenaza media a baja, porque los mismos no superan los 2 metros y se encuentran sobre un suelo residual competente, se debe recomendar a los propietarios de las viviendas en especial localizadas en las esquinas inferiores de las manzanas el refuerzo de los muros que contienen los llenos.

9.2.1.4 Información pública:

Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

Se debe realizar campañas educativas participativas que lleven a la comunidad a entender y apropiar los conceptos de:

- El nivel de riesgo a que están expuestos.
- Identificación de agentes contribuyentes a los movimientos en masa y cómo debe ser el comportamiento, respuesta, frente a los mismos.
- Beneficios de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser la construcción y el mantenimiento de las mismas.
- Manejo ambiental para el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
- Seguimiento y monitoreo del movimiento por parte de los actores locales.
- Potenciar los sistemas de alarma existentes y planes de contingencia para que la población conozca las acciones a seguir en caso de que se materialice eventos similares al ocurrido

Estas campañas deben ser realizadas por cada una de las entidades responsables mediante charlas, talleres participativos, cartillas de fácil entendimiento y divulgación, entre otros que permitan la adecuada apropiación de los conceptos.

9.3 FASES DE OBRA

Debido a los costos de obra y a las necesidades de acción de gestión del riesgo, se propone realizar la obra por fases o etapas. La fase I tiene por objeto reducir el riesgo de las edificaciones existentes por la materialización del movimiento en masa, falla en roca o cuña; la fase II tiene por objeto frenar y estabilizar el movimiento en masa ya materializado.

9.3.1 Fase I

Se contempla la construcción del muro en suelo reforzado o tierra armada para restringir y evitar el movimiento de la masa o cuña de los sectores actualmente ocupados y/o habitados, de igual manera considera las obras complementarias de perfilado y llenos en

estas áreas, así como el sellamiento de las grietas y los pozos de inspección en la zona ya reasentada y que en la actualidad no está ocupada.

En el plano 15.1 se define el área de intervención de la fase I y se presentan los perfiles correspondientes en los planos 15.2 y 15.3 que corresponden a los perfiles de obra números P1, P2, P3, P4 y P5.



Ilustración 9-6 Fase I. Ejecución muro en tierra armada en la Fase I

También se considera en esta primer fase el monitoreo topográfico de las áreas en condición media ocupada y en el área de amenaza alta donde se moviliza la cuña objeto de estudio. Esta actividad se debe realizar durante los meses de obra de la primera fase y tres meses más. Para este monitoreo se considera la materialización de 26 mojones preferiblemente en zonas duras, se deben realizar secciones transversales al movimiento conforme se recomienda en la siguiente ilustración. La comisión topográfica deberá realizar este mismo levantamiento mensualmente y comparar mes a mes las secciones.

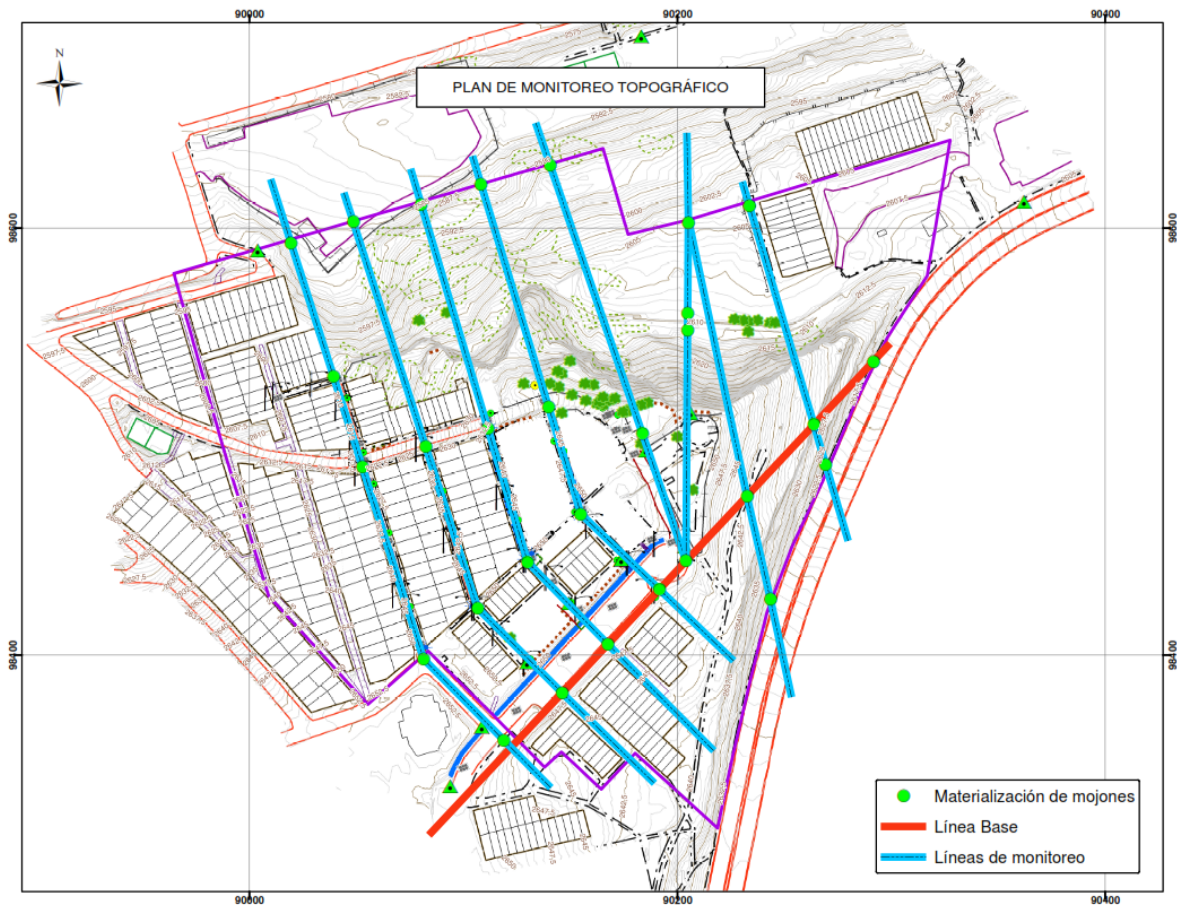


Ilustración 9-7 Monitoreo topográfico propuesto

9.3.2 Fase II

Contempla la construcción de los muros en tierra armada para estabilizar el proceso actual y reconfigurar el terreno de dicha área. Los perfiles de esta obra corresponden a los perfiles P6 al P11 de los planos 15.3 y 15.4.

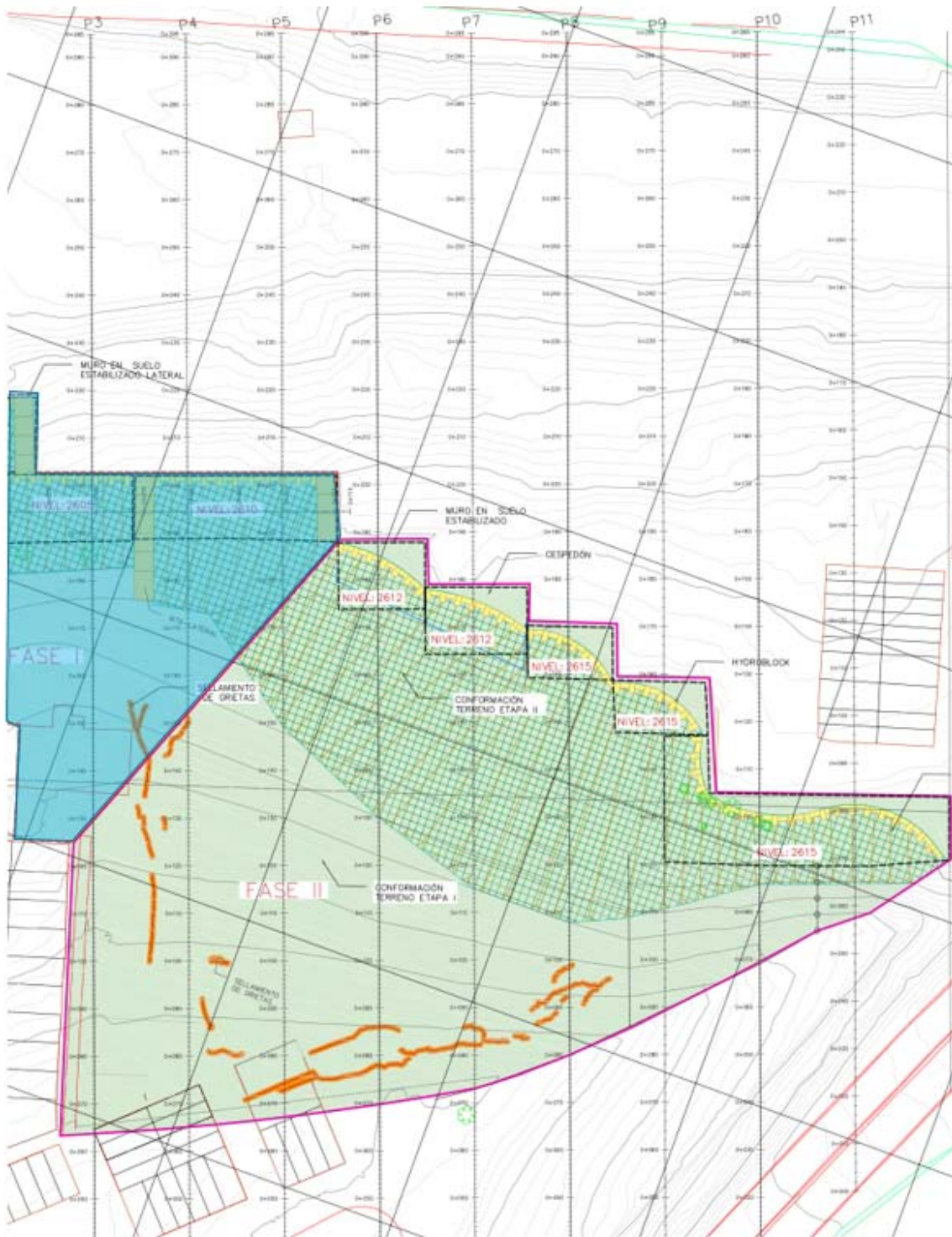


Ilustración 9-8 Fase II. Ejecución muro en tierra armada en la Fase II.

10 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CON PLAN DE ACCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO

10.1 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Una vez se ejecute el plan de acción de gestión del riesgo propuesto en el numeral 9, que incluye el diseño de la obra de mitigación o reducción del riesgo por movimiento en masa falla en roca, la condición de amenaza en el sector se considera baja toda vez que se reduce o restringe el movimiento de la cuña. Por tanto los elementos se emplazan sobre un territorio que se considera estable toda vez que se aumenta el factor de seguridad, lo que se significa que es poco probable que se genere la superficie de falla y por ende el movimiento de la masa. Sin embargo el elemento, edificación o infraestructura de servicio, sigue emplazada sobre el mismo sector y su grado de exposición frente al evento se mantiene aunque la condición de amenaza sea baja. La fragilidad de las edificaciones e infraestructura frente al evento es similar en la condición sin obra que con obra al ser una condición intrínseca del elemento.

Respecto al área que en la actualidad se encuentra reasentada, se debe restringir el uso urbanístico, y la condición de amenaza se considera baja en la medida que la obra de contención, contra fuerte en suelo reforzado o muro en tierra armada, garantiza la estabilidad de la obra y disminuye la amenaza por movimiento en masa al disminuir la velocidad del movimiento, sin embargo los criterios usados son los de la estabilidad de la obra tomados de la NSR-10, pero no cumplen con los criterios urbanísticos requeridos en la resolución 227 de 2016, por tanto se debe restringir su uso y al no existir elementos sobre este sector el riesgo es bajo a nulo.

10.2 EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO POR MOVIMIENTOS EN MASA FALA EN ROCA.

Los elementos se emplazan en una ladera estable, una vez se ejecuten las obras de mitigación, y su grado de exposición y fragilidad se mantienen, por tanto la vulnerabilidad es similar con o sin obras y el riesgo físico por movimientos en masa falla en roca es bajo a nulo, porque la amenaza se considera baja, lo que quiere decir que es poco probable que se presente el movimiento y por ende no se esperan daños físicos sobre la infraestructura y pérdidas económicas, ver serie de planos 17 y 18, donde se zonifica la Vulnerabilidad y Riesgo con obras, respectivamente.

II INVENTARIO FORESTAL

Se llevó a cabo el reconocimiento del componente forestal para el área de estudio en donde no se identificaron especies en veda o en peligro de extinción. La mayoría de los individuos vegetales han sido producto de la regeneración natural y no se presenta ningún arreglo o distribución espacial homogénea relacionada con la parte paisajística o urbana.

Cabe resaltar que durante el recorrido de campo, no se identificaron individuos vegetales que estuvieran efectuando esfuerzos adicionales en la estabilidad del talud, si se observa que la mayoría de las especies vegetales arbóreas y arbustivas ubicadas en la zona de la corona del talud presentan inclinaciones, que pueden tener relación con las deformaciones del terreno.

De acuerdo con el inventario forestal, se registraron 80 individuos vegetales; distribuidos tal y como se menciona a continuación:

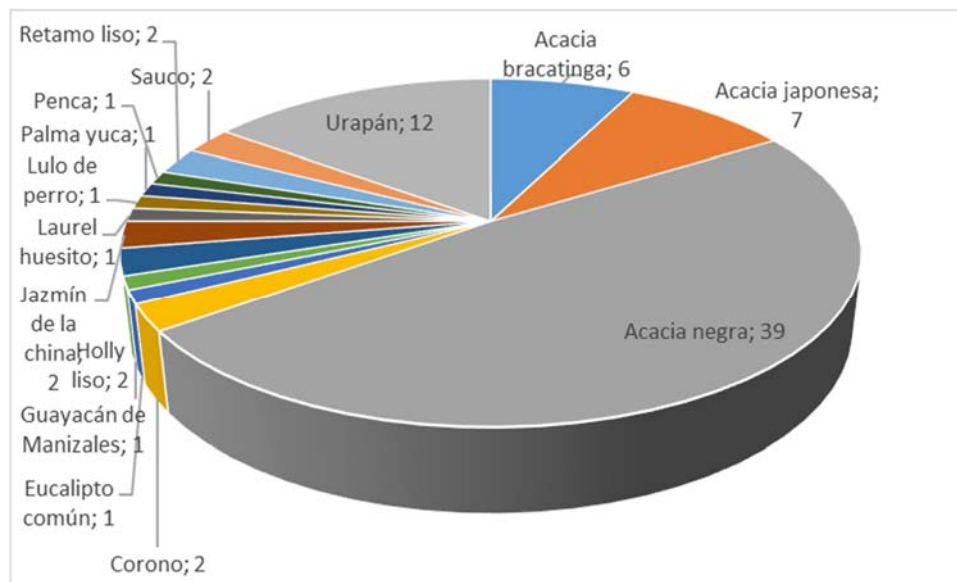


Ilustración 11-1 Individuos vegetales presentes en el área de afectación por obras.

Con base en las características físicas y sanitarias de los individuos inventariados, y de acuerdo con los objetivos del estudio, se recomienda una tala de todos los individuos inventariados; ya que estos están en un proceso de degradación por la inestabilidad, a lo largo del tiempo pueden contribuir al proceso.

Es importante mencionar, que el conjunto o mancha vegetal de Retamos, debe ser radicado de acuerdo con los planes de manejo de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), con el fin de mitigar su carácter “invasor”.



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN
EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE
LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ,
D.C.



Se recomienda que el material vegetal talado, sea triturado con el fin de incorporar dicho material de abono, en la conformación de los muros de tierra armada.

En el Anexo K3 se presenta el Informe del Inventario Forestal, la ficha por individuos, la ficha de registro y el registro fotográfico conforme lo solicita la SDA para el trámite de Tala por Riesgo. El **plano 20** presenta el inventario forestal.

12 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El principal objetivo del Plan de Manejo Ambiental es determinar las características ambientales que al ser relacionadas con las actividades de obra permitan la identificación de los impactos que se puedan manifestar en los diferentes componentes analizados, para lograr establecer programas que con sus actividades prevengan, minimicen y controlen los impactos negativos encontrados.

El alcance de este plan está dado por el anexo técnico de las condiciones contractuales del presente contrato el cual hace referencia a la construcción de una línea base donde se identifiquen las condiciones actuales del área de estudio, estableciendo los impactos positivos y negativos que se puedan manifestar en el componente ambiental para así mismo generar programas de gestión, conformados por fichas de manejo donde se describan las actividades a ejecutar para la prevención, minimización y/o mitigación de estos impactos.

Respecto a la tala de los individuos vegetales que se localizan en el área de intervención física para la reducción del riesgo de desastres, el Decreto 531 DE 2010 en su artículo 17 manifiesta que en situaciones de emergencia asociados a la estabilidad de los individuos la entidad puede actuar con la tala, trozado y acopio necesarios para eliminar el riesgo, y que los costos por compensación serán asumidos por el propietario, poseedor o tenedor, para lo cual la Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis realizarán las acciones administrativas y jurídicas del caso.

En el anexo **K5**. Cálculo de IVP para aprovechamiento. forestal_V2 se presentan estos costos, los cuales serán tenidos en cuenta en el presupuesto general de obra.

El Plan de Manejo Ambiental se presenta en el Anexo E1, y la matriz de calificación de impacto ambiental en el **Anexo E.2**.

13 PLAN DE MANEJO SOCIAL

A continuación se presenta la ficha para adelantar el programa de manejo y divulgación que buscan implementar estrategias de comunicación que permitan que la comunidad del barrio Peñón del Cortijo estar informada de las acciones que se van a implementar en obra de tal manera que se tomen las medidas necesarias para disminuir el riesgo a los habitantes del barrio.

		MANEJO DE INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN		
OBJETIVO				
Implementar estrategias de comunicación que permitan que la comunidad del barrio Peñón del Cortijo estar informada de las acciones que se van a implementar en obra de tal manera que se tomen las medidas necesarias para disminuir el riesgo a los habitantes del barrio.				
META		INDICADORES DE CUMPLIMIENTO		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar el 100% de actividades definidas en el programa Distribuir el 100% de las piezas de divulgación establecidas en el programa 		<ul style="list-style-type: none"> Reuniones informativas realizadas/ Número de reuniones informativas programadas *100 Numero de volantes entregados / Número de volantes programados *100. 		
ACTIVIDADES QUE LO PRODUCEN		IMPACTOS A MANEJAR		
<ul style="list-style-type: none"> Inicio de actividades pre-construcción Actividades Constructivas 		<ul style="list-style-type: none"> Conflictos sociales con comunidad e instituciones Generación de empleo Prevención invasión de espacio intervenido 		
TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR				
Control X Prevención X Mitigación Corrección Minimizar				
DESCRIPCIÓN DE ACCIONES A EJECUTAR				
Acercamiento con la comunidad				
<ul style="list-style-type: none"> Contacto con los líderes de la zona a fin de presentar las entidades ejecutoras, así la gestión del acompañamiento en las actividades a realizar. Levantamiento de bases de datos. Recorrido por el área de influencia directa. Análisis de los líderes frente al desarrollo de la obra. 				
Realización de reuniones informativas con las comunidades del área de influencia con las piezas comunicativas correspondientes:				

- Realizar diseño, así como un plan de distribución de las piezas comunicativas de información a la comunidad. Estas piezas comunicativas, deberán ser distribuidas 5 días antes de cada actividad.

Esta actividad se refiere al proceso de informar sobre las actividades de construcción desde antes de que se inicie la obra hasta la finalización. A las reuniones informativas se convocará a:

- A las autoridades municipales
 - A las comunidades residentes
 - A las actividades económicas vecinas a la obra.
 - A las directivas de los establecimientos educativos
 - A las Juntas de Acción comunal
 - Puntos de encuentro
- Las temáticas de las reuniones se desarrollarán de acuerdo con la etapa del proyecto, por ello se han programado los siguientes tipos de reuniones:
 - Reuniones de Inicio.
 - Reuniones de Avance y Finalización.
 - Reuniones Extraordinarias
 - Reuniones con el Comité Participación Comunitaria.
 - Se deberán Realizar tres (3) reuniones de información a las comunidades del presente proyecto: Inicio (1), Avance (1) y Finalización (1).
 - Conformar un Comité Participativo en la reunión de inicio, quienes serán el puente entre la entidad ejecutora y la comunidad, con la misión de ser agentes multiplicadores de la información que se socialice en los comités.
 - Realizar cada 2 meses reuniones con los integrantes del Comité de Participación Comunitaria.

Reuniones de información:

Reunión de Inicio

Se realizará reunión de inicio en el área de influencia directa a la obra. Estas reuniones deben realizarse 15 días antes del inicio de las actividades constructivas, el Contratista buscara el lugar más cercano, que sea de fácil acceso a la comunidad; la reunión tiene como objetivo principal informar sobre las características técnicas del proyecto, presentar a las empresas vinculadas al proyecto tanto del contratista como de la interventoría, presentar al equipo que estará a cargo de la gestión social durante la obra, describir las características del Plan de Manejo Ambiental, incentivar la conformación del Comité de y Participación Comunitaria, informar sobre el Proyecto de Generación de Empleo y sobre el levantamiento de las Actas de Vecindad. Lo anterior con el fin de proporcionar información clara, oportuna y veraz a la comunidad y evitar conflictos con la comunidad.

Para tener en cuenta:

- Gestionar un espacio amplio que brinde comodidad a los asistentes, que cuente con facilidad para conectar los equipos necesarios.
- Toma de lista

- Se convocará a la población cinco (5) días antes de la programación de la reunión.
- Se convocará mediante oficio personalizado a las autoridades locales, las directivas de las instituciones educativas, organizaciones de base y demás grupos comunitarios presentes en la zona.
- Antes de iniciar la reunión se explicarán las medidas de emergencia en caso de presentarse una emergencia.
- Se diligenciarán formatos de lista por parte de los asistentes a la reunión.
- Es necesario soportar la exposición en una presentación se realizará en Power Point y con Video Beam.
- De ser necesario se contará con equipos de amplificación de sonido

La reunión de Inicio tratará los siguientes temas:

- Presentación de la empresa contratista y de la empresa interventora a cargo del proyecto; en este mismo ítem se presentarán a los profesionales técnicos, ambientales, sociales de ambas empresas.
- Características de la obra.
- Cronograma de actividades de obra: Cuándo se van a iniciar y en dónde se van a realizar.
- Describir las actividades de obra, la maquinaria y el equipo a utilizar.
- Presentar los impactos identificados en la Etapa de Estudios y Diseños.
- Presentar el Plan de Manejo Ambiental.
- Presentar el Programa de Gestión Social: específicamente señalando los canales de comunicación determinados para el proyecto, señalar las características de la actividad de levantamiento de las Actas de Vecindad, el requerimiento de mano de obra local y el procedimiento para la vinculación al proyecto.
- Se fomentará la conformación del Comité de Participación Comunitaria con los asistentes a la reunión.
- Espacio para que la comunidad presente sus inquietudes.
- Se dará respuesta a todas las inquietudes que presente la comunidad en la reunión.
- Las características de las convocatorias a cada una de las reuniones de inicio, se desarrollarán en la actividad de distribución de piezas de comunicación de este mismo proyecto.

Reunión de Avance

Se iniciará con una contextualización de la intervención, continuando con la información a la comunidad del área de influencia directa sobre el estado de avance de las actividades constructivas, esta deberá realizarse al 50% de avance de obra, se informará el tiempo que falta para la culminación de la obra, las actividades de gestión social realizadas, las actividades que están programadas, los resultados del Sistema de Atención a la comunidad y otros temas de interés tanto para el contratista, como para la comunidad, o para el comité de participación comunitaria.

- Para las reuniones de avance se convocará a la población que se invitó a la reunión de Inicio.
- Se invitará a la comunidad, mediante volante de convocatoria.

- Se convocará mediante oficio personalizado a las autoridades locales, directivas de las instituciones educativas y organizaciones de base.
- Se convocará cinco días antes de la programación de la respectiva reunión.

En la reunión de AVANCE se presentará:

- El estado de avance de la obra.
- Actividades de Gestión Social realizadas específicamente con la comunidad donde se estén realizando las actividades constructivas.
- Las áreas ambiental y técnica del contratista presentarán a la comunidad los resultados de su gestión en el área donde se está realizando la reunión.

Reunión de Finalización

Se programará la reunión de finalización antes de culminar las actividades de construcción, para informar sobre los resultados de la intervención en obra, esta se realizará al 95% de ejecución de la obra y tiene como finalidad informar sobre los cuidados para su perdurabilidad y las actividades de gestión social que se realizaron durante la etapa constructiva, presentando un balance general de esta gestión con todas las manifestaciones ciudadanas cerradas.

Se deben socializar la totalidad de las acciones realizadas por la consultoría social, fijando compromisos con la comunidad para el adecuado manejo de las intervenciones, en esta reunión la comunidad deberá establecer una agenda de acciones con vías a presentar las obras para garantizar mayor durabilidad.

Adicionalmente se propone incentivar a la comunidad para organizar acciones de control con el fin de evitar que se produzca invasión en los predios intervenidos.

Las reuniones de avance y de finalización se realizarán en el mismo sitio que se ha formulado la reunión de inicio. La reunión de avance se realizará cuando se lleve el 50% de la construcción y la de finalización en el 95% de ejecución de la obra.

Para tener en cuenta:

Se realizará al 95% de ejecución de la obra, se convocará a la comunidad señalada anteriormente. En la reunión, el contratista presentará la siguiente información:

- El estado final de la obra y sus características técnicas.
- El procedimiento para su conservación.
- Los resultados finales de la Gestión Social realizada durante toda la etapa constructiva.
- La Gestión Ambiental presentará sus resultados.
- Espacio para que la comunidad presente una evaluación de las actividades realizadas por el contratista, presente sus inquietudes finales las cuales deben ser resueltas antes de que se terminen las actividades constructivas en el sector.

Reuniones Extraordinarias

Cuando las actividades de obra así lo exijan, o las mismas comunidades lo soliciten, se programará reuniones extraordinarias con las comunidades del área de influencia directa para informar o concertar sobre situaciones específicas que surjan por la obra con el fin de evitar conflictos con las comunidades.

Reuniones con el Comité de y Participación Comunitaria

Debe conformarse el Comité Participación Comunitaria. Se realizarán reuniones con dicho Comité cada dos meses y así establecer un vínculo permanente entre el contratista y la comunidad a través de sus líderes, y encontrar alternativas de solución a los inconvenientes que puedan surgir durante la obra; lo anterior no anula la programación de reuniones en una frecuencia menor para resolver situaciones conflictivas o la necesidad de brindar información a la comunidad.

Es importante que los miembros de Comité tengan claro que son agentes multiplicadores de la información recibida en los comités, que la información que se comparta, debe ser concisa y veraz, que recaer en ellos la responsabilidad mantener actualizada a la comunidad con respecto a las novedades que se presenten.

Línea base

Con el fin de establecer parámetros con la comunidad en los que en la cual se maneje la transparencia en la ejecución de la obra, se propone hacer actas de vecindad en predios que limiten directamente con la obra con el fin de que se puedan determinar los impactos en los predios a partir de la intervención en la zona de influencia directa.

Contratación de Mano de Obra Local

La consultoría social será el facilitador con la comunidad para la gestión de los perfiles necesarios para obra, teniendo en cuenta los requerimientos técnicos para la ejecución de la misma, así mismo informará las condiciones contractuales, así como las recomendaciones para el óptimo desempeño en las funciones delegadas.

Así mismo informará a la comunidad acerca de las recomendaciones necesarias para evitar inconvenientes, temas como el acceso no permitido a las viviendas, el préstamo de dinero, la venta de productos para el posterior pago, entre otros.

Medios de comunicación

Como uno de los medios para acercamiento a la comunidad, está el correo electrónico, y una línea de atención telefónica. Por lo tanto, se recomienda al constructor, que establezca un correo exclusivo para el proyecto, así como una línea telefónica para atención a la comunidad.

SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Registro fotográfico

POBLACION BENEFICIADA

Son aproximadamente 5 a 6 personas por vivienda (edificación). Este dato sale del número de personas promedio por unidad de vivienda que fueron reubicadas del sector donde se materializó el evento $228 \text{ personas} / 42 \text{ viviendas} = 5,43 \text{ personas por vivienda}$. En ese orden de ideas para las edificaciones de más de 60 m^2 suponemos que las habitan 6 personas y el las de menos de 60 m^2 5 personas para $137 \text{ viviendas} * 6 \text{ personas} + 72 \text{ viviendas} * 5 \text{ personas} = 1182 \text{ personas beneficiadas por la obra}$

I 4 PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

Este documento corresponde al planteamiento de los requerimientos mínimos, para el Plan de Manejo del Tránsito durante la ejecución de las obras objeto del contrato.

La señalización propuesta se hace con referencia a la Resolución 1885 de 2015 “MANUAL DE SEÑALIZACIÓN” del MINISTERIO DE TRANSPORTE.

Dado el constante desarrollo que se presenta en las grandes urbes, éstas van ganando dimensiones y habitantes de tal manera que generan notorios cambios en sus configuraciones, principalmente por la población asentada en las periferias de las ciudades, las cuales poco a poco van logrando reconocimiento e inclusión a la ciudad. No obstante, estas nuevas poblaciones no han sido debidamente planeadas por lo que es común encontrarlas vulnerables ante diferentes eventos. Por tal motivo, buscando el bienestar e integridad de la comunidad, se requiere la elaboración de estudios que permitan definir las medidas preventivas y de mitigación que sean necesarias para cumplir dicho objetivo.

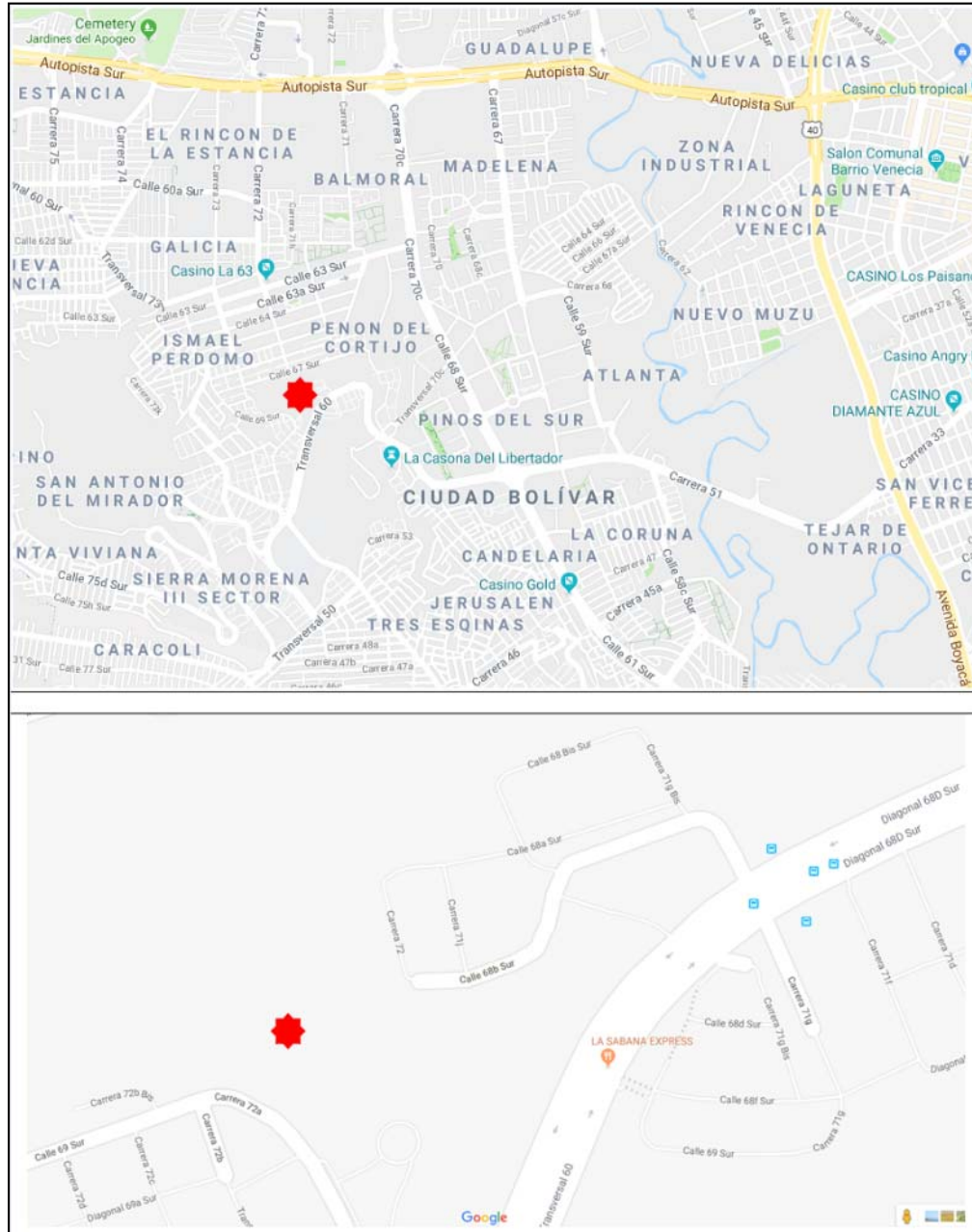
El barrio Peñón del Cortijo es un área legalizada con crecimiento urbano desde el año 1985, asentado sobre espacios de antigua explotación minera sin recuperación geomorfológica que modelaron el paisaje previo a la urbanización; el proceso de intervención del territorio ha incluido la generación de espacios para viviendas, inclusión de redes de servicios públicos, mobiliario urbano, vías, todos adaptándose a la geoforma antropizada del área y limitados por la cercanía al escarpe rocoso de altura mayor a 25 metros que marca el cambio topográfico más importante de la zona.

En dicho talud y desde el inicio de la conformación del barrio, se han presentado algunos movimientos en masa de magnitud preferentemente baja y que había generado daños en el pie del mismo; el avance de estos daños aumentó notoriamente en los años 2006 a 2015 y por ello la alcaldía local de Ciudad Bolívar construyó una medida de mitigación que generó una estabilidad temporal.

Ahora bien, en el transcurso del año 2018 se ha generado un aumento de las afectaciones y cambio de la dinámica del movimiento, afectando por lo menos tres manzanas ubicadas en la parte superior del talud junto a los elementos urbanos adyacentes, por lo cual el IDIGER declaró la condición de urgencia manifiesta bajo la Resolución 281 de 19 de junio de 2018 y asignó a JAM Ingeniería, en el marco del contrato 231 de 28 de junio de 2018, la elaboración del Estudio de riesgo por movimientos en masa y planteamiento de medidas de reducción en el barrio el peñón del Cortijo III Sector de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, D.C.

14.1 LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS

El área de estudio se localiza en el barrio El Peñón del Cortijo Sector III, en la localidad de Ciudad Bolívar, al sur-occidente de la ciudad de Bogotá; con un área aproximada de 7 Ha. A continuación, se presentan las coordenadas de los vértices del polígono que conforma el área de estudio.



*Ilustración 14-1 Localización del proyecto.
Fuente: Google maps y elaboración propia.*

Por el tipo de obra a ejecutar, muero en tierra armada, las labores a ejecutar son:

- Señalización de la zona de obra y de aproximación.
- Ejecución del respectivo cierre y confinamiento de la obra.
- Replanteo.
- Ejecución de los trabajos descritos anteriormente
- Demarcación y colocación de señalización vial definitiva.
- Retiro de señalización de obra.
- Apertura.

Otras actividades paralelas a las constructivas son:

- Traslado de equipos.
- Construcción y/o adecuación de campamento.
- Gestión de Tránsito y Gestión Ambiental

14.2 DURACIÓN Y HORARIO DE LA OBRA

Las labores se realizarán durante 10 meses aproximadamente. En el transcurso de las obras se contempla la entrada y salida de volquetas, materiales de construcción, maquinaria, etc. El tráfico se verá afectado mientras duren los trabajos. Los trabajos se ejecutarán en el horario de las 07:00 a 18:00 horas y en horas de la noche (de las 18:00 horas a las 07:00 horas) en los periodos de tiempo que así lo requieran, implementando la señalización pertinente indicada en la Figura **Anexo H.2**.

14.3 MAQUINARIA Y EQUIPO A UTILIZAR

Durante la ejecución de los trabajos programados se utilizará maquinaria y herramienta menor, que no requiere ningún proceso especial de instalación, operación o retiro.

- ✓ Torregrúa
- ✓ Grúa PH
- ✓ Motoniveladoras
- ✓ Recicladoras
- ✓ Vibrocompactadores
- ✓ Retroexcavadoras.
- ✓ Irrigador.



- ✓ Volquetas.
- ✓ Herramienta menor: palas, picas, carretillas, barras, etc.

14.3.1 Instalación, manejo y retiro de maquinaria

La maquinaria a utilizar para este tipo de obra, estará ubicada dentro de los cerramientos de la obra, evitando inconvenientes a los habitantes del sector; las volquetas que transporten materiales de desecho hacia las escombreras y las mismas que traigan material para la obra, cumplirán con las normas pertinentes. Cuando sea necesario interrumpir el tránsito vehicular se dispondrá de paleteros para el manejo del mismo.

14.4 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO

14.4.1 Características de las vías afectadas por la obra

El acceso al proyecto se realizará por la red vial principal arterial en una vía de doble calzada con separador que es la continuación de la Avenida Gaitán Cortés luego de la intersección con la Avenida Villavicencio por la denominada Carrera 51 la cual luego se convierte en la Diagonal 68D Sur hasta donde se encuentra con la Transversal 60. En este punto toma a la derecha (hacia el norte) por la Carrera 71G (vía local) hasta la Calle 68B Sur (vía local) y gira hacia el occidente cruzándose con la Carrera 72 y continúa hasta el cerramiento de obra cerca de 50 metros más en una zona destapada adyacente al muro existente y que se va a construir con nuevas especificaciones. Debido a que la Carrera 71G y la Calle 68B Sur corresponden a unas vías locales con un volumen vehicular muy bajo, el tráfico podrá continuar su recorrido sin que se generen traumatismos al ejecutar la obra.

14.4.2 Manejo de tránsito

Con la construcción de la obra y teniendo en cuenta el volumen bajo de tránsito, la afectación será mínima, porque no habrá cierre de la vía, lo cual implica que no habrá desvío. Se deberán ubicar dos bandereros en cada extremo del acceso en las vías locales debidamente dotados de comunicación.

Como la vía afectada presenta doble sentido de circulación, con capacidad de dos carriles, durante las actividades de entrada y salida de equipos el flujo vehicular se garantizará.

14.4.3 Manejo de peatones

Dentro de cualquier obra el actor del tránsito más vulnerable es el peatón, por lo cual al igual que los demás componentes del tránsito, es necesario proteger aislándolo totalmente de la zona de obra. Durante las maniobras de entrada y salida, se instalará señalización temporal que indique el camino para los peatones.

14.4.4 Manejo de vehículos de carga

Los vehículos de carga del constructor, deberán ajustarse a la reglamentación establecida para el transporte de materiales. En el sitio establecido para cargue y descargue de materiales, maquinaria y equipo en la zona de obra se dispondrá de una persona debidamente capacitada para ejercer el control.

14.4.5 Señalización y adecuaciones temporales

La señalización temporal que se instalará en la zona de obra es en material reflectivo grado ingeniería y está de acuerdo con la Resolución 1885 de 2015 “*MANUAL DE SEÑALIZACIÓN*”.

La señalización a utilizar es informativa, preventiva y reglamentaria; no se requiere del uso de pasacalles, dado a que no se realizarán desvíos, esta señalización se retirará una vez

se culminen los trabajos. La disposición y ubicación de la señalización a instalar, se muestra en el plano adjunto al presente estudio.

La función de la señalización, es la de informar y prevenir de la presencia de trabajos en la zona. Este tipo de señalización es temporal, su instalación será anterior a la iniciación de las operaciones, permanecerá el tiempo que duren los trabajos y se retirará cuando se generen condiciones aceptables de operación y seguridad del tránsito.

14.4.5.1 Señales de prevención o preventivas

Tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta. Estas señales se identifican por el código SP. Se utilizarán señales de 90 o 120 cm de tamaño, con fondo naranja, orla negra, símbolo y letras en color negro.

Dentro de las posibles señales preventivas a utilizar están:

SPO-01, Trabajos en la Vía. Esta señal se emplea para advertir la proximidad a un tramo de la vía sometido a trabajos de reconstrucción o conservación dentro de la calzada o zonas aledañas.



SIO-01, Vía en Construcción. Esta señal se emplea para prevenir la aproximación a un tramo de calle o carretera que se encuentre bajo condición de construcción, reconstrucción o conservación.



SPO - 02, Maquinaria en la vía. Esta señal se emplea para advertir la proximidad a un sector por el que habitualmente circula equipo pesado para el desarrollo de la obra.



14.4.5.2 Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias, tienen por objeto advertir al usuario de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso. Estas señales se identifican por el código SR. La violación a las indicaciones de una señal reglamentaria acarreará las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito. Deben ser de 90 cm de tamaño, con fondo blanco, orla roja, símbolo y letras en color negro.

Dentro de las posibles señales reglamentarias a utilizar están,

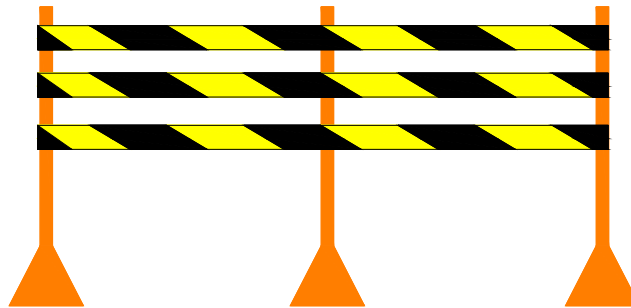
SR-30, Velocidad Máxima. Esta señal se emplea para indicar la máxima velocidad a la que se puede circular, expresada y en Kilómetros por hora (km/h).



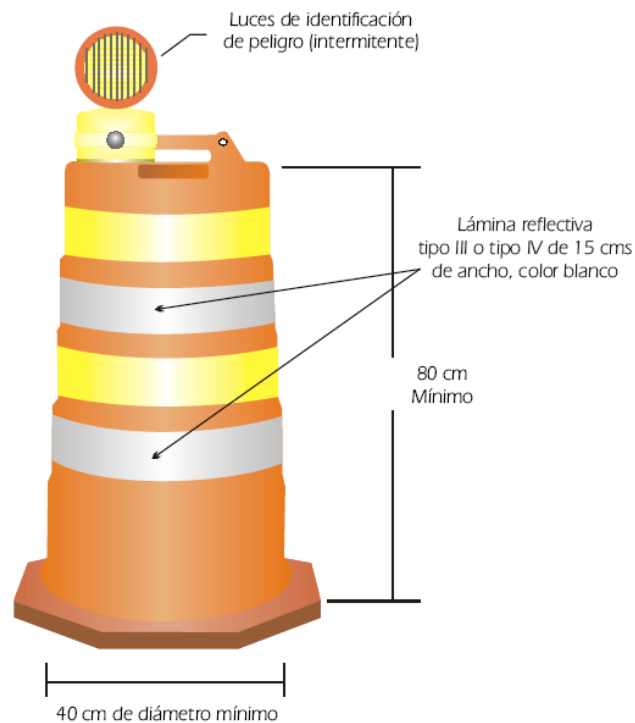
14.4.5.3 Otros dispositivos a utilizar

Barreras de cinta plástica reflectiva. Con el fin de aislar las zonas demarcadas para la ejecución de los trabajos, se utilizarán barreras móviles de cinta plástica reflectiva. Las barreras estarán formadas por tres (3) bandas horizontales de cinta reflectiva de polietileno calibre 4, de diez (10) centímetros de ancho con franjas alternadas de color anaranjado y negro que proporcionen la máxima visibilidad para el caso de los senderos peatonales, sostenida a intervalos regulares por soportes verticales de 1.20 mts de altura, distanciados

cada cinco (5) metros y que se mantendrán firmes en los sitios en donde sean colocados y se puedan trasladar fácilmente cuando así se necesite.



Dispositivos Luminosos: El desarrollo de las obras viales, genera con frecuencia condiciones peligrosas en las horas nocturnas, debido al cierre temporal de calzadas u obras de arte, por lo anterior es necesario complementar las señales verticales y los elementos de canalización con dispositivos luminosos, consistentes en luces intermitentes o de destello, éstas serán de tipo A, de baja intensidad.



14.5 PROCESO PARA LA PUESTA EN MARCHA

Una vez se hayan aprobado los requerimientos de construcción, se procederá a señalar de acuerdo con lo indicado en los planos, es decir se instalarán todas las señales preventivas, reglamentarias e informativas, con ayuda de cinta de seguridad y soportes verticales.

14.6 PROCESO PARA FISCALIZACIÓN DEL PLAN

La responsabilidad de la implementación, ajuste y seguimiento del plan estará a cargo del Constructor, a través del Ingeniero Especialista de Tránsito, con el apoyo del Residente de Obra y la supervisión de la interventoría.

14.7 REGISTRO DE AJUSTE DEL PLAN

En la medida que se requiera hacer ajustes al plan, se llevará el registro de modificaciones indicando el tipo, fecha y justificación, previo cumplimiento de los trámites contractuales, entendiéndose que este plan es dinámico y requiere de una continua retroalimentación y ajuste.

15 ESTUDIO PREDIAL

15.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio corresponde al análisis de la situación actual de los predios que serán afectados con las obras de mitigación planteadas dentro del “Estudio de riesgo por movimiento en masa y planeamiento de medidas de reducción, en los barrios Peñón el Cortijo y Sierra Morena”.

Con este fin se analiza lo relacionado con la información cartográfica, catastral, urbanística, física y jurídica existente a la que se pudo tener acceso.

De conformidad con el anexo técnico se analiza la información gráfica y alfanumérica contenida en las bases de datos de la UAECD, IDECA, DADEP y SDP, con consulta de certificados de tradición y libertad, títulos de adquisición, planos urbanísticos y registros RUPI, de los predios localizados en el área de estudio.

15.2 METODOLOGÍA

Inicialmente se determinan los predios afectados por las obras de mitigación de acuerdo a la cartografía de diseño planteada e información de la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital – IDECA, encontrando que los predios donde se ubican las obras son treinta y seis (36), de los cuales cinco (5) corresponden a zonas de espacio público (zonas verdes o equipamiento comunal), cinco (5) son predios en proceso de adquisición por parte de la Caja de Vivienda Popular (predios que se encuentran en suelo protegido no urbanizable) y los veintiséis (23) restantes corresponden a predios en proceso de compra por parte del IDIGER, algunos de los cuales ya han sido adquiridos por esta entidad o poseen registrada la oferta de compra.

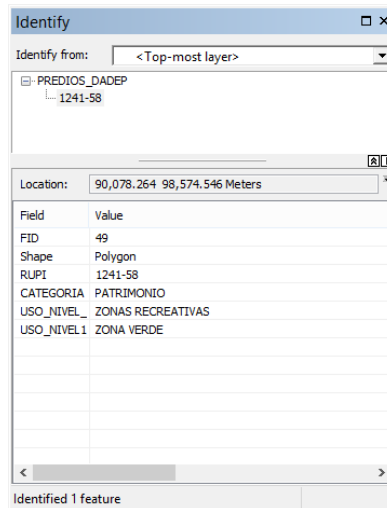
Por lo anterior, se elaboran fichas prediales por muestreo a algunos de los predios afectados, considerando que estos predios ya cuentan con estudios prediales por las mencionadas entidades. En cuanto al estudio de títulos, se realiza un análisis global.

Una vez se define el universo predial se procede a investigar la información urbanística en la SDP, para establecer comparación con la información aportada en los archivos shape por las diferentes entidades, y la que puede ser extraída de las páginas de internet (SINUPOT, SIGDEP, IDECA, VUR, etc.), para obtener los datos generales de los predios tanto de espacio público como de propiedad particular.

La información obtenida se presenta en el presente documento, y en resumen en la sábana predial anexa. Es importante tener en cuenta que de los predios que son de espacio público (zonas verdes y de equipamiento comunal) no fue posible determinar datos de titularidad. El DADEP aportó información sobre el número de RUPI, categoría (inventario o patrimonio)

y Uso (Nivel y Nivel 1) como se observa en la siguiente imagen (shape), sin aportar ningún tipo de información jurídica:

Ilustración 15-1 Información shape DADEP



Fuente: base DADEP aportada

La información más completa que se pudo obtener para algunos predios permite diligenciar fichas prediales muestra, que contienen datos de ubicación, identificación predial, áreas (terreno y construcción), datos jurídicos de titularidad y en general todos los aspectos que permiten identificar la situación actual de los predios.

En resumen, se consultan los siguientes documentos:

- ✓ Información cartográfica y base de datos alfanumérica de las páginas <http://sinupotp.sdp.gov.co>, mapas.bogota.gov.co, sigdep.dadep.gov.co
- ✓ Certificaciones catastrales de noviembre de 2018
- ✓ Documentación correspondiente a la tradición de algunos de los predios que son propiedad de particulares.
- ✓ Plano urbanístico CB65/4-19 del Desarrollo Peñón El Cortijo III Sector – planoteca SDP
- ✓ Plano Urbanístico CB 269/4-4 del Desarrollo Peñón el Cortijo – en SIGDEP
- ✓ Plano Urbanístico CB58/4-03 del Desarrollo Sierra Morena – planoteca SDP
- ✓ Registros RUPI 1335-13, 1241-58, 1335-19, 1268-75 y 1335-21 – en shape aportado por el DADEP y cartografía de la página sigdep.dadep.gov.co

Base legal:

- ✓ POT de Bogotá D.C. -
- ✓ UPZ 69 Ismael Perdomo – Decreto Distrital 078 del 15/03/2006

15.3 ÁREA DE AFECTACIÓN PREDIAL

Los predios afectados se localizan al sur de la ciudad en la Localidad 19 Ciudad Bolívar, Barrios Catastrales Peñón del Cortijo (002433) y Sierra Morena (002439) que comprenden tres urbanizaciones: Peñón del Cortijo (aprobada en varias etapas), Peñón del Cortijo III Sector y Sierra Morena.

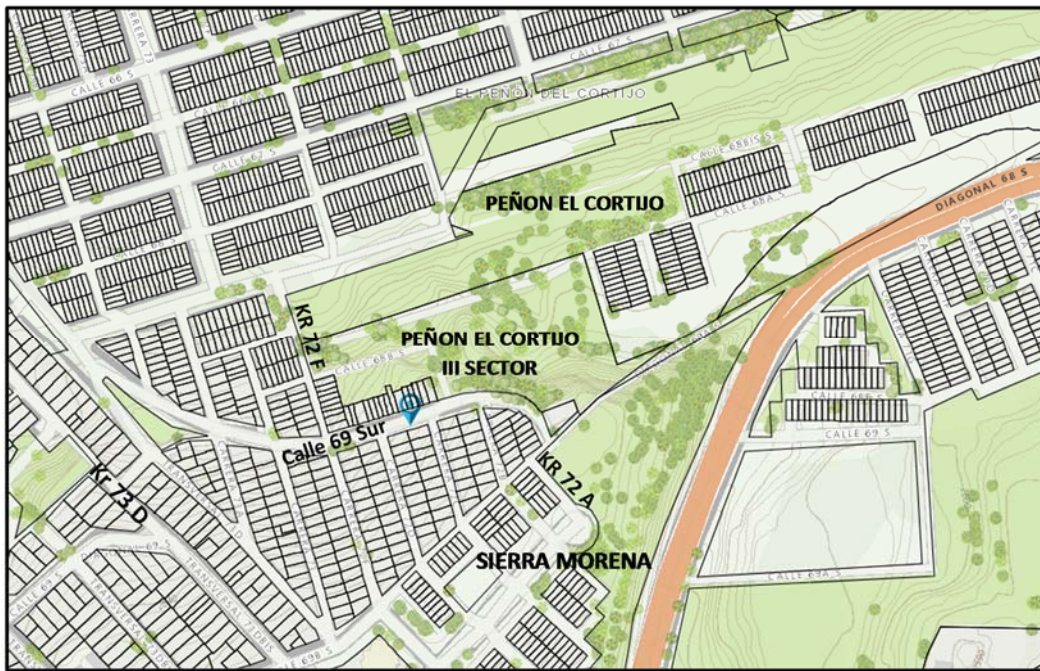


Ilustración 15-2 Localización área de estudio
Fuente: elaboración propia a partir del Plano Topográfico

15.4 DISTRIBUCIÓN PREDIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Los predios afectados por las obras de mitigación por procesos de remoción en masa se distribuyen de la siguiente manera en el área de estudio:

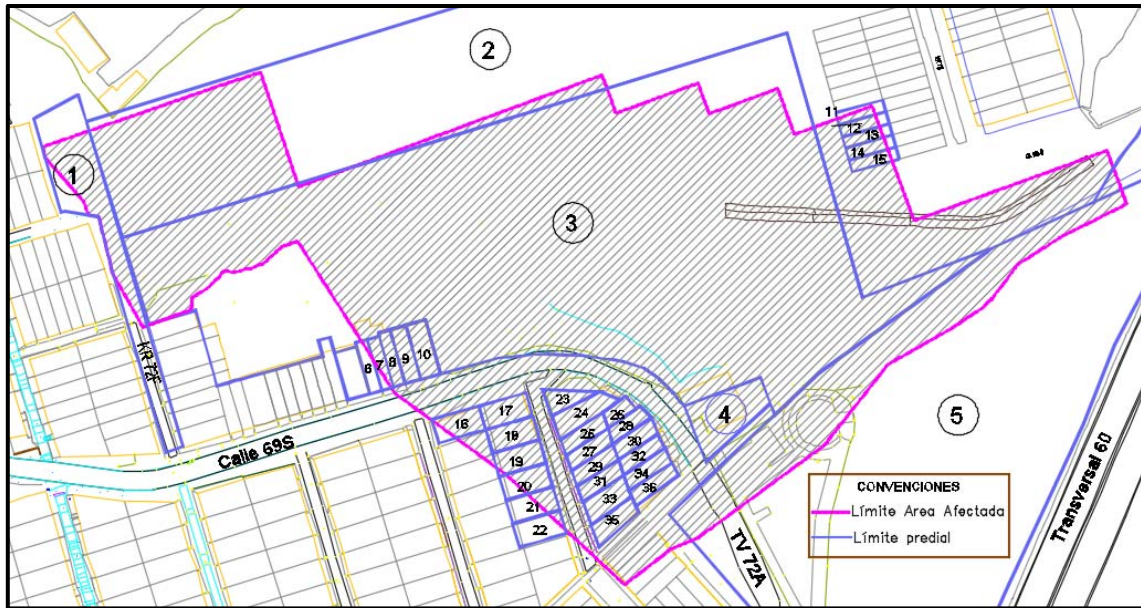


Ilustración 15-3 Distribución espacial de los predios afectados
Fuente: elaboración propia a partir del Plano Topográfico y cartografía UAEC

15.5 INFORMACIÓN BÁSICA CATASTRAL

Los predios corresponden a la siguiente información tomada de la base cartográfica y alfanumérica de la UAEC y certificaciones catastrales: (numeración referida a la Ilustración 15-3 Distribución espacial de predios)

Tabla 15-1 Información catastral

No.	CÓDIGO DE SECTOR	DIRECCIÓN	CHIP	CÉDULA CATASTRAL	DESTINO CATASTRAL
1		CARRERA 72 F - ACTUAL			ESPACIO PUBLICO
2	002433 97 02 000 00000	KR 72 F 68 A 2 SUR	AAA0019NDNN	002433 970200000000	ESPACIO PUBLICO
3	002433 97 04 000 00000	CL 69 SUR 72B 6	AAA0171EHUZ	002433 970400000000	ESPACIO PUBLICO
4	002433 98 01 000 00000	KR 72A 69 02 SUR	AAA0019NDOE	002433 980100000000	DOTACIONAL PRIVADO
5	002439 92 01 000 00000	TV 60 69J 07 SUR	AAA0020KYTO	002439 920100000000	ESPACIO PUBLICO
6	002433 57 06 000 00000	CL 69 SUR 72C 18	AAA0019MUMS	002433 570600000000	RESIDENCIAL
7	002433 57 05 000 00000	CL 69 SUR 72C 12	AAA0019MULW	002433 570500000000	RESIDENCIAL
8	002433 57 04 000 00000	CL 69 SUR 72 C 6	AAA0019MUKL	002433 570400000000	RESIDENCIAL
9	002433 57 03 000 00000	CL 69 SUR 72C 02	AAA0019MUJH	002433 570300000000	RESIDENCIAL

No.	CÓDIGO DE SECTOR	DIRECCIÓN	CHIP	CÉDULA CATASTRAL	DESTINO CATASTRAL
10	002433 57 02 000 00000	CL 69 SUR 72B 34	AAA0019MUHY	002433 570200000000	RESIDENCIAL
11	002433 57 01 000 00000	CL 69 SUR 72B 30	AAA0019MUFT	002433 570100000000	RESIDENCIAL
12	002433 20 06 000 00000	KR 72 68A 22 SUR	AAA0168BUPP	002433 200600000000	NO URBANIZABLE / SUELO PROTEGIDO
13	002433 20 05 000 00000	KR 72 68A 26 SUR	AAA0168BURU	002433 200500000000	NO URBANIZABLE / SUELO PROTEGIDO
14	002433 20 04 000 00000	KR 72 68A 28 SUR	AAA0168BUSK	002433 200400000000	NO URBANIZABLE / SUELO PROTEGIDO
15	002433 20 03 000 00000	KR 72 68A 32 SUR	AAA0168BTLF	002433 200300000000	NO URBANIZABLE / SUELO PROTEGIDO
16	002433 20 02 000 00000	KR 72 68A 34 SUR	AAA0168BTMR	002433 200200000000	NO URBANIZABLE / SUELO PROTEGIDO
17	002433 60 10 000 00000	KR 72C 69 06 SUR	AAA0019MXNX	002433 601000000000	PREDIO CON MEJORA AJENA
18	002433 60 11 000 00000	KR 72B 69 03 SUR	AAA0019MXOM	002433 601100000000	RESIDENCIAL
19	002433 60 12 000 00000	KR 72B 69 11 SUR	AAA0019MXPA	002433 601200000000	RESIDENCIAL
20	002433 60 13 000 0000	KR 72B 69 13 SUR	AAA0019MXRJ	002433 601300000000	RESIDENCIAL
21	002433 60 14 000 0000	KR 72B 69 21 SUR	AAA0019MXSY	002433 601400000000	RESIDENCIAL
22	002433 60 15 000 0000	KR 72B 69 25 SUR	AAA0019MXTD	002433 601500000000	RESIDENCIAL
23	002433 60 16 000 0000	KR 72B 69 35 SUR	AAA0019MXUH	002433 601600000000	RESIDENCIAL
24	002433 59 09 000 0000	KR 72B 69 10 SUR	AAA0019MWWF	002433 590900000000	URBANIZADO NO EDIFICADO
25	002433 59 08 000 0000	KR 72B 69 14 SUR	AAA0019MWUZ	002433 590800000000	RESIDENCIAL
26	002433 59 07 000 0000	KR 72B 69 18 SUR	AAA0019MWTO	002433 590700000000	RESIDENCIAL
27	002433 59 10 000 0000	KR 72A 69 17 SUR	AAA0019MWXR	002433 591000000000	RESIDENCIAL
28	002433 59 06 000 0000	KR 72B 69 22 SUR	AAA0019MWSK	002433 590600000000	RESIDENCIAL
29	002433 59 11 000 0000	KR 72A 69 21 SUR	AAA0019MWYX	002433 591100000000	RESIDENCIAL
30	002433 59 05 000 0000	KR 72B 69 26 SUR	AAA0019MWRU	002433 590500000000	RESIDENCIAL
31	002433 59 12 000 0000	KR 72A 69 25 SUR	AAA0019MWZM	002433 591200000000	RESIDENCIAL
32	002433 59 04 000 0000	KR 72B 69 30 SUR	AAA0019MWPP	002433 590400000000	RESIDENCIAL

No.	CÓDIGO DE SECTOR	DIRECCIÓN	CHIP	CÉDULA CATASTRAL	DESTINO CATASTRAL
33	002433 59 13 000 0009	KR 72A 69 31 SUR	AAA0019MXAW	002433 591300000000	PREDIO CON MEJORA AJENA
34	002433 59 03 000 0000	KR 72B 69 32 SUR	AAA0019MWOE	002433 590300000000	RESIDENCIAL
35	002433 59 14 000 0000	KR 72A 69 37 SUR	AAA0019MXBS	002433 591400000000	RESIDENCIAL
36	002433 59 02 000 0000	KR 72B 69 38 SUR	AAA0019MWNN	002433 590200000000	RESIDENCIAL
37	002433 59 01 000 0000	KR 72A 69 45 SUR	AAA0019MWMS	002433 590100000000	RESIDENCIAL

Fuente: propia a partir información de la UAECD

15.6 INFORMACIÓN URBANÍSTICA Y REGISTROS DADEP (RUPI)

En cuanto a la información urbanística tomada de los planos aprobados de los Desarrollos Peñón del Cortijo (CB 269/4-4), Peñón del Cortijo III Sector (CB 65/4-19) y Sierra Morena (CB58-03), se resume en la siguiente tabla: (numeración referida a la Ilustración 15-3 Distribución espacial de predios)

Tabla 15-2 Información Urbanística

No.	CHIP	DESARROLLO	PLANO URBANÍSTICO	ACTO ADMINISTRATIVO	TIPO DE PREDIO
1		PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	PUBLICO DE CESION - ZONA VIAL - KR 79A ENTRE CL68AS y CL 69S EN PLANO URBANISTICO
2	AAA0019NDNN	PEÑÓN DEL CORTIJO	CB 269/4-4		ZV - CESION DE USO PUBLICO - CESION TIPO A-6 EN PLANO URBANISTICO
3	AAA0171EHUZ	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	ZONA VERDE 2
4	AAA0019NDOE	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	ZONA COMUNAL - EQUIPAMIENTO COMUNAL - ESCUELA
5	AAA0020KYTO	SIERRA MORENA	CB58/4-03	Resolución 1126 del 18/12/1996 - DAPD	ZONA VERDE - CESION DE USO PUBLICO - Z.V.A66
6	AAA0019MUMS	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 6 MZ 8 o 57
7	AAA0019MULW	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 5 MZ 8 o 57
8	AAA0019MUKL	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 4 MZ 8 o 57
9	AAA0019MUJH	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 3 MZ 8 o 57
10	AAA0019MUHY	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 2 MZ 8 o 57

No.	CHIP	DESARROLLO	PLANO URBANÍSTICO	ACTO ADMINISTRATIVO	TIPO DE PREDIO
11	AAA0019MUFT	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 1 MZ 8 o 57
12	AAA0168BUPP	PEÑON DEL CORTIJO	CB269/4-2		
13	AAA0168BURU	PEÑON DEL CORTIJO	CB269/4-2		
14	AAA0168BUSK	PEÑON DEL CORTIJO	CB269/4-2		
15	AAA0168BTLF	PEÑON DEL CORTIJO	CB269/4-2		
16	AAA0168BTMR	PEÑON DEL CORTIJO	CB269/4-2		
17	AAA0019MXNX	PEÑON DEL CORTIJO	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 10 MZ 2 o 60
18	AAA0019MXOM	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 11 MZ 2 o 60
19	AAA0019MXPA	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 12 MZ 2 o 60
20	AAA0019MXRJ	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 13 MZ 2 o 60
21	AAA0019MXSY	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 14 MZ 2 o 60
22	AAA0019MXTD	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 15 MZ 2 o 60
23	AAA0019MXUH	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 16 MZ 2 o 60
24	AAA0019MWWF	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	SIN IDENTIFICACION EN PLANO URBANISTICO
25	AAA0019MWUZ	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 7 MZ 1 o 59
26	AAA0019MWTO	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 6 MZ 1 o 59 (MITAD)
27	AAA0019MWXR	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 8 MZ 1 o 59
28	AAA0019MWSK	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 6 MZ 1 o 59 (MITAD)
29	AAA0019MWYX	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 9 MZ 1 o 59
30	AAA0019MWRU	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 5 MZ 1 o 59
31	AAA0019MWZM	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 10 MZ 1 o 59
32	AAA0019MWPP	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 4 MZ 1 o 59
33	AAA0019MXAW	PEÑON DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 11 MZ 1 o 59

No.	CHIP	DESARROLLO	PLANO URBANÍSTICO	ACTO ADMINISTRATIVO	TIPO DE PREDIO
34	AAA0019MWOE	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 3 MZ 1 o 59
35	AAA0019MXBS	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 12 MZ 1 o 59
36	AAA0019MWNN	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 2 MZ 1 o 59
37	AAA0019MWMS	PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR	CB65/4-19	Resolución 17 del 22/01/99 - DAPD	LOTE 1 MZ 1 o 59

Fuente: propia a partir de los planos urbanísticos

No fue posible determinar la Resolución de aprobación de la Urbanización Peñón del Cortijo aprobada mediante los planos CB 269-1 a CB 269-4; solamente se logró la consulta de los planos CB 269- 4 y CB 269-3 en la página sigdep.dadep.gov.co, los cuales se anexan en PDF al igual que los planos escaneados CB 65/4-19 y CB 58/4-03 consultados en la planoteca de la SDP.

En los planos urbanísticos se pueden identificar los predios que corresponden a zonas de espacio público, los cuales son los 5 primeros de las Tabla 15-1 y Tabla 15-2, que se identifican a continuación con los Registros Únicos de Propiedad Inmobiliaria – RUPI e identificación urbanística.

15.6.1 Afectación en Cesiones de Uso Público

Predio 1: Corresponde según el plano urbanístico CB 65/4-19 del Desarrollo Peñón del Cortijo III Sector a la Zona de Cesión Vial de la Carrera 79 A entre Calles 68A Sur y 69S (hoy Calle 72 F), zona que cuenta con el RUPI 1335-13. No fue posible establecer los datos de titularidad con la información aportada por el DADEP.

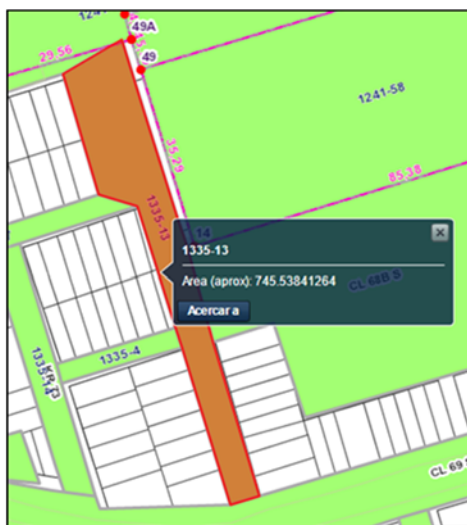
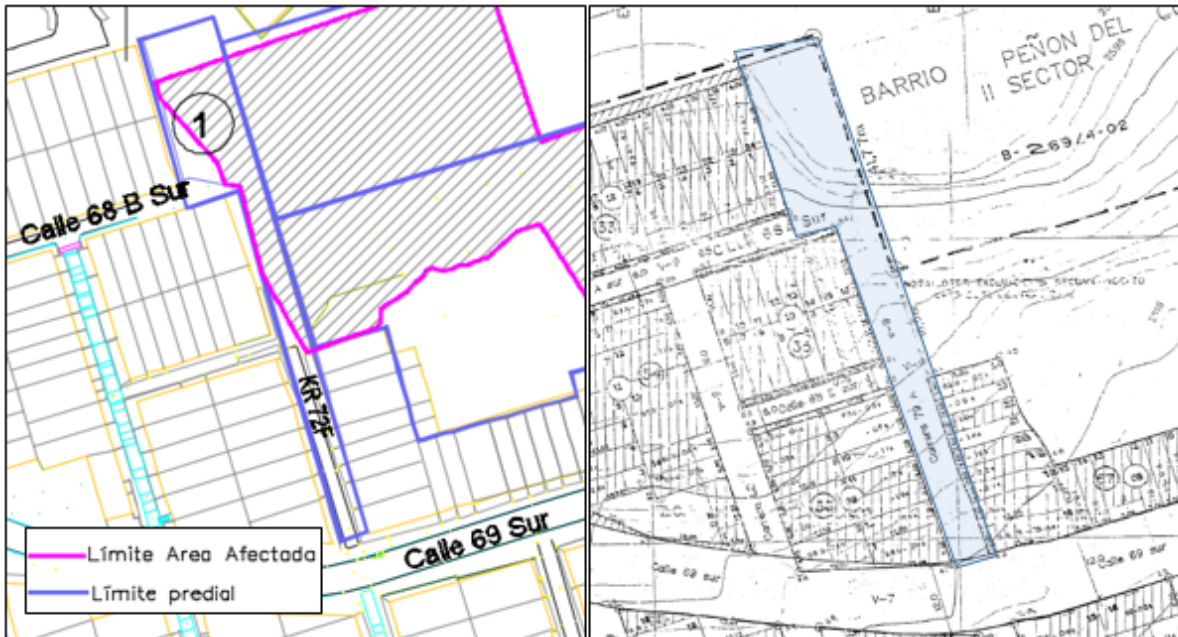


Ilustración 15-4 RUPI 1335-13

Fuente: SIGDEP

Sobre esta zona se presenta una afectación con ocupación parcial por las obras de mitigación.



*Ilustración 15-5 Predio cesión vial hoy Carrera 72 F
Fuentes: planos topográfico y urbanístico CB 6514-19*

Predio 2: En el plano urbanístico CB 269/4-4 del Desarrollo Peñón del Cortijo corresponde a la Zona de Cesión Tipo A6 - Zona Verde, que según el RUPI 1241-58 tiene un área de 2998.49 M², sin embargo, en el registro de la UAEC el predio con BARMANPRE 0024339702 registra un área de 33187.90 M², es decir, que aparentemente incluye varias de las zonas de Cesión del plano urbanístico. En el plano urbanístico no se especifica el área de esta zona.

No fue posible establecer los datos de titularidad con la información aportada por el DADEP.

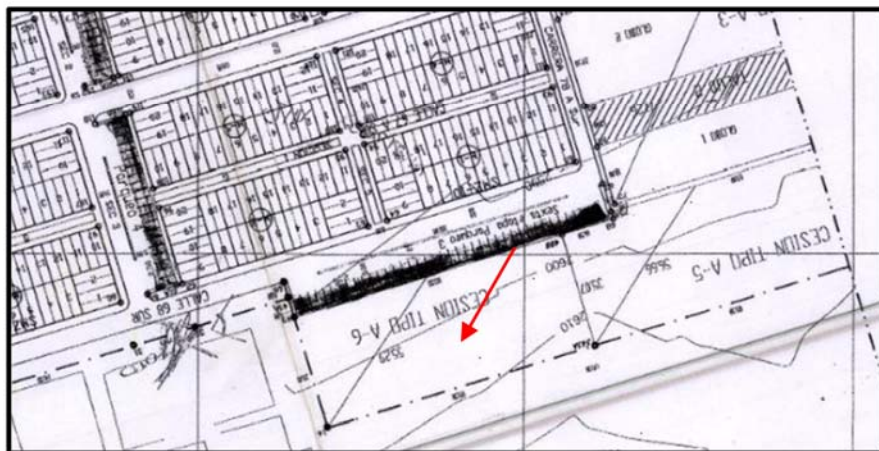
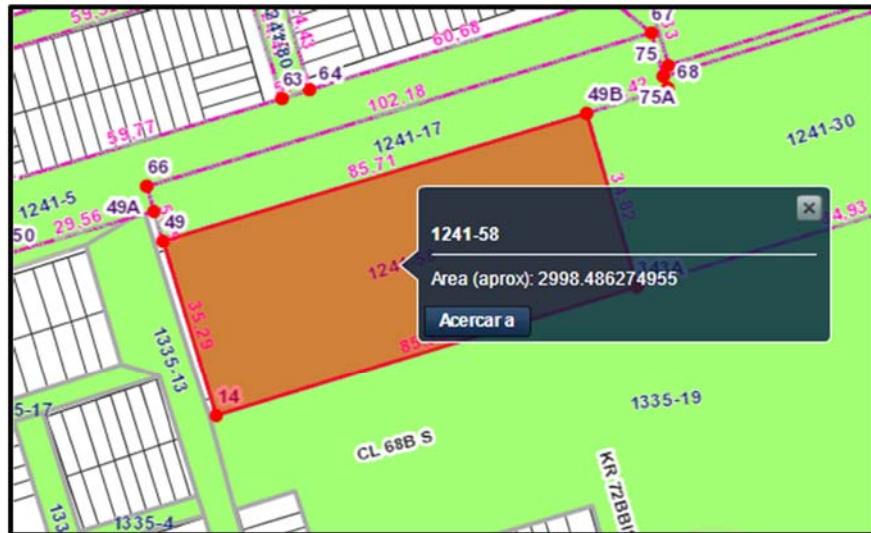
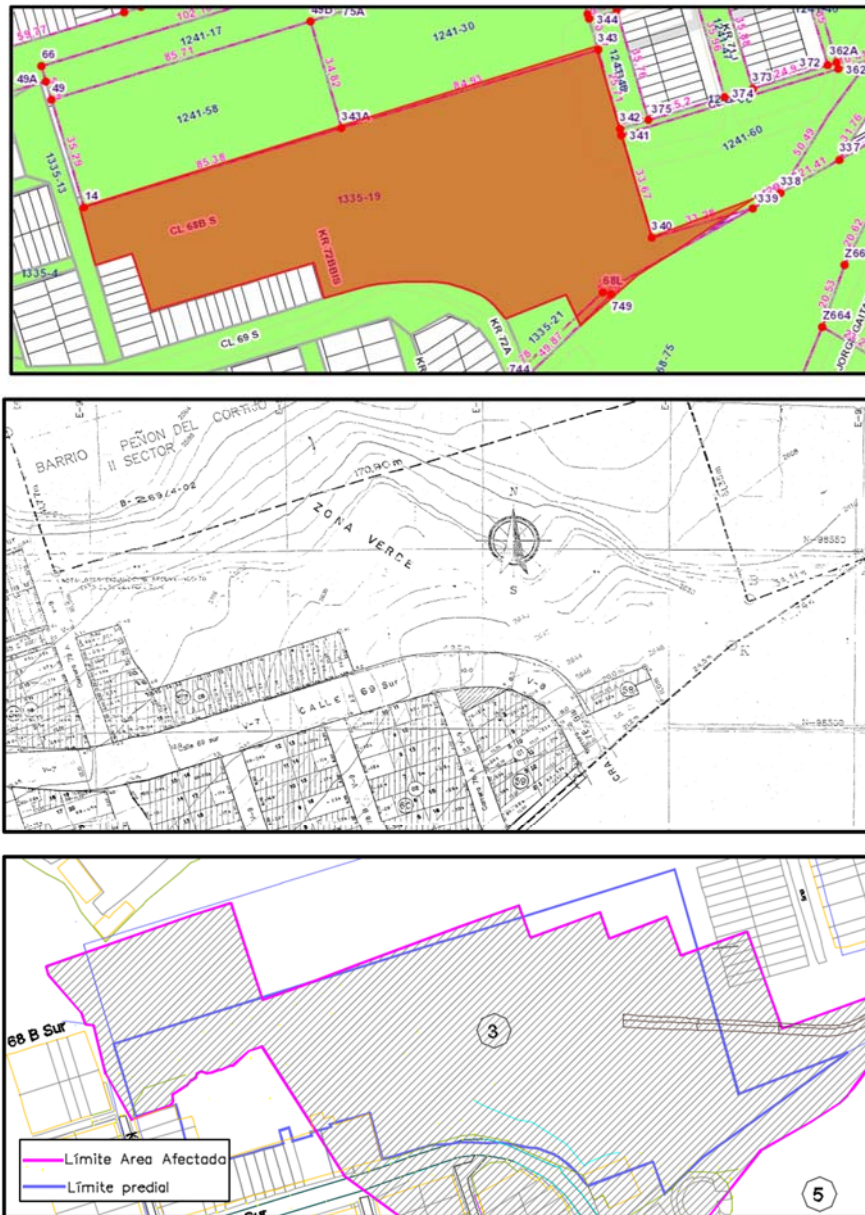


Ilustración 15-6 RUPI 1241-58, plano topográfico, plano urbanístico CB 269/4-4
Fuentes: SIGDEP, planos topográfico y urbanístico

Predio 3: En el plano urbanístico CB 65/4-19 del Desarrollo Peñón del Cortijo III Sector corresponde a la Zona de Cesión Pública denominada Zona Verde 2, sin determinación de área en el mencionado plano.

Presenta RUPI 1335-19 con área de 9229.12 m², sin embargo, en el registro de la UAECD el predio con BARMANPRE 0024339704 registra un área de 9987.30 m². No fue posible establecer los datos de titularidad con la información aportada por el DADEP.



*Ilustración 15-7 RUPI 1335-19, plano urbanístico CB 65/4-19, plano topográfico
Fuentes: SIGDEP, planos urbanístico y topográfico*

Predio 4: En el plano urbanístico CB 65/4-19 del Desarrollo Peñón del Cortijo III Sector corresponde a la Zona de Cesión Pública denominada Zona Comunal Escuela, sin determinación de área en el mencionado plano. Presenta RUPI 1335-21 con área de 305.29 m², sin embargo, en el registro de la UAECD el predio con BARMANPRE 0024339801 registra un área de 266.390 m².

Este predio cuenta con folio de matrícula inmobiliaria 50S-40323177 donde se registra un área de 300.80 m²



*Ilustración 15-8 RUPI 1335-21, plano urbanístico CB 65/4-19, plano topográfico
Fuentes: SIGDEP, planos urbanístico y topográfico*

Predio 5: En el plano urbanístico CB 58/4-03 del Desarrollo Sierra Morena corresponde a la Zona de Cesión Pública denominada Zona Verde A 66, sin determinación de área en el mencionado plano. Presenta RUPI 1268-75 con área aproximada de 14967.81 m²; no fue posible establecer el área del predio catastral correspondiente con BARMANPRE 0024399201, Tampoco fue posible establecer los datos de titularidad con la información aportada por el DADEP.

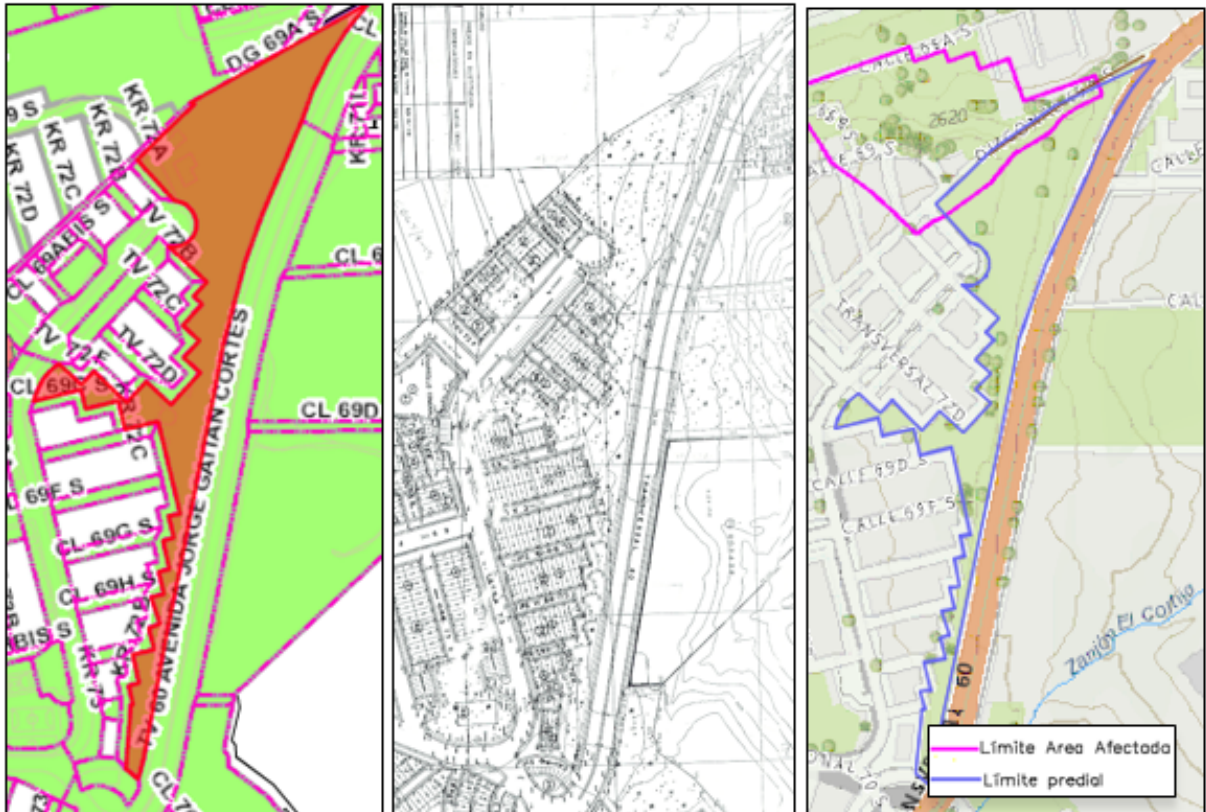


Ilustración 15-9RUP1 1268-75, plano urbanístico CB 58/4-03, plano topográfico
Fuentes: SIGDEP, planos urbanístico y topográfico

15.6.2 Predios con Procesos de Compra por Entidad Pública

Se encuentran en proceso de compra por parte del IDIGER los predios 6 al 10 y 16 al 36, correspondientes a lotes de las manzanas 8 ó 57, 2 ó 60 y 1 ó 59 del plano urbanístico CB 65/4-19 del Desarrollo Peñón del Cortijo III Sector. En casi la totalidad de estos predios se ha demolido la construcción.

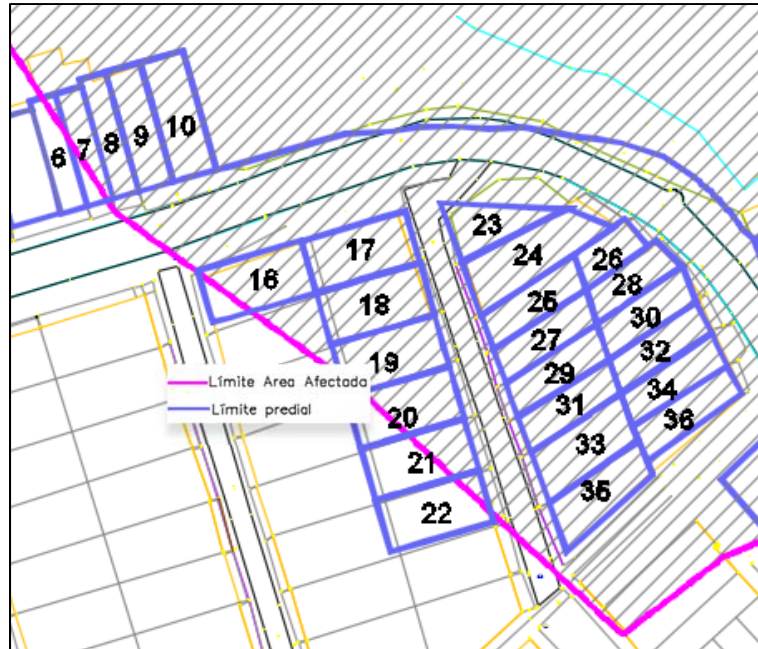


Ilustración 15-10 Predios 6 a 10 y 16 a 36
Fuente: plano topográfico

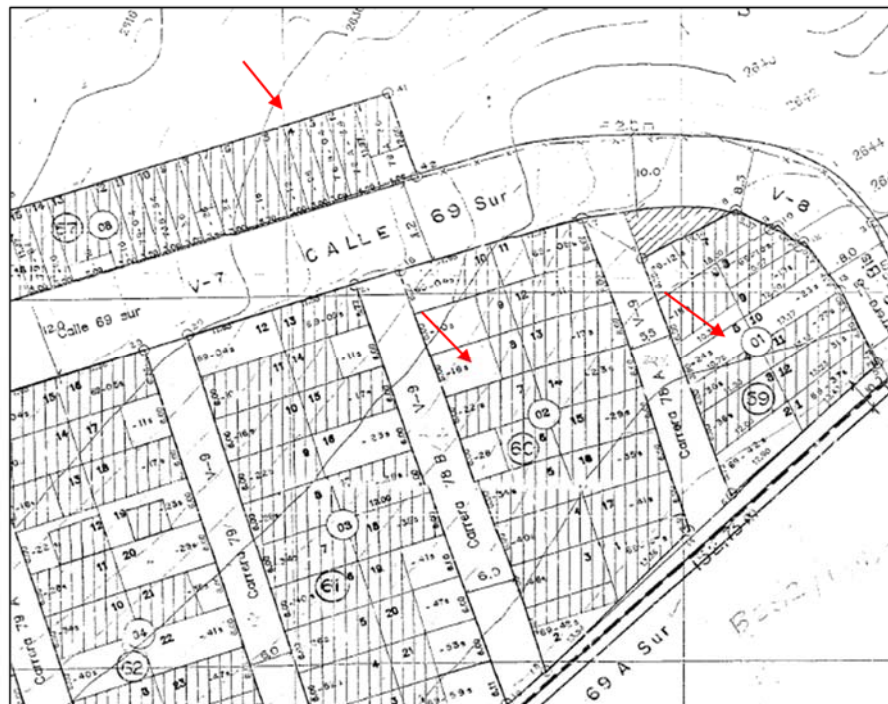


Ilustración 15-11 Predios manzanas 57, 60 y 59 del plano urbanístico CB 65/4-19
Fuente: plano topográfico

Se encuentran en diferentes procesos por parte de la Caja de Vivienda Popular los predios 11 a 15 de nuestros listados prediales, correspondientes al plano urbanístico CB 269/4-2 del Desarrollo Peñón del Cortijo. Estos predios se encuentran en suelo no urbanizable / suelo protegido.

No fue posible contar con el plano urbanístico CB 269/4-2, a pesar de la consulta realizada en la planoteca de la SDP.

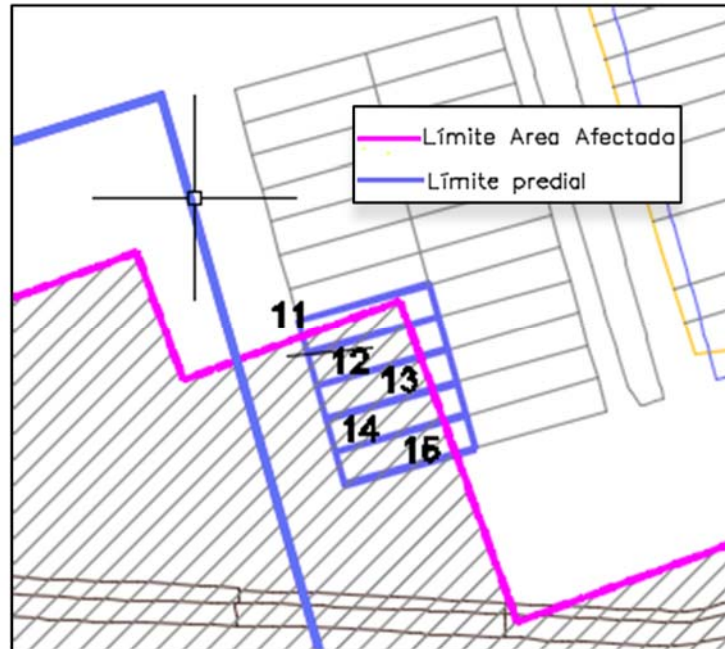


Ilustración 15-12 Predios 11 a 16
Fuente: plano topográfico

15.7 INFORMACIÓN JURÍDICA

15.7.1 Información general

Se identificaron los siguientes datos en cuanto a la situación jurídica de los predios en estudio, la mayoría tomada de las certificaciones catastrales que se anexan: (numeración referida a la Ilustración 15-3 Distribución espacial de predios)

Tabla 15-3 Información Jurídica

No.	CÓDIGO DE SECTOR	DIRECCIÓN	CHIP	MATRÍCULA INMOBILIARIA	PROPIETARIO	TITULO DE ADQUISICIÓN
1		CARRERA 72 F - ACTUAL				
2	002433 97 02 000 00000	KR 72 F 68 A 2 SUR	AAA0019NDNN		BOGOTA D.C. EN CERTIFICACION CATASTRAL	
3	002433 97 04 000 00000	CL 69 SUR 72B 6	AAA0171EHUZ	PROBABLE MATRIZ 50S- 847617	BOGOTA D.C. EN CERT. CATASTRAL	
4	002433 98 01 000 00000	KR 72A 69 02 SUR	AAA0019NDOE	050S40323177	EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS COLOMBIA EXPAC LTDA NIT 60021557	ESC. 7144 DEL 08/10/1984 DE LA NOT. 9ª DE BOGOTA D.C. - EN MAYOR EXTENSION
5	002439 92 01 000 00000	TV 60 69J 07 SUR	AAA0020KYTO		BOGOTA D.C.	
6	002433 57 05 000 00000	CL 69 SUR 72C 12	AAA0019MULW	050S40323060	LUCY SALGUERO cc 41730541	ESC 1546 DEL 28/12/2000 Not. 1a DE SOACHA
7	002433 57 04 000 00000	CL 69 SUR 72 C 6	AAA0019MUKL	050S40323059	MELBA EUGENIA ORTIZ MENDOZA cc 20410866	ESC 1562 DEL 29-12-2000 NOT. 1a DE SOACHA
8	002433 57 03 000 00000	CL 69 SUR 72C 02	AAA0019MUJH	050S40323058	JESUS EMILIO VAQUIRO CC 3046577 (50%) y MARIA FANNY CAICEDO DE VAQUIRO CC 20612431 (50%)	ES 1537 DEL 28/12/2000 DE LA NOT 1a DE SOACHA -
9	002433 57 02 000 00000	CL 69 SUR 72B 34	AAA0019MUHY	050S40323057	EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS COLOMBIA EXPAC LTDA	ESC 45 DEL 01/02/1999 DE LA NOT.1a DE SOACHA
10	002433 57 01 000 00000	CL 69 SUR 72B 30	AAA0019MUFT	050S40323056	IDIGER NIT 8001542751	ESC 7297 DEL 23/10/2018 DE LA NOT. 38 DE BOGOTA D.C.
11	002433 20 06 000 00000	KR 72 68A 22 SUR	AAA0168BUPP	050S40398230	JOSE LUIS CAMPOS CC 11319080 y MARIA ELENA NIEVES MARTINEZ TOVAR CC 39570890	ESC. 105 DEL 30/01/2003 DE LA NOT. 2a DE SOACHA
12	002433 20 05 000 00000	KR 72 68A 26 SUR	AAA0168BURU	050S40398227	NELCY DEL SOCORRO CASTRO MESA CC 41724606	ESC. 1016 DEL 14/07/2003 DE LA NOT. 2a DE SOACHA
13	002433 20 04 000 00000	KR 72 68A 28 SUR	AAA0168BUSK	050S40398226	LUZ MERY QUINTERO JIMENEZ CC 52105042 y JOSE SIGIFREDO CASTELLANOS MONTILLA CC 79494238	ESC. 542 DEL 14/04/2003 DE LA NOT. 2a DE SOACHA
14	002433 20 03 000 00000	KR 72 68A 32 SUR	AAA0168BTLF	050S40398223	JORGE ENRIQUE CORTES CC 17034204 y ALIDA RODRIGUEZ CHICA CC 51746885	ESC 1265 DEL 19/08/2003 DE LA NOT. 2a de SOACHA

No.	CÓDIGO DE SECTOR	DIRECCIÓN	CHIP	MATRÍCULA INMOBILIARIA	PROPIETARIO	TITULO DE ADQUISICIÓN
15	002433 20 02 000 00000	KR 72 68A 34 SUR	AAA00168BTMR	050S40398222	SANDRA JANNETH TOLOZA RUEDA CC 52506225 y JOSE FABIAN OSORIO RIVERA CC 79846281	ESC. 1734 DEL 30/10/2002 DE LA NOT. 2a DE SOACHA
16	002433 60 10 000 00000	KR 72C 69 06 SUR	AAA0019MXNX	050S40322925	EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS COLOMBIA EXPAC LTDA	ESC 45 DEL 01/02/1999 DE LA NOT.1a DE SOACHA
17	002433 60 11 000 00000	KR 72B 69 03 SUR	AAA0019MXOM	050S40322926	LUZ ADRIANA URIBE LASERNA	ESC. 5547 DEL 18/11/2009 DE LA NOT. 29 DE BOGOTÁ D.C.
18	002433 60 12 000 00000	KR 72B 69 11 SUR	AAA0019MXPA	050S40322927	HECTOR PRIETO MOSQUERA CC 17132138 y ANA GRACIELA MORA RUEDA CC 41538194	ESC 1316 DEL 21/11/2000 DE LA NOT. 1a DE SOACHA
19	002433 60 13 000 0000	KR 72B 69 13 SUR	AAA0019MXRJ	050S40322928	REINALDO ESPINOSA HERMNADEZ cc 3189810 y ESLA INES CHINGATE VERDUGO CC 52111285	ESC. 1179 DEL 27/05/2009 DE LA NOT. 55 DE BOGOTA D.C.
20	002433 60 14 000 0000	KR 72B 69 21 SUR	AAA0019MXSY	050S40322929	ROSA ELENA PEREZ MEJIA CC 24058538	ESC. 1186 DEL 28/09/28 DE LA NOT. 1a de SOACHA
21	002433 60 15 000 0000	KR 72B 69 25 SUR	AAA0019MXTD	050S40322930	ROMULO ANTONIO VEGA CC 17135318 y MARIA EDILMA VEGA DE VEGA CC 41322945	ESC 1355 DEL 21/11/2000 DE LA NOT. 1a DE SOACHA
22	002433 60 16 000 0000	KR 72B 69 35 SUR	AAA0019MXUH	050S40322931	ALFONSO CORREA RODRIGUEZ CC. 233919 y MARIA ELENA CHIA TORRES CC 51591875	ESC 1195 DEL 29/09/1999 DE LA NOT. 1a DE SOACHA
23	002433 59 09 000 0000	KR 72B 69 10 SUR	AAA0019MWWF			
24	002433 59 08 000 0000	KR 72B 69 14 SUR	AAA0019MWUZ	050S40322909	ANGEL GUTIERREZ PEREZ CC 79431639	ESC. 3719 DEL 22/08/2207 DE LA NOT. 63 DE BOGOTA D.C.
25	002433 59 07 000 0000	KR 72B 69 18 SUR	AAA0019MWTO	050S40322908	BENJAMIN CALDERON PEREZ CC 3290907 y ROSA DILIA GIL DE AGUILAR CC 41790105	ESC. 1300 DEL 15/10/1999 DE LA NOT 1a DE SOACHA
26	002433 59 10 000 0000	KR 72A 69 17 SUR	AAA0019MWXR	050S40322910	JOSE ANGEL CRUZ CARDOZO CC 5967990 y ANA BEATRIZ HERNANDEZ MOLANO CC 39631875	ESC. 1991 DEL 16/08/2008 DE LA NOT. 1a DE SOACHA
27	002433 59 06 000 0000	KR 72B 69 22 SUR	AAA0019MWSK	050S40322915	LUIS EDUARDO URREA URREGO CC 79104779	ESC. 1088 DEL 13/05/2011 DE LA NOT. 56 DE BOGOTA D.C.

No.	CÓDIGO DE SECTOR	DIRECCIÓN	CHIP	MATRÍCULA INMOBILIARIA	PROPIETARIO	TITULO DE ADQUISICIÓN
28	002433 59 11 000 0000	KR 72A 69 21 SUR	AAA0019MWYX	050S40322911	JOHANA MILENA VALBUENA ROMERO CC 53095977 y 1024474902	ESC. 1783 DEL 03/03/2015 DE LA NOT. 38 DE BOGOTA D.C.
29	002433 59 05 000 0000	KR 72B 69 26 SUR	AAA0019MWRU	050S40322907	DORIS SARMIENTO SUAREZ CC 40028785	ESC. 1682 DEL 14/06/2007 DE LA NOT. 56 DE BOGOTA D.C.
30	002433 59 12 000 0000	KR 72A 69 25 SUR	AAA0019MWZM	050S40322906	NOE LOPEZ COCONUBO CC 19181820	ESC. 2708 DEL 06/11/2008 DE LA NOT. 1a DE SOACHA
31	002433 59 04 000 0000	KR 72B 69 30 SUR	AAA0019MWPP	050S40322913	TERESA DE JESUS HERNANDEZ CC 51603550 y LUIS DANIEL GUERRA HERNANDEZ CC 1024485815	ESC.432 DEL 28/05/2012 DE LA NOT. 56 DE BOGOTA D.C.
32	002433 59 13 000 0009	KR 72A 69 31 SUR	AAA0019MXAW			
33	002433 59 03 000 0000	KR 72B 69 32 SUR	AAA0019MWOE	050S40322905	IDIGER NIT 8001542751	ESC. 1732 DEL 11/09/2018 DE LA NOT. 77 DE BOGOTA D.C.
34	002433 59 14 000 0000	KR 72A 69 37 SUR	AAA0019MXBS	050S40322914	MARCO TULIO CELIS VILLAMIL CC 19119734 y ELCY MARIA CRUZ CAPERA CC 51560944	ESC. 1381 DEL 01/12/2000 DE LA NOT. 1a DE SOACHA
35	002433 59 02 000 0000	KR 72B 69 38 SUR	AAA0019MWNN	050S40322904	LUZ MERY ORTIZ DAZA CC 52243164 y FERNANDO RAMIREZ MARQUEZ CC 79704642	ESC. 1387 DEL 04/04/2007 DE LA NOT. 28 DE BOGOTA D.C.
36	002433 59 01 000 0000	KR 72A 69 45 SUR	AAA0019MWMS	050S40322903	ISABEL GUEVARA CC 41557736	ESC. 2282 DEL 15/09/2008

Fuente: propia a partir de folios de matrícula inmobiliaria y/o certificaciones catastrales

15.7.2 Estudio de títulos

15.7.2.1 Predios de Uso público:

En cuanto a los predios determinados de Uso público, relacionados con los números del 1 al 5 en el presente estudio, no fue posible realizar el estudio de títulos debido a que no se contó con las matrículas inmobiliarias para establecer tradición, sin embargo, se analiza el certificado de tradición y libertad matriz 50S-847617 (anexo) de la Urbanización el Peñón del Cortijo III Sector, del cual se deduce lo siguiente:

- Los predios hacían o hacen parte de un predio de mayor extensión denominado El Resbalón de 24.584,30 M².

- Este predio fue adquirido por compraventa por EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS COLOMBIA EXPAC LTDA con Nit. 60021557 por medio de la escritura 7144 del 08/10/1984 de la Notaría 9ª de Bogotá D.C. (anotación 2 del folio de matrícula inmobiliaria)
- Mediante la escritura 7969 del 02/10/1985 de la Notaría 9ª de Bogotá D.C. se realizó aclaración de área y linderos.
- Este predio de mayor extensión fue objeto de Loteo mediante la escritura 045 del 01/02/1999 de la Notaría 1ª de Soacha, de acuerdo al plano urbanístico CB65/4/19 del Desarrollo Peñón del Cortijo III Sector (anotación 4 del folio de matrícula inmobiliaria).
- Según la anotación 5 del folio de MI, se registra la escritura 376 del 22/04/1999 de la Notaría 1ª de Soacha, correspondiente a una aclaración a la escritura de Loteo mencionada, y se dice que queda pendiente el desenglobe de la zona verde de 1.351.50 M², zona comunal de 132.92 M² y vías de 6845 M².

La Zona Verde 2 (predio 3 del presente estudio) no se menciona en las matrículas abiertas con el loteo en el certificado de tradición matriz; tampoco podría estar contenida en el matriz, según descuentos al área total del predio (anotación 5), porque según RUPI 1335-19 tiene un área aproximada de 9229.12 M².

También se deduce que es posible que las vías tampoco hayan sido desenglobadas, caso del predio 1 del presente estudio.

<p>ANOTACION: Nro 005 Fecha: 25-05-1999 Radicación: 1999-33674</p>	
<p>Doc: ESCRITURA 0376 del 22-04-1999 NOTARIA PRIMERA de SOACHA</p>	<p>VALOR ACTO: \$</p>
<p>ESPECIFICACION: : 915 OTROS ACLARACION A LA ESCR.00045 01-02-99 LOTEO EN CUANTO AREA UTIL QUE SE SEGREGO 16.023.28 M2.300.80 MS PARA ESCUELA QUEDA PENDIENTE AREA PARA SEGREGAR PARA ZONA VERDE DE 1.351.50M2 ZONA COMUNAL 132.92 M2 Y VIAS 6.845.00 M2</p>	
<p>PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL ACTO (X-Titular de derecho real de dominio,1-Titular de dominio incompleto)</p>	
<p>A: EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS DE COLOMBIA EXPAC LTDA</p>	<p>X</p>

Tabla 15-4 Anotación 5 del folio de matrícula inmobiliaria matriz 50S-847617

Fuente: folio de matrícula inmobiliaria

- Según esta misma anotación 5 y los folios derivados del loteo, se deduce que la zona de equipamiento comunal denominada Escuela, predio 4 en el presente estudio, cuenta con la matrícula inmobiliaria 50S40323177, un área de 300.80 m² y se encuentra a nombre de Explanaciones y Pavimentos Colombia EXPAC Ltda.; en la certificación catastral aparece a nombre de Peñón El Cortijo Junta de Acción Comunal. Ver ficha predial anexa.

- En cuanto al predio 2 del presente estudio, correspondiente a la zona verde de cesión del Desarrollo Peñón del Cortijo, no fue posible determinar su tradición por no contar con la matrícula inmobiliaria correspondiente.
- Igualmente, no fue posible determinar tradición del predio 5, correspondiente a la Zona Verde A6 del Desarrollo Sierra Morena.

15.7.2.2 Predios con procesos de adquisición por parte de entidades públicas:

En cuanto a los predios afectados que no corresponden a bienes de uso público, estos están siendo objeto de estudio por parte del IDIGER y Caja de Vivienda Popular, razón por la cual no se les realiza estudio de títulos. Sin embargo, a manera global se puede decir que los que están ubicados en el desarrollo Peñón del Cortijo Sector III corresponden al mismo predio matriz mencionado en el ítem anterior y cuentan con las matrículas señaladas en la sábana predial, algunos de los cuales ya han sido objeto de adquisición por parte del IDIGER, la mayoría se encuentran en estudio, algunos con oferta de compra registrada.

15.8 FICHAS PREDIALES

Se elaboran las fichas prediales por muestreo a los siguientes predios: 3, 4 7 y 8 cuya información se encuentra en la sábana predial en el Anexo I.1

16 PRESUPUESTO FASE I Y FASE II

El presupuesto estimado para la ejecución de la obra en la Fase I es de \$ 3.061.375.442 y se presenta en la Tabla 16-1 y el presupuesto estimado para la ejecución de la obra en la Fase II es de \$ 4.272.306.141 y se presenta en la Tabla 16-2.

En el **Anexo G1.2** se presenta el presupuesto obtenido para la alternativa de diseño con su respectivo análisis del AIU de obra, cuyos componentes (cantidades, APUs y demás se muestran a continuación).

16.1 Desglose AIU

En el **Anexo G2** se presenta el análisis/desglose del AIU de obra, donde se incluye el personal propuesto para la administración de la obra (director, residente, especialista en geotecnia, topógrafo, etc.), gastos de operación (oficina y campamentos), impuestos vigentes para la ciudad de Bogotá y los costos asociados a las pólizas de garantía.

16.2 Cantidades de obra

Una vez seleccionada la alternativa de diseño, se definieron las actividades de obra necesaria para su ejecución, distribuida en cuatro (4) capítulos de la siguiente manera:

- *Actividades preliminares:* descapote, sellamiento de grietas, desmonte malla eslabonada y desarme gaviones.
- *Movimiento de tierras:* excavaciones y rellenos.
- *Estabilización y protección de taludes:* que incluye todas las actividades necesarias para la construcción de estructuras de drenaje, muros en tierra armada, revegetalización y cerramiento.
- *Transporte:* transporte y disposición final de escombros y sobrantes de excavación.



En el **Anexo G3** se presenta la memoria de cálculo para cada una de las actividades de obra definidas, con sus respectivos esquemas y operaciones aritméticas y/o aclaraciones necesarias para la comprensión de los valores obtenidos.

16.3 Análisis de precios unitarios

Se presenta en el **Anexo G4** los análisis de precios unitarios para cada una de las actividades de obra, los cuales se diligenciaron en el formato suministrado por la entidad.

Se aclaran los costos de manos de obra utilizados en los APU corresponden al análisis realizado por el consultor, que se presenta en el **Anexo G5**, en el cual se atienden las disposiciones legales vigentes en cuanto a porcentajes de aportes a parafiscales y demás costos asociados al factor prestacional; sí mismo, en dicho análisis se un incluye un factor multiplicador “hora efectiva”.

En el **Anexo G5** también se incluye el listado de insumos (materiales, equipos y transportes) usados como base para obtención de los APUs.

 PRESUPUESTO DE OBRA - FASE I (V.7.0) 				CÓDIGO:				
				CÓDIGO DOCUMENTAL:				
ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C. Contrato 231 de 2018 JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S								
ÍTEM	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
	IDU-2013	INVIAS 2013	PARTICULAR					
I - ACTIVIDADES PRELIMINARES								
1.01		600-13		Descapote a máquina en material común e= 0,10m. No incluye retiro	m2	100,00	\$ 952,00	\$ 95.200,00
1.02			E.T.P. 1	Sellamiento de grietas con material seleccionado de sitio (material arcilloso)	m3	105,00	\$ 48.831,00	\$ 5.127.255,00
1.03		201-13		Desmante malla eslabonada. Incluye retiro y disposición final de escombros	m2	1.090,00	\$ 13.003,00	\$ 14.173.270,00
1.04		201-13		Desmante de gaviones. Incluye trasiego interno del material recuperado, retiro y disposición final de escombros	m3	-	\$ 47.005,00	\$ -
1.05		201-13		Demolición estructuras existentes. No incluye retiro de escombros	m3	138,00	\$ 110.436,00	\$ 15.240.168,00
1.06		201-13		Tala de árboles. Incluye corte, desentrañe, retiro, disposición final y valor IVP (según resolución 1732 de 2011)	Un	39,00	\$ 1.038.918,00	\$ 40.517.802,00
SUBTOTAL I - ACTIVIDADES PRELIMINARES:							\$	75.153.695,00
II - MOVIMIENTO DE TIERRAS								
2.01	350-11	600-13		Excavación manual en material común en seco. Incluye trasiego interno del material. No incluye retiro	m3	54,00	\$ 27.041,00	\$ 1.460.214,00
2.02	350-11	600-13		Excavación mecánica sin clasificar. Incluye trasiego interno del material. No incluye retiro	m3	34.408,00	\$ 10.795,00	\$ 371.434.360,00
2.03		610-13		Ueno con material granular seleccionado (subbase). Incluye extendido, humedecimiento y compactación	m3	54,00	\$ 76.214,00	\$ 4.115.556,00
2.04		610-13		Ueno con material seleccionado proveniente de la excavación. Incluye extendido, humedecimiento y compactación	m3	17.961,00	\$ 17.482,00	\$ 313.994.202,00
2.05		610-13		Relleno en tierra negra para empradización. Incluye suministro y extendido	m3	282,00	\$ 64.818,00	\$ 18.278.676,00
SUBTOTAL II - MOVIMIENTO DE TIERRAS:							\$	709.283.008,00
III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES								
3.1 - ESTRUCTURAS DE DRENAJE								
3.1.01	340-11	673-13		Suministro e instalación Geotextil de separación No Tejido de 7kN/m	m2	2.873,40	\$ 3.979,00	\$ 11.433.258,60
3.1.02		673-13		Base filtrante en rajón	m3	1.802,30	\$ 67.329,00	\$ 121.347.056,70
3.1.03		673-13		Base filtrante con material de gavión (recuperado)	m3	-	\$ 11.271,00	\$ -
3.2 - MURO EN TIERRA ARMADA								
3.2.01		683-13		Suministro e instalación geomalla biaxial de 30kN/m, para fachada verde muros en suelo reforzado. Incluye elementos de fijación	m2	10.322,00	\$ 7.140,00	\$ 73.699.080,00
3.2.02		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 50kN/m, para muros en suelo reforzado	m2	15.449,60	\$ 8.794,00	\$ 135.863.782,40
3.2.03		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 100kN/m, para muros en suelo reforzado	m2	-	\$ 14.447,00	\$ -
3.2.04		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 300kN/m, para muros en suelo reforzado	m2	13.279,10	\$ 35.627,00	\$ 473.094.495,70
3.2.05		683-13		Suministro, humedecimiento y compactación de material seleccionado proveniente de la excavación, para muros en suelo reforzado. Incluye trasiego interno.	m3	11.898,80	\$ 15.488,00	\$ 184.288.614,40
3.2.06		683-13		Suministro, humedecimiento y compactación de material granular seleccionado (contenido de finos < 30%), para muros en suelo reforzado	m3	-	\$ 69.118,00	\$ -
3.2.07			E.T.P. 2	Suministro e instalación Geodren planar, A= 0,50m	m	3.315,50	\$ 16.801,00	\$ 55.703.715,50
3.2.08			E.T.P. 3	Suministro e instalación Geobiobolsas SJ Hand Bag 80x40x25cm o similar para recubrimiento fachada muros en suelo reforzado, con fines de revegetalización	m2	1.779,70	\$ 92.942,00	\$ 165.408.877,40

3.2.09		E.T.P. 4	Sacos polipropileno 80x40x25cm, llenos con material del sitio, para fachada de muros en suelo reforzado	m2	279,80	\$ 14.085,00	\$ 3.940.983,00	
3.2.10	683-13		Suministro e instalación Geotextil de separación No Tejido de 11kN/m para muros en suelo reforzado	m2	8.649,50	\$ 6.109,00	\$ 52.839.795,50	
3.3 - HYDROBLOCK								
3.3.01			Conformación de muro en Geocontainer - Formaleta Geotextil 2,20x1,10x0,60m (HYDROBLOCK o equivalente). Incluye lleno con material de sitio, compactación manual y cierre	Un	69,00	\$ 272.425,00	\$ 18.797.325,00	
3.4 - REVEGETALIZACIÓN								
3.4.01	810-13		Suministro y siembra céspedón. Incluye siembra y salado	m2	2.817,80	\$ 8.581,00	\$ 24.179.541,80	
3.5 - CERRAMIENTO								
3.5.01	800-13		Cerramiento en postes de concreto 10x10cm cada 2m y alambre de púas Cal. 12 (8 hileras). Incluye dados de cimentación para postes de 0,30x0,30x0,50m en concreto de f'c= 14MPa	m	140,00	\$ 53.178,00	\$ 7.444.920,00	
SUBTOTAL III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES:							\$ 1.328.041.446,00	
IV - TRANSPORTE								
4.01	900-13		Transporte y disposición final de escombros y materiales sobrantes de excavación en sitio autorizado, distancia máxima de transporte 21Km. Incluye cargue y trasiego interno	m3	4.410,80	\$ 20.292,00	\$ 89.503.953,60	
SUBTOTAL IV - TRANSPORTE:							\$ 89.503.953,60	
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA							\$ 2.201.982.102,60	
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA							\$ 2.201.982.102,60	
Porcentaje costo directo								
Administración							25,00%	\$ 550.495.525,65
Imprevistos							1,00%	\$ 22.019.821,03
Utilidad							5,00%	\$ 110.099.105,13
COSTOS INDIRECTOS OBRA							31,00%	\$ 682.614.451,81
SUBTOTAL COSTOS DE OBRA							\$ 2.884.596.554,41	
IVA sobre la utilidad							0,00%	\$ -
(A) - TOTAL COSTO DE OBRA							\$ 2.884.596.554,41	
(B) - VALOR COMPONENTE GESTIÓN AMBIENTAL. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST - SGA)							\$ 103.647.818,87	
(C) - VALOR PLAN DE GESTIÓN SOCIAL							\$ 45.921.699,21	
(D) - VALOR COMPONENTE PMT							\$ 27.209.369,40	
(E) SUBTOTAL PRESUPUESTO (E=A+B+C+D)							\$ 3.061.375.441,89	
(F) AJUSTE							\$ 0,11	
TOTAL PRESUPUESTO (E+ F)							\$ 3.061.375.442,00	

Tabla 16-1. Resumen presupuesto de obra Fase I
Fuente: JAM, 2018



ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ, D.C.



PRESUPUESTO DE OBRA - FASE II (V.7.0)



CÓDIGO:
CÓDIGO DOCUMENTAL:

ESTUDIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN EN EL BARRIO EL PEÑÓN DEL CORTIJO III SECTOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C.

Contrato 231 de 2018

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S

ÍTEM	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
	IDU-2013	INVIAS 2013	PARTICULAR					
I - ACTIVIDADES PRELIMINARES								
1.01		600-13		Descapote a máquina en material común e= 0,10m. No incluye retiro	m2	100,00	\$ 952,00	\$ 95.200,00
1.02			E.T.P. 1	Sellamiento de grietas con material seleccionado de sitio (material arcilloso)	m3	-	\$ 48.831,00	\$ -
1.03		201-13		Desmonte malla eslabonada. Incluye retiro y disposición final de escombros	m2	2.850,00	\$ 13.003,00	\$ 37.058.550,00
1.04		201-13		Desmonte de gaviones. Incluye trasiego interno del material recuperado, retiro y disposición final de escombros	m3	285,00	\$ 47.005,00	\$ 13.396.425,00
1.05		201-13		Demolición estructuras existentes. No incluye retiro de escombros	m3	170,60	\$ 110.436,00	\$ 18.840.381,60
1.06		201-13		Tala de árboles. Incluye corte, desentrañe, retiro, disposición final y valor IVP (según resolución 1732 de 2011)	Un	37,00	\$ 1.038.918,00	\$ 38.439.966,00
SUBTOTAL I - ACTIVIDADES PRELIMINARES:								\$ 107.830.522,60
II - MOVIMIENTO DE TIERRAS								
2.01	350-11	600-13		Excavación manual en material común en seco. Incluye trasiego interno del material. No incluye retiro	m3	82,00	\$ 27.041,00	\$ 2.217.362,00
2.02	350-11	600-13		Excavación mecánica sin dasificar. Incluye trasiego interno del material. No incluye retiro	m3	42.698,00	\$ 10.795,00	\$ 460.924.910,00
2.03		610-13		Ueno con material granular seleccionado (subbase). Incluye extendido, humedecimiento y compactación	m3	82,00	\$ 76.214,00	\$ 6.249.548,00
2.04		610-13		Ueno con material seleccionado proveniente de la excavación. Incluye extendido, humedecimiento y compactación	m3	35.090,00	\$ 17.482,00	\$ 613.443.380,00
2.05		610-13		Relleno en tierra negra para empedradización. Incluye suministro y extendido	m3	665,00	\$ 64.818,00	\$ 43.103.970,00
SUBTOTAL II - MOVIMIENTO DE TIERRAS:								\$ 1.125.939.170,00
III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES								
3.1 - ESTRUCTURAS DE DRENAJE								
3.1.01	340-11	673-13		Suministro e instalación Geotextil de separación No Tejido de 7kN/m	m2	4.781,40	\$ 3.979,00	\$ 19.025.190,60
3.1.02		673-13		Base filtrante en rajón	m3	2.725,80	\$ 67.329,00	\$ 183.525.388,20
3.1.03		673-13		Base filtrante con material de gavión (recuperado)	m3	270,00	\$ 11.271,00	\$ 3.043.170,00
3.2 - MURO EN TIERRA ARMADA								
3.2.01		683-13		Suministro e instalación geomalla biaxial de 30kN/m, para fachada verde muros en suelo reforzado. Incluye elementos de fijación	m2	9.379,50	\$ 7.140,00	\$ 66.969.630,00
3.2.02		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 50kN/m, para muros en suelo reforzado	m2	22.373,70	\$ 8.794,00	\$ 196.754.317,80
3.2.03		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 100kN/m, para muros en suelo reforzado	m2	16.345,00	\$ 14.447,00	\$ 236.136.215,00
3.2.04		683-13		Suministro e instalación geomalla uniaxial de 300kN/m, para muros en suelo reforzado	m2	-	\$ 35.627,00	\$ -
3.2.05		683-13		Suministro, humedecimiento y compactación de material seleccionado proveniente de la excavación, para muros en suelo reforzado. Incluye trasiego interno.	m3	6.656,10	\$ 15.488,00	\$ 103.089.676,80
3.2.06		683-13		Suministro, humedecimiento y compactación de material granular seleccionado (contenido de finos < 30%), para muros en suelo reforzado	m3	9.784,80	\$ 69.118,00	\$ 676.305.806,40
3.2.07			E.T.P. 2	Suministro e instalación Geodren planar, A= 0,50m	m	3.628,00	\$ 16.801,00	\$ 60.954.028,00
3.2.08			E.T.P. 3	Suministro e instalación Geobiobolsas SJ Hand Bag 80x40x25cm o similar para recubrimiento fachada muros en suelo reforzado, con fines de revegetalización	m2	1.617,40	\$ 92.942,00	\$ 150.324.390,80

3.2.09		E.T.P. 4	Sacos polipropileno 80x40x25cm, llenos con material del sitio, para fachada de muros en suelo reforzado	m2	359,40	\$ 14.085,00	\$ 5.062.149,00	
3.2.10	683-13		Suministro e instalación Geotextil de separación No Tejido de 11kN/m para muros en suelo reforzado	m2	8.300,90	\$ 6.109,00	\$ 50.710.198,10	
3.3 - HYDROBLOCK								
3.3.01			Conformación de muro en Geocontainer - Formaleta Geotextil 2,20x1,10x0,60m (HYDROBLOCK o equivalente). Incluye lleno con material de sitio, compactación manual y cierre	Un	97,00	\$ 272.425,00	\$ 26.425.225,00	
3.4 - REVEGETALIZACIÓN								
3.4.01	810-13		Suministro y siembra céspedón. Incluye siembra y salado	m2	6.653,50	\$ 8.581,00	\$ 57.093.683,50	
3.5 - CERRAMIENTO								
3.5.01	800-13		Cerramiento en postes de concreto 10x10cm cada 2m y alambre de púas Cal. 12 (8 hileras). Incluye dados de cimentación para postes de 0,30x0,30x0,50m en concreto de f'c= 14MPa	m	280,00	\$ 53.178,00	\$ 14.889.840,00	
SUBTOTAL III - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES:							\$ 1.850.308.909,20	
IV - TRANSPORTE								
4.01	900-13		Transporte y disposición final de escombros y materiales sobrantes de excavación en sitio autorizado, distancia máxima de transporte 21Km. Incluye cargue y trasiego interno	m3	916,30	\$ 20.292,00	\$ 18.593.559,60	
SUBTOTAL IV - TRANSPORTE:							\$ 18.593.559,60	
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA							\$ 3.102.672.161,40	
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA							\$ 3.102.672.161,40	
							Porcentaje costo directo	
							Administración 26,00%	\$ 806.694.761,96
							Imprevistos 1,00%	\$ 31.026.721,61
							Utilidad 5,00%	\$ 155.133.608,07
COSTOS INDIRECTOS OBRA							32,00%	\$ 992.855.091,64
SUBTOTAL COSTOS DE OBRA							\$ 4.095.527.253,04	
							IVA sobre la utilidad 0,00%	\$ -
(A) - TOTAL COSTO DE OBRA							\$ 4.095.527.253,04	
(B) - VALOR COMPONENTE GESTIÓN AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST - SGA)							3,34%	\$ 103.647.818,87
(C) - VALOR PLAN DE GESTIÓN SOCIAL							1,48%	\$ 45.921.699,21
(D) - VALOR COMPONENTE PMT							0,88%	\$ 27.209.369,40
(E) SUBTOTAL PRESUPUESTO (E=A+B+C+D)								\$ 4.272.306.140,52
(F) AJUSTE								\$ 0,48
TOTAL PRESUPUESTO (E+ F)								\$ 4.272.306.141,00

Tabla 16-2. Resumen presupuesto de obra Fase II
Fuente: JAM, 2018

16.4 Programación de obra

Se presenta en el **Anexo G6** la programación de obra estimada, en la cual se obtuvo una duración de **4 meses** para la ejecución de la Fase I y **6 meses** para la ejecución de la Fase II.

16.5 Otros componentes

Además de los costos asociados directamente a la ejecución de la obra, se presenta el presupuesto asociado a la implementación del Plan de Manejo Ambiental y Seguridad y salud en el trabajo en el **Anexo G7**, presupuesto del Plan de Gestión Social en el **Anexo G8** y presupuesto del PMT en el **Anexo G9**.

16.6 Proceso Constructivo – Fase I

En relación con las obras propuestas en la fase I se presenta a continuación el proceso constructivo detallado. Para ello se describen las actividades en orden de ejecución y se acompaña esquemáticamente con el diagrama presentado en la figura 1.

16.6.1 Actividades preliminares

En primer lugar, se debe realizar del descapote con maquina en toda la zona de intervención. Posterior a ello, se debe realizar las siguientes actividades: El sellamiento de grietas según la especificación técnica E.T.P. 1, la demolición de estructuras existentes, desmonte de malla eslabonada y tala de árboles según especificación técnica INV 201-13.

16.6.2 Conformación del módulo de SME 1

Paralelo a las actividades preliminares de demolición de estructuras y desmonte de malla se recomienda comenzar con la excavación y disposición del mejoramiento con material de rajón para la conformación del muro del módulo SME 1 en la cota de implantación de 2585 m.

En primer lugar, se debe realizar la excavación hasta 3 m por debajo del nivel de terreno para la implantación de la estructura, una vez terminada la excavación se debe colocar el geotextil de separación y disponer la base filtrante en rajón con un espesor de 1.5 m.

16.6.3 Perfilado de la zona alta

La actividad de perfilado de la zona alta de la ladera se debe comenzar una vez finalizada la actividad de desmonte de la malla eslabonada, para esta actividad se prevé el uso de tres máquinas de forma simultanea para realizar los cortes y traslado de material. Se recomienda realizar esta actividad de forma paralela a la construcción de los muros siguiendo las especificaciones técnicas INV 600-13 o IDU 350-11.

16.6.4 Construcción del módulo de SME I

Una vez finalizada la actividad de conformación del mejoramiento del suelo (Actividad 2) se procese a llevar a cabo la construcción del muro mecánicamente estabilizado hasta la cota de implantación de 2595 m.

La construcción del muro contempla las siguientes subactividades: Instalación de geomalla uniaxial, colocación y compactación de material seleccionado en capas de 50 cm, instalación del geo dren planar cada 1.5 m e instalación de fachada con Geobiobolsas.

Las actividades relacionadas anteriormente se realizan de forma secuencial por capas de 50 cm, en primer lugar, se instala la geomalla, seguido de la colocación y compactación de material seleccionado preferiblemente con compactador de tambor liso o rodillo ligero

vibratorio y por último el cierre de cada capa se realiza con la instalación de la fachada. Cada tres capas o 1.5 m se debe instalar el geo dren planar.

Para la construcción del muro se deben seguir las especificaciones técnicas INV683-13 y para la construcción de la fachada se debe seguir la especificación técnica E.T.P 2-3-4.

16.6.5 Conformación del módulo de SME II

Cuando se complete la mitad de la construcción del módulo 1 se recomienda comenzar con la excavación y disposición del mejoramiento con material de rajón para la conformación del muro del módulo SME II en la cota de implantación de 2585 m, de igual manera que se realizó para el primer módulo.

16.6.6 Construcción del módulo de SME II

Una vez finalizada la actividad de conformación del mejoramiento del suelo (Actividad 5) se procese a llevar a cabo la construcción del muro mecánicamente estabilizado hasta la cota de implantación de 2605 m.

Se deben seguir las mismas recomendaciones descritas para la construcción del módulo 1.

16.6.7 Conformación del módulo de SME III

Cuando se complete la mitad de la construcción del módulo II se recomienda comenzar con la excavación y disposición del mejoramiento con material de rajón para la conformación del muro del módulo SME 3 en la cota de implantación de 2599 m, de igual manera que se realizó para los módulos anteriores

16.6.8 Construcción del módulo de SME III

Una vez finalizada la actividad de conformación del mejoramiento del suelo (Actividad 7) se procese a llevar a cabo la construcción del muro mecánicamente estabilizado hasta la cota de implantación de 2610 m. Se deben seguir las mismas recomendaciones descritas para la construcción de los muros anteriores.

16.6.9 Relleno del trasdós de los muros

Esta actividad se realiza de forma paralela conforme se realiza la construcción de los muros en suelo mecánicamente estabilizado. El relleno se realiza con material de sitio compactado al 90%, siguiendo las especificaciones técnicas de INV-683-13.

16.6.10 Conformación Hydroblock

La construcción de los hydroblocks se recomienda realizarla finalizando la construcción del módulo III. El proceso constructivo de estos se describe a continuación:

- a) Se instala el juego de formaleta metálica, que permite el armado simultaneo de 5 Hydroblocks

- b) Se extiende el Geobloque rectángulo dentro de la formaleta metálico, en este paso se deben instalar los elementos de drenaje de ser requeridos.



- c) Todas las caras del HYDROBLOCK tienen preensablado segmentos de Geocable que permiten asegurarlos a la formaleta metálica, para evitar deformaciones durante el proceso de llenado; En la cara desde la cual se desprende la tapa se usan presas metálicas para este fin.



- d) Se procede a llenar los HYDROBLOCK con material de sitio estabilizado con adición de cemento del 3%; Este proceso se debe realizar en capas de máximo 15 cm y se

debe realizar de manera simultánea en los HYDROBLOCK que se estén conformando dentro de un mismo juego de formaleta. El llenado puede ser manual o con el apoyo de maquinaria pesada.



- e) Cada capa de máximo 15cm se compacta con apisonadores manuales
- f) Una vez alcanzado los 60cm de altura en el llenado, se enraza la superficie con el fin obtener cierres prolijos.
- g) Se cierra la tapa del HYDROBLOCK usando los ojáleles ensamblados de fábrica y el Geocable que se había utilizado en un paso anterior para asegurar el HYDROBLOCK a la formaleta metálica.
- h) Se retira la formaleta metálica.
- i) Se repite el proceso para cada nivel de HYDROBLOCK.

16.6.11 Construcción muros transversales complementarios

Paralelo a la construcción del módulo III se recomienda comenzar la construcción de los muros en suelo mecánicamente estabilizado complementarios, los cuales se encuentran ubicados en la parte superior de cada módulo con la función de contener el material de relleno para la conformación del terreno. La construcción de los muros realiza igual que los módulos I,II y III.

16.6.12 Conformación del terreno con material de sitio

Finalizada las actividades de construcción de hydroblocks, lleno en el trasdós de los muros y construcción de muros complementarios, se procede a realizar la conformación final del terreno rellenando las plataformas con material de sitio con una pendiente inferior a 20°

16.6.13 Revegetalización y cerramiento

Por último, se recomienda realizar la siembra de cespedón para la revegetalización del terreno y la construcción del cerramiento con postes en concreto y alambre de púas.

Cabe resaltar que se pueden realizar tareas simultáneas, por lo tanto en el presupuesto y tiempos de ejecución se considera tener mínimo 3 frentes de trabajo, maquinaria, para realizar la excavación de la implantación de los Muros en SME, perfilado y trasiego. En el diagrama de proceso constructivo se presenta en resumen lo aquí relacionado, ver **Anexo J1**.

17 BIBLIOGRAFÍA

Consorcio Altos de la Estancia. Consultoría 410 (2007). Diseños detallados, presupuestos y especificaciones Técnicas para la construcción de las obras de mitigación de riesgos requeridos en el sector Altos de la Estancia de la Localidad Ciudad Bolívar en la Ciudad de Bogotá

Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. (1999). Estudio geotécnico, evaluación de alternativas de medidas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar la zona comprendida entre las quebradas Santo Domingo y Santa Rita, Barrio El Espino.

FANDIÑO, E. (1975) Investigación para agua subterránea y perforación de un pozo para SUIZER S.A. en Facatativá, Cundinamarca. Informe inédito de A. LOBO GUERRERO Y CIA. LTDA, para SUIZER S.A.

GEOCING. Contrato de consultoría No CDC -104 (2013). Estudio de riesgo por proceso de remoción en masa, diseño y presupuesto para las medidas de mitigación y estabilización de los taludes en los barrios Juan José Rondón - sector Alto de la Cruz y Peñón del Cortijo, de la Localidad de Ciudad Bolívar en la Ciudad de Bogotá, D.C.

Geotecnia y Cimentaciones (2001). Diseño, instalación y monitoreo de instrumentación para zonas inestables en El Espino – Ciudad Bolívar.

INGENIERÍA Y GEORIESGOS IGR LTDA (2004). Estudio de Riesgo y Diseño de medidas de Mitigación en el Sector Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar, D.C.

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA. Contrato de Consultoría G-800-101 (1998). Estudio geotécnico, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar la cuenca de la que

INGEOMINAS Convenio 076 (2002). Estudio de evaluación de amenazas por deslizamiento de los barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia (2009). Estudios técnicos de recuperación y tratamiento del talud y las deficiencias del terreno en la urbanización “Peñón del Cortijo – Etapa VI”, Localidad Ciudad Bolívar.