CLASIFICADO

Estudio detallado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y diseños de medidas de mitigación en el barrio los Laches en localidad de Santa Fe de Bogotá D.C

Instituto Distrital De Gestión De Riesgos Y Cambio Climático
IDIGER
Diagonal 47 No. 77 B – 09 Interior 11
PBX. (57 1) 4292800
idiger@idiger.gov.co
Bogotá D.C. - Colombia.

Representante del consorcio: Ing. Mauricio Hernán Camargo
Representante legal suplente del consorcio: Javier Antonio Millán López
Supervisor: Ing. Luis E. Montaña Forero

ESTUDIO DETALLADO

Elaborado por:
CONSORCIO GEOJAM-LACHES 2017

CONSORCIO GEOJAM-LACHES 2017

CONTRATO 482 DE 2017

ORIGINAL

NOVIEMBRE DE 2018

Nota Especial: “De acuerdo con el Artículo 20 de la Ley 23 de 1982, modificado por el Artículo 28 de la Ley 1450 de 2011, los Derechos de Autor pertenecen al IDIGER. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al director del IDIGER.

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
IDIGER	SUPERVISOR	ORIGINAL
CONSORCIO GEOJAM-LACHES 2017	DIRECTOR	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Versión I		

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por (Topógrafo - Consultoría)	**Abelardo David Torres**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Geólogo - Consultoría)	**Luis Guillermo Córdoba**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Especialista en Hidráulica - Consultoría):	**Luis Eduardo Zamudio**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Especialista en Estructuras - Consultoría):	**Carlos A. Castro**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Especialista geotecnia - Consultoría):	**Mauricio Camargo**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Ingeniero Forestal - Consultoría):	**Fredy Valcárcel**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018

Elaborado por (Profesional Social - Consultoría):	**Andrés Romero**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Profesional Ambiental - Consultoría):	**Mauricio Camargo**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Profesional Catastral - Consultoría):	**Rodrigo Antonio Villabona**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Elaborado por (Profesional SIG - Consultoría):	**Andrés Fabián Rodríguez**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Aprobado por (Director Consultoría):	**Mauricio Camargo**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Aprobado por (Geólogo interventoría):	**Fabián Hoyos Patiño**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018

Aprobado por (Especialista Geotecnia – Interventoría):	**Cesar Augusto Hidalgo**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Aprobado por (Director de Interventoría):	**Daniel E. Arias**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018
Supervisor Interventoría	**Luis E. Montaña**
Firma:	
Fecha:	Noviembre de 2018

RESUMEN

El presente informe corresponde al estudio detallado realizado para el contrato 482 de 2017 celebrado entre el CONSORCIO GEOJAM-LACHES 2017 y el Instituto de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, cuyo objeto es el "Estudio detallado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y diseños de medidas de mitigación en el barrio los Laches en localidad de Santa Fe de Bogotá D.C". El estudio detallado consta de la exploración en campo y recopilación de información relacionada con aspectos geológicos, geotécnicos, hidráulicos y sociales para realizar el diagnóstico del polígono de estudio.

Como resultado del diagnóstico se identifican daños en la estructura del Colegio Los Pinos, erosión y deslizamientos que han afectado la Diagonal 4A y algunas obras de captación de aguas lluvia. De acuerdo al diagnóstico, a la exploración del subsuelo y a la obtención de información secundaria se diseñan las obras de mitigación y obras complementarias: continuación del muro de contención existente junto al Colegio Los Pinos el cual se cimienta sobre pilotes, una cortina de caisson unidos mediante una viga de amarre sobre la Diagonal 4A, Muro gavión sobre la Diagonal 4A, trinchos en el talud comprendido entre el Colegio Los Pinos y la Diagonal 4A y en el cauce de la quebrada El Chorrerón, reconstrucción de andenes en el Colegio Los Pinos y sobre la Diagonal 4A y obras de captación de aguas lluvia como tuberías, cunetas y cajas de inspección.

Para la ejecución de las obras diseñadas se suministran los insumos para la correcta ejecución de las obras como planos, memorias, especificaciones técnicas, el plan de manejo ambiental PMA, el plan de manejo de trafico PMT, el plan de gestión social, presupuestos detallados, insumos para solicitud de licencias y permisos.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS 33
1 GENERALIDADES 42
1.1 INTRODUCCIÓN 42
1.2 ÁREA DE ESTUDIO 42
2 EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA 44
2.1 GEOLOGÍA GENERAL 44
2.1.1 Estratigrafía. 44
2.1.2 Geología estructural. 46
2.2 GEOLOGÍA LOCAL 47
2.2.1 Formación Guaduas (E1g): 47
2.2.2 Formación Cacho (E1c) 48
2.2.3 Depósitos Cuaternarios 54
2.3 GEOMORFOLOGÍA 56
2.3.1 Unidades geomorfológicas 57
2.3.2 Procesos Morfodinámicos 58
2.3.3 Análisis Multitemporal 59
3 HIDROGEOLOGÍA 67
3.1 Condiciones Topográficas 67
3.2 Condiciones de uso actual 67
3.3 Consideraciones hidrogeológicas de la textura de los materiales 67
3.4 Características climatológicas y pluviométricas del área 68
3.5 Evaluación Hidrogeológica 69
3.6 Definición De Nivel De Agua 71
3.6.1 Definición de posiciones de niveles de agua en condición normal 72
3.6.2 Definición de posición de agua condición crítica 73
4 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA 74
4.1 INFORMACIÓN IDEAM Y DE EAAB 74

4.2 CARTOGRAFÍA 77
4.3 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA ESPACIAL 77
4.3.1 Distribución espacial de la precipitación – Marco general 77
4.3.2 Humedad Relativa 79
4.3.3 Temperatura 80
4.3.4 Precipitación 82
4.3.5 Clasificación climática 86
4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA 87
4.5 CURVAS IDF 90
4.6 ESTIMACIÓN DE CAUDALES 96
4.6.1 Balance Hídrico en el Área de Estudio 100
5 DIAGNÓSTICO DE REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL 105
5.1 DRENAJE NATURAL 105
5.2 DRENAJE ARTIFICIAL 107
5.2.1 Información EAAB (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá) 107
5.2.2 Levantamiento en Campo 109
5.2.3 Evaluación del drenaje 110
5.2.4 Estructuras de captación superficial 113
5.2.5 Identificación de Vertimientos 116
6 MODELACIÓN HIDRÁULICA 120
6.1 HIDRÁULICA - MODELO 120
6.1.1 Descripción del Software (HEC-RAS) 120
6.1.2 Construcción del Modelo 123
6.1.3 Resultados 126
6.1.4 Análisis de socavación 127
7 COBERTURA VEGETAL DE LA TIERRA Y USO DEL SUELO 129
7.1 INTRODUCCIÓN 129
7.2 PROCEDIMIENTO 129
7.2.1 Interpretación sensor remoto 129

7.2.2 Cobertura de la tierra y uso actual del suelo 130
7.3 RESULTADOS 130
7.3.1 Cobertura terrestre y uso actual del suelo 130
7.3.2 Uso del suelo 139
7.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 143
8 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 144
8.1 PLANTEAMIENTO DE LA EXPLORACIÓN 144
8.2 EXPLORACIÓN DIRECTA Y PRUEBAS DE CAMPO 146
8.2.1 Verificación de cantidades de sondeos 154
8.2.2 Resultados de la exploración directa 156
8.2.3 Ensayo de penetración estándar SPT 158
8.2.4 Ensayos de laboratorio 162
8.3 EXPLORACIÓN INDIRECTA 165
8.3.1 Línea L1 166
8.3.2 Línea L3 166
8.3.3 Línea L4 167
8.3.4 Línea L5 168
8.4 NIVELES DE SUELO IDENTIFICADOS Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 168
8.5 Propiedades básicas ladera colegio los Pinos 173
8.5.1 Resistencia al corte Suelos. 177
8.5.2 Resistencia al corte de Rocas 181
8.5.3 Resistencia obtenida con información secundaria 182
8.5.4 Resistencia obtenida con ensayos de laboratorio 182
8.5.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 184
8.5.6 Compilación y análisis de propiedades de resistencia de los materiales 184
8.5.7 Nivel de agua 187
8.5.8 Resumen de características de los materiales 190
8.6 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO 196
8.7 PERFILES GEOTÉCNICOS 197

8.8 ACELERACIÓN SÍSMICA 208
9 INVENTARIO FORESTAL 210
9.1 OBJETIVOS 211
9.1.1 Objetivo general 211
9.1.2 Objetivos específicos 211
9.2 LOCALIZACIÓN 211
9.3 DEFINICIONES 217
9.4 PROCEDIMIENTO 218
9.4.1 Etapa de planeación 218
9.4.2 Etapa de evaluación y valoración 219
9.4.3 Criterios para la evaluación y valoración individual 219
9.4.4 Elementos que se incluyen en las fichas establecidas para desarrollar el inventario forestal 222
9.4.5 Estado Físico 223
9.4.6 Estado Sanitario 224
9.4.7 Causas de intervención 225
9.4.8 Afectación urbana y nivel de riesgo 225
9.4.9 Registro fotográfico 226
9.5 RESULTADOS 226
9.5.1 Vegetación arbustiva 226
9.5.2 Vegetación arbórea 227
9.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS 231
9.6.1 Vegetación arbustiva 231
9.6.2 Vegetación arbórea 231
9.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS 236
10 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA 237
10.1 INTRODUCCIÓN 237
10.2 CONDICIONES ACTUALES (SIN OBRAS) Y MECANISMOS DE FALLA A ANALIZAR 237
10.3 POSIBLES MECANISMOS DE FALLA 238

10.4 ESCENARIOS A CONSIDERAR 238
10.5 GEOMETRÍAS Y CONSIDERACIONES 239
10.5.1 Análisis de estabilidad suelos 241
10.5.2 Zonificación De La Amenaza En Suelos. 242
11 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA DE MACIZO ROCOSO 247
11.1 EVALUACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 247
11.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO 247
11.3 Observaciones generales del estado de amenaza en el macizo rocoso. 253
11.4 COMPILACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA EN SUELOS Y MACIZOS ROCOSOS 254
12 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD 255
12.1 GENERALIDADES 255
12.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS 255
12.3 CARACTERIZACIÓN -PROCESO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 263
12.3.1 Información Secundaria 263
12.3.2 Proceso de levantamiento de información primaria 264
12.4 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS EDIFICACIONES 266
12.5 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural 271
12.6 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural por MM – Condición actual (sin Obras) – Escenario normal (corto plazo). 275
12.7 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural por MM – Condición Actual (sin obras) escenario extremo (largo plazo) 283
12.8 RESULTADOS Y CONCLUSIONES 285
13 ANÁLISIS DE RIESGO 286
13.1 ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA AMENAZA- OBRAS ESTRUCTURALES 286
13.1.1 Riesgo físico estructural Actual (sin obras) – Escenario normal (Corto plazo) 287
13.1.2 Riesgo físico estructural futuro - Largo plazo sin obras 292
13.2 RESULTADOS Y CONCLUSIONES 293

14 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN 294
14.1 CONSIDERACIONES GENERALES 294
14.2 Criterios Técnicos 294
14.3 Planteamiento y Evaluación de las obras 295
14.3.1 Evaluación técnica de las Obras. ____ 295
14.3.2 Evaluación de obras Complementarias. ____ 299
14.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES. 304
14.5 CONDICIÓN DE ANÁLISIS SIN ALTERNATIVAS. 304
14.5.1 ALTERNATIVA 1: ____ 306
14.5.2 ALTERNATIVA 2: ____ 309
14.5.3 ALTERNATIVA 3 ____ 312
14.5.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE ALTERNATIVAS ____ 313
14.6 COSTOS DIRECTOS DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 314
14.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS 315
14.8 CONSIDERACIONES AMBIENTALES, URBANÍSTICAS Y SOCIALES 316
14.9 PLAN GENERAL DE ACCIONES 316
14.9.1 Medidas de control y de mitigación ____ 316
14.9.2 Medidas correctivas ____ 317
14.9.3 Medidas complementarias ____ 317
14.9.4 Plan de mejoramiento integral ____ 317
15 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL 318
15.1 INTRODUCCIÓN 318
15.2 OBJETIVOS 318
15.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA ZONA DE ESTUDIO 318
15.4 ACTORES SOCIALES IDENTIFICADOS 321
15.5 POBLACIÓN BENEFICIADA DIRECTA APROXIMADA 323
15.6 POBLACIÓN BENEFICIADA INDIRECTA 323
15.7 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS 324
15.7.1 Programa de gestión social para la etapa de obra ____ 325

15.8 SUBPROGRAMAS 1: SOCIALIZACIÓN 325
15.9 SUBPROGRAMAS 2: INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD 326
15.10 SUBPROGRAMA VINCULACIÓN DE MANO DE OBRA 327
15.11 CONFORMACIÓN Y SEGUIMIENTO VEEDURÍA CIUDADANA 328
15.12 SUBPROGRAMA 4. EDUCACIÓN PARA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN. 328
15.13 COSTOS DEL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL 329
16. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 330
16.1 GENERALIDADES 330
16.1.1 Introducción. 330
16.1.2 Objetivos. 330
16.1.3 Alcance. 330
16.1.4 Marco normativo. 331
16.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 333
16.2.1 Descripción de obras a ejecutar. 333
16.2.2 Actividades constructivas. 337
16.2.3 Permisos asociados a demanda de recursos y otros. 339
16.3 ÁREA DE INFLUENCIA 343
16.4 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL 345
16.4.1 Medio Físico 345
16.4.2 Medio Biótico 348
16.4.3 Medio Socio económico 349
16.5 EVALUACIÓN AMBIENTAL 350
16.5.1 Evaluación sin proyecto 354
16.5.2 Evaluación con proyecto 356
16.6 MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL 360
17. PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO 361
17.1 Introducción 361
17.2 Localización 361

17.3 Duración de la obra....362
17.4 Equipos y maquinaria a utilizar....362
17.5 Particularidades de la zona de influencia....362
17.6 Tránsito de la zona de influencia....362
17.7 Manejo del tránsito vehicular....362
17.8 Manejo del tránsito Peatonal....364
17.9 Señalización....365
17.10 SEÑALES PREVENTIVAS....365
17.11 Dispositivos Manuales....374
18. DISEÑOS DE OBRAS....376
18.1 INTRODUCCIÓN....376
18.2 PROPUESTA ARQUITECTÓNICA Y PAISAJÍSTICA....376
18.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE OBRAS....376
18.4 DISEÑO GEOTÉCNICO....378
18.4.1 Cortina de caisson 378
18.4.2 Muro de contención. 382
18.4.3 Evaluación de capacidad portante de pilote de D= 80 cm 383
18.4.4 Evaluación de asentamientos 384
18.4.5 Excavaciones 389
18.4.6 Análisis de cortes temporales 390
18.4.7 Gaviones 391
18.4.8 Barrera de retención GBE- 11000A 394
18.4.9 Consideraciones generales para el diseño de andén 395
18.4.10 Estructura de Andén de vía diagonal 4A. 398
18.4.11 Estructura de Andén Institución Educativa los Pinos. 399
18.5 RECOMENDACIONES PARA EXCAVACIONES....400
18.5.1 Excavación para caisson 400
18.5.2 Excavación para muro de contención 400
18.6 DISEÑO ESTRUCTURAL....401

18.6.1 Descripción de la estructura 401
18.6.2 Información geotécnica utilizada 401
18.6.3 Normas de diseño 402
18.6.4 Materiales 402
18.6.5 Parámetros de análisis estructural 403
18.6.6 Muro en voladizo 407
18.6.7 Cortina de caisson 411
18.7 DISEÑO HIDRÁULICO 413
18.7.1 Filtro Francés 413
18.7.2 Cuneta 415
18.7.3 Cárcamo 417
18.7.4 Tubería Caja 1 – Caja 2 418
18.7.5 Tubería Caja 2 – Canal 421
18.8 Dren Gaviones 423
18.9 Dren Tramo 1 423
18.10 Dren Tramo 2 424
19. PRESUPUESTO, ESPECIFICACIONES Y PROGRAMACIÓN DE OBRA 426
19.1 Cantidades de obra 426
19.2 Análisis de Precios Unitarios 427
19.2.1 Listado de insumos (estudio de mercado) 427
19.3 Presupuestos y especificaciones técnicas 428
19.3.1 Costos indirectos 430
19.3.2 Otros costos 430
19.4 Programación de obra 431
20. ESTUDIO PREDIAL 432
20.1 INTRODUCCIÓN 432
20.2 METODOLOGÍA 432
20.3 DISTRIBUCIÓN PREDIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO 433
20.4 PLANO DE LEGALIZACIÓN 436

20.5 ESTUDIO DE TÍTULOS PREDIO 003207 37 03 000 00009 436
20.6 ESTUDIO DE TÍTULOS PREDIO 003207 37 03 000 00009 437
20.7 CONCLUSIONES RESPECTO AL ESTUDIO 439
20.8 ANEXOS 439
21. TRAMITES, PERMISOS Y AUTORIZACIONES 440
21.1 Permisos, lineamientos o autorizaciones ambientales 440
21.1.1 Permiso silvicultural (aprovechamiento forestal) _____ 440
21.1.2 Permiso de ocupación de cauce. _____ 440
21.1.3 Registro de elementos de publicidad exterior visual y vallas PEV. _____ 442
21.1.4 Salvoconductos para la movilización de la madera proveniente de los tratamientos realizados a la vegetación. _____ 443
21.2 Otro tipo de permisos 444
21.2.1 Permiso para operación de equipos de construcción y reparación de vías y generadores de ruido ambiental en horarios restringidos. _____ 444
21.2.2 Apertura y cierre de PIN (para el transporte y disposición de escombros) __ 444
21.2.3 Permiso para el transporte y abastecimiento de combustible en caso de proveerse el suministro de combustible por parte del Contratista en obra, otorgado por el ente competente. _____ 444
21.2.4 Compensación por endurecimiento de zonas verdes _____ 445
CONCLUSIONES 446
RECOMENDACIONES 449
BIBLIOGRAFÍA 450

VOLUMEN 2: ANEXOS

Anexo 1: Hidrología e Hidráulica

Anexo 2: Registros de perforación

Anexo 3: Memoria de cálculo SPT

Anexo 4: Ensayos de laboratorio

Anexo 5: Caracterización

Anexo 6: Informe geofísica

Anexo 7: Registro fotográfico de sondeos

Anexo 8: Inventario forestal

Anexo 9: Cartas de amenaza

Anexo 10: Vulnerabilidad

Anexo 11: Comparación de alternativas

Anexo 12: Plan de manejo ambiental PMA

Anexo 13: Diseño geotécnico de obras – memorias de cálculo

Anexo 14: Diseño estructural de obras – memorias de cálculo

Anexo 15: Diseño hidráulico de obras – memorias de cálculo

Anexo 16: Planos de diseño

Anexo 17: Presupuesto, especificaciones y programación

Anexo 18: Soportes Prediales

VOLUMEN 3: LISTA DE PLANOS

Mapa 1. Base topográfico

Mapa 2: De Geología

Mapa 3: De Geomorfología

Mapa 4: Redes alcantarillado sanitario

Mapa 5: Redes alcantarillado pluvial

Mapa 6: Cobertura Vegetal

Mapa 7: Inventario forestal

Mapa 8: Mapa de pendientes

Mapa 9: Exploración Geotécnica

Mapa 10: Zonificación geotécnica

Mapa 11: Perfiles Geotécnicos.

Mapa 11 A: Planta perfiles geotécnicos.

Mapa 12: Amenaza sin obras escenario normal.

Mapa 13: Amenaza sin obras escenario extremo.

Mapa 13 A: Amenaza con obras escenario extremo.

Mapa 14: Vulnerabilidad sin obras escenario normal.

Mapa 15: Vulnerabilidad sin obras escenario extremo.

Mapa 16: Riesgo sin obra escenario normal.

Mapa 17: Riesgo sin obras escenario extremo.

Mapa 17 A: Riesgo con obras escenario extremo.

Mapa 18: PMT

Plano 19. Implantación de obras en planta

Plano 20. Detalles de obra

Plano 21. Detalles estructurales 1

Plano 22. Detalles estructurales 2

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Conjunto de Diaclasas formación Cacho. 50
Tabla 2.2. Unidades Geomorfológicas 57
Tabla 3.1. Caracterización de unidades 70
Tabla 3.2. Relación de presión de poros y fuerzo total 73
Tabla 4.1. Estaciones de Influencia Zona del Proyecto. 74
Tabla 4.2. Información de interés existente en las estaciones seleccionadas. 76
Tabla 4.3. Número de Planchas IGAC del área de estudio. 77
Tabla 4.4. Promedios mensuales y totales anuales de humedad relativa (%) 79
Tabla 4.5. Promedios mensuales y totales anuales de precipitación (mm) 82
Tabla 4.6. Parámetros morfométricos de la cuenca quebrada Chorrerón 88
Tabla 4.7 Características geométricas y de drenaje de la cuenca quebrada Chorrerón 90
Tabla 4.8 Valores de intensidad para diferentes duraciones (mm/h) 92
Tabla 4.9 Tiempos de concentración para la cuenca de la quebrada Chorrerón 95
Tabla 4.10 Intensidades de precipitación a partir del tiempo de concentración 96
Tabla 4.11. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales 98
Tabla 4.12. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas 98
Tabla 4.13. Calculo del coeficiente de escorrentía 99
Tabla 4.14.Caudales máximos para la cuenca de la quebrada Chorrerón 100
Tabla 4.15 Valores de temperatura media mensual para la cuenca quebrada Chorrerón 102
Tabla 4.16 Valores de evapotranspiración potencial mensual para la cuenca quebrada Chorrerón 102
Tabla 4.17 Precipitaciones máximas para la cuenca quebrada Chorrerón 103
Tabla 4.18 Cálculo de infiltración promedio a nivel mensual 103
Tabla 5.1 Resumen pozos de inspección 110
Tabla 5.2 Convenciones utilizadas para la verificación del sentido y la ubicación de los pozos 113

Tabla 5.3 Sumideros Diagonal 4a 114
Tabla 5.4 Sumideros Diagonal 3a 116
Tabla 5.5 Estructura de drenaje transversal 117
Tabla 5.6 Estructura de drenaje escalonado 118
Tabla 6.1 Resultados modelación hidráulica Q. Chorrerón 126
Tabla 6.2 Resultado análisis de socavación 128
Tabla 7.1 Cobertura terrestre y Uso actual del suelo para el área de estudio 140
Tabla 8.1. Coordenadas localización de sondeos y observaciones 147
Tabla 8.2.Registro RQD 148
Tabla 8.3. Sondeos información secundaria. 152
Tabla 8.4. Cantidades de exploración directa 155
Tabla 8.5. Resumen parámetros de resistencia 161
Tabla 8.6. Cantidades ensayos de laboratorio 162
Tabla 8.7. Exploración del subsuelo por métodos indirectos 165
Tabla 8.8. Listado nomenclatura de los geomateriales. 169
Tabla 8.9. Propiedades por correlaciones 178
Tabla 8.10. Resistencia al corte información secundaria 178
Tabla 8.11. Resistencia al corte 180
Tabla 8.12. Resistencia al corte 182
Tabla 8.13. Resistencia al corte 183
Tabla 8.14. Resistencia al corte 184
Tabla 8.15. Resistencia al corte 185
Tabla 8.16. Desviación Estándar 186
Tabla 8.17. Relación de presión de poros y fuerzo total 189
Tabla 8.18. Parámetros de diseño relleno 190
Tabla 8.19. Parámetros de diseño materiales encontrados 191
Tabla 8.20. Parámetros de diseño 191
Tabla 8.21. Parámetros de diseño 192

Tabla 8.22. Descripción zonas geotécnicas 196
Tabla 8.23. Parámetros de respuesta sísmica 208
Tabla 9.1.Coordenadas de polígono de estudio 213
Tabla 9.2. Localización geográfica o dirección catastral de los individuos arbóreos inventariados 213
Tabla 9.3.Vegetación arbórea inventariada 227
Tabla 9.4. Volumen total y comercial por individuo 228
Tabla 9.5. Tratamientos silviculturales recomendados por individuo arbóreo 231
Tabla 9.6.Tratamientos silviculturales recomendados por individuo arbóreo 235
Tabla 9.7.Cantidad de árboles por clases de diámetro 236
Tabla 10.1. Mecanismo de falla Zonificación 238
Tabla 10.2. Geometría y consideraciones 240
Tabla 10.3. Categorización de la amenaza por Movimientos en masa 244
Tabla 10.4. Distancia de Viaje 245
Tabla 10.5. Distancia de Viaje 245
Tabla 11.1. Resumen caracterización geológica 247
Tabla 11.2. Categorías de amenaza en función del factor de seguridad 252
Tabla 12.1.Tipologías de Edificaciones 271
Tabla 12.2.Factor de fragilidad en función de la Tipología de la construcción. 273
Tabla 12.3.Factor de fragilidad en función de la Altura de la construcción 274
Tabla 12.4.Factor de estado de conservación 274
Tabla 12.5.Vida útil de la edificación en función de la tipología 275
Tabla 12.6.Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción 275
Tabla 12.7. Relación deformación/umbral tolerable 280
Tabla 13.1 Matriz de Riesgo. 286
Tabla 13.2 Estimación del costo aproximado de daño 291
Tabla 14.1.Análisis comparativo de costos 303
Tabla 14.2.Factor de seguridad escenario normal y extremo 305

Tabla 14.3.Factor de seguridad con obras de mitigación.....308
Tabla 14.4.Resumen factores de seguridad con obras de mitigación 311
Tabla 14.5.Factor de seguridad con obras de mitigación.....312
Tabla 14.6. Análisis comparativo de costos. 314
Tabla 15.1. Distribución de la población por sexo (2015) 319
Tabla 15.2. Distribución de la población por grupos de edad 2005, 2009 y 2015. 319
Tabla 15.3. Distribución de Actores Sociales del polígono de estudio 322
Tabla 15.4. Matriz de evaluación de impactos 324
Tabla 15.5. Costos de plan de Gestión Social.....329
Tabla 16.1. Extremos polígono área de influencia 343
Tabla 16.2. Valoración cualitativa de impactos 351
Tabla 16.3. Clasificación de impactos positivos y negativos.....354
Tabla 16.4. Clasificación de impactos evaluación sin proyecto 355
Tabla 16.5. Identificación de impactos por componentes 356
Tabla 16.6. Clasificación de impactos por componentes y actividades (A) 357
Tabla 16.7. Clasificación de impactos por componentes y actividades (B) 358
Tabla 16.8. Sumatoria de calificación por impacto.....359
Tabla 16.9. Fichas del PMA. 360
Tabla 18.1. Geometría de caisson.....380
Tabla 18.2. Coeficiente de Presión de Tierras. 389
Tabla 18.3. Tipología de muros de gavión.....391
Tabla 18.4. Capacidad portante Muro Gavión. 392
Tabla 18.5. Resumen factor de seguridad volteo, deslizamiento y capacidad portante ..393
Tabla 18.6. Parámetros de diseño estructura típica de andén E3 395
Tabla 18.7. Altura de andén.....397
Tabla 18.8. Estructura de andén.....399
Tabla 18.9. Estructura de andén Institución Educativa los Pinos 399
Tabla 18.10. Capacidad pilotes D=0.80m. (Anexo 13).....401

Tabla 18.11. Alturas equivalentes de suelo para carga vehicular, sobre muros de contención paralelos al tráfico. Fuente: CCP-2014 (Tabla 3.11.6.4-2) 404
Tabla 18.12. Combinaciones de diseño. Fuente: CCP-2014 (Tabla 3.4.1-1) 407
Tabla 18.13. Estática del muro en voladizo 408
Tabla 18.14. Fuerzas internas de diseño 409
Tabla 18.15. Reacción pilotes, estado límite de resistencia (RI) y evento extremo (EXI) 410
Tabla 18.16. Fuerzas internas Caisson D=1.0m 411
Tabla 18.17. Capacidad máxima 416
Tabla 18.18. Velocidad máxima 416
Tabla 18.19. Capacidad máxima 417
Tabla 18.20. Velocidad máxima permisible 418
Tabla 18.21. Capacidad máxima 420
Tabla 18.22. Velocidad máxima permisible 421
Tabla 18.23. Capacidad máxima 422
Tabla 18.24. Velocidad máxima 422
Tabla 18.25. Cálculo de capacidad máxima 423
Tabla 18.26. Velocidad máxima 424
Tabla 18.27. Capacidad máxima 424
Tabla 18.28. Velocidad máxima 425
Tabla 19.1. Resumen componentes costo total del proyecto 426
Tabla 19.2. Esquema presupuesto de obra 428
Tabla 19.3. Resumen Costos Directos de obra 429
Tabla 19.4. Resumen Costos Indirectos de obra 430
Tabla 20-1. Predios afectados por obras 434
Tabla 20-2 Ficha predial 436
Tabla 20-3 Ficha predial 438

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1. Polígono de estudio 42
Ilustración 2-1. Areniscas de la formación Cacho 48
Ilustración 2-2. Detalle de las areniscas de la Formación Cacho. 49
Ilustración 2-3. Diaclasas en areniscas de la Formación Cacho. 49
Ilustración 2-4. Falla en cuña y su interpretación. 51
Ilustración 2-5. Proyección estereográfica con las familias de diaclasas principales. 52
Ilustración 2-6. Análisis de estabilidad del talud de areniscas de la Formación Cacho. 53
Ilustración 2-7. Deposito fluvio torrencial (Qft) 54
Ilustración 2-8. Detalle mostrando la presencia de bloques en el depósito fluvio-torrencial. 55
Ilustración 2-9. Procesos localizados de erosión, cerca del polideportivo. 58
Ilustración 2-10. Deslizamiento tipo flujo de tierras que afecta la vía de acceso. 59
Ilustración 2-11. Análisis fotogeológico, fotografía año 1977 en escala 1:2.500 61
Ilustración 2-12. Fotografía aérea del año 1984 en escala 1:2.500 62
Ilustración 2-13. Imagen de satélite año 2015 en escala 1:2.500 65
Ilustración 2-14 .Análisis multitemporal escala 1:2.500 66
Ilustración 3-1 .Precipitacion mensual multianual Estacion Venado de Oro 68
Ilustración 3-2. Balance hídrico 71
Ilustración 4-1. Localización Estaciones seleccionadas 75
Ilustración 4-2 . Distribución espacio – temporal de la precipitación media mensual multianual 78
Ilustración 4-3. Humedad relativa 80
Ilustración 4-4. Distribución espacial de la temperatura media mensual multianual. 81
Ilustración 4-5. Distribución espacial de la precipitación media mensual multianual. 83
Ilustración 4-6. Régimen de precipitación – Estación Guadalupe 84
Ilustración 4-7. Régimen de precipitación – Estación Venado Oro 84
Ilustración 4-8. Régimen de precipitación – Estación Unisalle Centro 85

Ilustración 4-9. Régimen de precipitación - Estación Vitelma 85
Ilustración 4-10. Clasificación climática 86
Ilustración 4-11 Cuenca Q. Chorrerón 87
Ilustración 4-12. Coeficientes ecuación IDF – Centroide Zona de estudio. 91
Ilustración 4-13 Centroide del área de estudio 91
Ilustración 4-14. Curvas IDF – Zona de estudio 93
Ilustración 4-15 Usos del suelo cuenca quebrada Chorrerón 97
Ilustración 4-16 Precipitación máxima mensual e infiltración media mensual 104
Ilustración 5-1. Zona de ronda y ZAMPA 106
Ilustración 5-2. Distribución redes de acueducto en el área de estudio 107
Ilustración 5-3. Distribución redes de alcantarillado pluvial en el área de estudio 108
Ilustración 5-4. Distribución redes de alcantarillado Sanitario en el área de estudio 109
Ilustración 5-5. Pozos de inspección levantados en campo 110
Ilustración 5-6. Tubería de canalización de quebrada Chorrerón 112
Ilustración 6-1 Conceptualización Modelo Transito HEC RAS 121
Ilustración 6-2. Vista Q. Chorrerón 123
Ilustración 6-3Trazado del modelo de la quebrada Chorrerón en HEC-RAS 124
Ilustración 6-4. Resultado modelación quebrada Chorrerón para un caudal correspondiente al Tr = 100 años 125
Ilustración 7-1. Tejido urbano continúo (TUC) 132
Ilustración 7-2. Red vial y territorios asociados (Rv) 133
Ilustración 7-3. Pastos limpios (PL) 133
Ilustración 7-4. Pastos enmalezados (Pe) 134
Ilustración 7-5. Plantaciones de latifoliadas aisladas (Pllta) 135
Ilustración 7-6. Arbustal denso alto (Arlda) 135
Ilustración 7-7.Arbustal denso bajo (Arldb) 136
Ilustración 7-8. Afloramiento rocoso (Afr) 137
Ilustración 7-9. Tierras desnudas y degradadas (Tdd) 137

Ilustración 7-10 Cobertura terrestre para el área de estudio.....138

Ilustración 7-11 Ocupación de las coberturas terrestres que hacen parte del área de estudio 139

Ilustración 7-12 Uso actual del suelos de las coberturas terrestres que hacen parte del área de estudio 142

Ilustración 8-1. Localización de flujo al margen izquierdo de la quebrada Chorrerón.....145

Ilustración 8-2. Localización Sondeos información secundaria IGR 2006, JAM 2009. 151

Ilustración 8-3. Registro fotográfico Materiales identificados Información secundaria. 154

Ilustración 8-4. Descripción de materiales. 156

Ilustración 8-5. Resultados exploración directa- Materiales 157

Ilustración 8-6. N campo (Golpes/pie) 158

Ilustración 8-7. Determinación parámetros de resistencia Material 1. 159

Ilustración 8-8 Determinación parámetros de resistencia Material 4 159

Ilustración 8-9 Determinación parámetros de resistencia Material 7. 160

Ilustración 8-10 Determinación parámetros de resistencia Material 8. 160

Ilustración 8-11 Resumen de parámetros de materiales identificados en exploración. ...164

Ilustración 8-12 Resumen de parámetros de los rellenos. 164

Ilustración 8-13. Línea de refracción sísmica 1 166

Ilustración 8-14. Línea de refracción sísmica 3 167

Ilustración 8-15. Línea de refracción sísmica 4 167

Ilustración 8-16. Línea de refracción sísmica 5 168

Ilustración 8-17. Registro fotográfico geomateriales. 172

Ilustración 8-18 Características de los suelos – propiedades índice 173

Ilustración 8-19 Características de los suelos – propiedades índice 174

Ilustración 8-20 Carta de plasticidad.....175

Ilustración 8-21. Parámetros índices y peso unitario.....176

Ilustración 8-22. Carta de plasticidad.....177

Ilustración 8-23. Parámetros de resistencia a) Bloques de arenisca en depósito Qft, b) Arcillolita, c) Arenisca 183

Ilustración 8-24. Zonas geotécnicas. 185
Ilustración 8-25. Balance hídrico 187
Ilustración 8-26. Leyendas zonas de saturación y suelo 194
Ilustración 8-27. Leyendas zonas de saturación y suelo 195
Ilustración 8-28. Zonas de saturación y suelo 195
Ilustración 8-29. Perfil Geotécnico I, vista en planta 198
Ilustración 8-30. Perfil Geotécnico 1. 199
Ilustración 8-31. Perfil Geotécnico 2. 200
Ilustración 8-32. Perfil Geotécnico 3. 201
Ilustración 8-33. Perfil Geotécnico 4. 202
Ilustración 8-34. Perfil Geotécnico 5. 203
Ilustración 8-35. Perfil Geotécnico 6. 204
Ilustración 8-36. Perfil Geotécnico 7 205
Ilustración 8-37. Perfil Geotécnico 8 206
Ilustración 8-38. Perfil Geotécnico 9 207
Ilustración 8-39 Respuesta sísmica del área de estudio 208
Ilustración 9-1 Poligono de estudio 212
Ilustración 9-2 Panorámica de la cobertura de Cytisus monspessulanus L. 226
Ilustración 10-1 Perfil 4. Análisis en condiciones estáticas y en condición de agua normal. 242
Ilustración 10-2 Perfil 4. Análisis en condiciones Pseudoestáticas en condición de agua normal. 242
Ilustración 11-1 Calculo del factor de seguridad en cuña para el caso del talud en condiciones actuales (Sin obras) en el software SWEDGE. 249
Ilustración 11-2 Desprendimiento de bloque en la formación Cacho 250
Ilustración 11-3 Factor de seguridad para falla en cuña en condición extrema. 251
Ilustración 11-4 Resumen de estabilidad macizo rocoso. 252
Ilustración 11-5 Esquema general del sistema de malla anclada 253
Ilustración 11-6 Esquema general del sistema de barrera de retención 254

Ilustración 12-1 Edificaciones objeto de estudio para determinar su vulnerabilidad física por PRM. 257

Ilustración 12-2 Distribución redes de acueducto en el área de estudio 258

Ilustración 12-3 Distribución redes de alcantarillado pluvial en el área de estudio 259

Ilustración 12-4 Distribución redes de alcantarillado sanitario en el área de estudio 260

Ilustración 12-5 redes de servicios públicos expuestos a amenaza por Movimientos en Masa condición actual (Sin obras). 261

Ilustración 12-6 redes de servicios públicos expuestos a amenaza por Movimientos en Masa condición futura. 262

Ilustración 12-7 Información secundaria disponible (Izq). Distribución por número de niveles de edificaciones. (Der) Plano satelital para uso en campo con identificación catastral de edificaciones 263

Ilustración 12-8 Distribución usos de suelo en zona de estudio 264

Ilustración 12-9 Formulario para el levantamiento y evaluación de daños en edificaciones 265

Ilustración 12-10 Sistema resistente de las edificaciones en la zona de estudio. 266

Ilustración 12-11 Material predominante en muros 267

Ilustración 12-12 Conformación del sistema de muros cargueros 267

Ilustración 12-13 Conformación de los muros 268

Ilustración 12-14 Homogeneidad en los muros 268

Ilustración 12-15 Ligamento en los materiales de los muros 269

Ilustración 12-16 Años de construcción de las edificaciones 269

Ilustración 12-17 estructura de techo y cubierta 270

Ilustración 12-18 Emplazamiento en la ladera 270

Ilustración 12-19 Número de pisos o niveles 271

Ilustración 12-20 Tipos de solicitación por procesos de remoción en masa 276

Ilustración 12-21 Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento. 277

Ilustración 12-22 Vista de la edificación y la Institución Educativa Los Pinos. 277

Ilustración 12-23 Edificaciones expuestas a movimiento en masa tipo rotacional lento 34004 y Colegio; y por caída de bloques 36016 y 36017 – condición actual (Sin obras de mitigación) de amenaza. 279

Ilustración 12-24 Grietas en los muros del colegio 281

Ilustración 12-25 Separación entre los bloques del colegio Los Pinos superiores a 5 centímetros. Parte posterior a la vía Diagonal 4ª Bis. 282

Ilustración 12-26 Separación entre los bloques del colegio Los Pinos superiores a 5 centímetros. Parte frontal a la vía Diagonal 4ª Bis. 282

Ilustración 12-27 Fotografías de las edificaciones expuestas a caídas de rocas. 284

Ilustración 13-1 Módulo constructivo donde se esperan las mayores afectaciones de materializarse el evento de movimiento en masa. 290

Ilustración 14-1. Margen derecha quebrada Chorrerón 296

Ilustración 14-2. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos FS= 1.1 297

Ilustración 14-3. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos, Fs= 1.3. 298

Ilustración 14-4. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos, Fs= 1.27 298

Ilustración 14-5. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos, Fs= 1.38 299

Ilustración 14-6 Ubicación de talud susceptible de desprendimiento de bloques 300

Ilustración 14-7 Factor de seguridad para condiciones normales 301

Ilustración 14-8 Factor de seguridad para condiciones extremas 301

Ilustración 14-9 Resultados de energía máxima de impacto 302

Ilustración 14-10 Perfil con reducción de agua superficial 305

Ilustración 14-11. Superficie de falla bajo sistema caisson propuesto 307

Ilustración 14-12. Variación del factor de seguridad con longitud del pilote 307

Ilustración 14-13. Análisis de estabilidad perfil 3 308

Ilustración 14-14. Análisis de estabilidad perfil 4 309

Ilustración 14-15. Superficie de falla bajo sistema caisson propuesto 310

Ilustración 14-16. Variación del factor de seguridad con longitud del pilote 310

Ilustración 14-17. Análisis de estabilidad perfil 4 311

Ilustración 14-18. Análisis de estabilidad perfil 4 312

Ilustración 14-19. Análisis de estabilidad perfil 3 313

Ilustración 15-1.Barrios ubicados en el polígono de estudio 320
Ilustración 16-1. Anden y muro existente..... 334
Ilustración 16-2. Adecuación del terreno mediante trinchos. 334
Ilustración 16-3. Esquema de cortina de pilotes. 335
Ilustración 16-4. Localización en planta de cortina de pilotes. 335
Ilustración 16-5. Muro en gaviones. 336
Ilustración 16-6. Organigrama personal en el proyecto..... 336
Ilustración 16-7. Flujograma de actividades ambientales - PMA. 337
Ilustración 16-8. Formato SDA- Solicitud de registro PEV. 341
Ilustración 16-9. Localización área de influencia 344
Ilustración 16-10. Concentración de material Partículado (PM 10) – Área de estudio 346
Ilustración 16-11. Concentración de material Partículado (PM 2,5) – Área de estudio 347
Ilustración 16-12. Concentración de material Partículado (PM 2,5) – Área de estudio 348
Ilustración 17-1. Localización de eventual reducción de carril. 361
Ilustración 17-2. Zonas de manejo de tráfico. 363
Ilustración 17-3. Acera contemplada para tráfico peatonal. 364
Ilustración 17-4. Señal SPO-01..... 366
Ilustración 17-5. Señal SPO-03..... 366
Ilustración 17-6. Señal SP-30 y SP-31. 367
Ilustración 17-7. Señal SRO-03. 368
Ilustración 17-8. Señal SR-30. 368
Ilustración 17-9. Señal SIO-01 369
Ilustración 17-10. Señal SIO-02 y SIO-03..... 369
Ilustración 17-11. Señal SIO-04. 370
Ilustración 17-12. Señal Canalización del Tránsito. 370
Ilustración 17-13. Señal Barricadas. 371
Ilustración 17-14. Señal Barreras Plásticas Flexibles. 372
Ilustración 17-15. Señal Luces de Identificación de Peligro 373

Ilustración 17-16. Auxiliar de Tránsito. 375
Ilustración 18-1. Obras propuestas 377
Ilustración 18-2. Obras propuestas perfil 2 378
Ilustración 18-3. Esquema general. 379
Ilustración 18-4. Esquema general. 380
Ilustración 18-5. Diagrama de presiones 381
Ilustración 18-6. Muro de contención cimentado sobre caisson 382
Ilustración 18-7. (Q admisible) 385
Ilustración 18-8. Asentamientos 386
Ilustración 18-9. Módulo de reacción horizontal 387
Ilustración 18-10. Módulo de reacción vertical 388
Ilustración 18-11. Diagrama de presión lateral 390
Ilustración 18-12. Esquema de muro de Gavión en hoja de cálculo. 393
Ilustración 18-13. Detalles barrera de retención (fuente suministrada por GEOBRUGG) 394
Ilustración 18-14.Estructura típica andén 397
Ilustración 18-15. Bordillo A81 Tipo B 398
Ilustración 18-16. Espectro elástico de diseño 406
Ilustración 18-17. Convenciones utilizadas 408
Ilustración 18-18.Curva interacción pilote D= 0.80m 411
Ilustración 18-19. Diagrama de fuerza cortante Caisson (kN/m) 412
Ilustración 18-20. Diagrama de momento flector Caisson (kN-m/m) 412
Ilustración 18-21. Curva interacción Caisson D= 1.0m 412
Ilustración 18-22. Ilustración de cuneta prefabricada A-120 415
Ilustración 18-23. Perfil tubería de conducción. 419
Ilustración 18-24. Geometría del flujo en tuberías 419
Ilustración 18-25. Perfil tubería de entrega. 421
Ilustración 20-1. Distribución predial en el polígono de estudio 433

Ilustración 20-2 Consulta del consolidado del estado predial en el SINUPOT y Plano Urbanístico.....435

Ilustración 21-1. Trinchos propuestos y periodo de retorno 100 años.....441

Ilustración 21-2. Formato SDA- Solicitud de registro PEV. 443

GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS

α	:	Factor de adhesión 0.55 – 0.1 *(cu/pa -1.5)
°C	:	Grados centígrados
a	:	Angulo de inclinación de la superficie
Ac	:	Acanalado
AD	:	Abanico disectado
Afr	:	Afloramiento rocoso
AG	:	Afectación por guadañadora
Ag	:	Agallas
AIU	:	Administrativos-Imprevistos-Utilidad
Al	:	Área en contacto con el suelo p L Db
An	:	Anillado, Antracnosis
Ap	:	Área de la base
AP	:	Arquitectura pobre
APU	:	Análisis de precios unitarios
Arlda	:	Arbustal denso alto
Arldb	:	Arbustal denso bajo
AUAI	:	Árbol ubicado en área inundada
b	:	Angulo de inclinación del muro
B	:	Bifurcado
BB	:	Bifurcaciones basales
C	:	Compartimentalizado, Carbones
CA	:	Copa asimétrica
Ca	:	Cáncer

Cav : Cavidad

Cc : Coeficiente de circularidad de Miller

Ch : Chancros

CI : Corteza incluida, Clorosis

CLC : Corine Land Cover

cm : Centímetro

Co : Conservar

d : Angulo de ficción entre el relleno y el muro

D : Ancho o diámetro del caisson

D.C : Distrito Capital

DANE : Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DC : Carga por peso propio

D_C : Descortezado

D_d : Densidad de drenaje

DDR : Desgarre de rama

DEF : Deficiente estado físico

Des : Descope

DES : Deficiente estado sanitario

DI : Daño a infraestructura

DM-G : Daño mecánico grave

DM-L : Daño mecánico leve

DM-M : Daño mecánico medio

DV : Desplazamientos verticales

E : Este, Empujes laterales

E1c : Formación Cacho

EAAB : Empresa de Acueducto y Alcantarilla de Bogotá

EH : Empuje horizontal

EIE : Espacio insuficiente de emplazamiento

EQ : Carga de sismo

ER : Excesiva ramificación

Es : Módulo de Elasticidad del suelo

ES : Poda de Mejoramiento estructura

ESV : Especie susceptible de volcamiento

ETP : Evapotranspiración

f : Angulo de fricción del material de corte*

FE : Frente estructural

Fis : Fisura

FR : Fuste Recto

FRM : Fenómenos por remoción en masa

FS : Factor de seguridad

GDI : Grados de inclinación

Go : Gomosis

Gri : Grietas

ha : Hectárea

He : Herbivoría

$H_{estrato}$: Espesor o altura del estrato

Hw : Altura del nivel de agua

HX : Altura excesiva para el lugar de siembra

I : Ancho rectángulo equivalente, Inclinado, Factor de influencia

ID : Inadecuado distanciamiento

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IDF : Intensidad-Duración-Frecuencia

IDIGER: Instituto de gestión de riesgos y cambio climático

IDRD : Instituto Distrital de Recreación y Deporte

IDU : Instituto de desarrollo urbano

IE : Interferencia infraestructura con edificaciones

IGAC : Instituto Geográfico Agustín Codazzi

IIV : Interferencia infraestructura vial

IMU : Interferencia infraestructura de mobiliario urbano

INVIAS: Instituto Nacional de Vías

IP : Índice de plasticidad

IRa : Interferencia redes de acueducto

IRe : Interferencia redes eléctricas

Iwp : Factores de influencia.

JBB : Jardín Botánico de Bogotá

K : Permeabilidad

K2E1g : Formación Guaduas

Ka : Coeficiente de presión activa

Kc : Índice de compacidad

Kf : Factor de forma

Kh : Coeficiente de aceleración sísmica

km : Kilometro

km^2 : Kilómetro cuadrado

Kv : Coeficiente de aceleración vertical (g)

L : Largo de rectángulo equivalente

LA : Ladera antrópica

LC : Ladera coluvial

LL : Límite liquido

LP : Límite plástico

Lp : Longitud del caisson

LRS : Línea de refracción sísmica

LS : Sobre carga vehicular

m : Metros

M# : Número de material

m/s : metros por segundo

m^2 : metro cuadrado

m^3 : metro cubico

Ma : Marchitamiento

MA : Mal anclado

MI : Muy inclinado

Mi : Mildeos

MM : Movimientos en masa

mm : Milímetros

mm/h : Milímetro por hora

Mon : Montículo

Mpa : Mega pascales

msnm : Metros sobre el nivel del mar

N : Norte

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

N (golpes/pie) : Número de golpes por pie

Na : No apreciable, Ninguna de las anteriores

Nc : Factor de capacidad de carga

NE : Norte-Este

Ne : Necrosis

NF : Nivel freático

NI : Ninguna

NO : Normal

NR : No se reporta nivel freático

NS : Norte-Sur

NSR : Norma Sismo resistente Colombiana 2010

NW : Norte-Oeste

P (mm): Precipitación

P# : Número de perfil

PAA : Podas antitécnicas anteriores

PAC : Poda de formación aclareo

PAT : Podas técnicas anteriores

PCA : Poda de formación control de alturas

Pe : Pastos enmalezados

PE : Poda de estabilidad

Pi : Presencia de insectos

Pl : Pastos limpios

PL : Pudrición localizada en copa

Pla : Plasmólisis

PLF : Pudrición localizada en fuste

Pllta : Plantaciones de latifoliadas aisladas

PLR : Pudrición localizada en la raíz

PM_{10} : Parte por millón

PMA : Plan de manejo ambiental

PMT : Plan de manejo de trafico

PO : Presencia de objetos extraños

POT : Plan de ordenamiento territorial

PR : Poda radicular

PRADR: Poda raíz antitécnica dentro del radio crítico

PRAFR: Poda raíz antitécnica fuera del radio crítico

PRE : Poda de formación realce

PRT : Poda raíz técnica

Psu : Puntos de succión

PT : Puntos translucidos

PV : Peligro de volcamiento

Q : Caudal

q' : Tan-1(Kh/(1-Kv))

Qal : Aluvión reciente

Qda : Depósito antrópico

Qdp : Depósito de pendiente

Qft : Depósito fluvio-torrencial

qp : Resistencia unitaria de punta

Qs : Resistencia unitaria por fricción

Q_{sadm} : Carga de diseño transferida al componente friccional

Qsra : Suelo residual arcilloso

Qwp : Carga tomada en la punta del pilote bajo condición de carga de trabajo.

RB : Rebrotes

RCD : Residuos de construcción y demolición

RD : Raíces descubiertas

Re : Resinosis

Ren : Raíces entorchadas

Res : Raíces estranguladoras

Ro : Royas

RP : Ramas pendulares

RPC : Ramas peligro de caída

RQD : Rock Quality Desgination

RS : Ramas secas

ru : Relación de presión de poros y esfuerzo total

Rv : Red vial y territorios asociados

Tv : Madera revirada

S : Sur

S# : Número de sondeo

S% : Pendiente

SI : Poda de Mejoramiento sanitaria

SB : Socavamiento basal

SDA : Secretaría Distrital de Ambiente

SIC : Sistemas de Información Ambiental de Colombia

SPT : Ensayo de penetración estándar

Su : Resistencia al corte no drenada

Su : Resistencia al corte no drenada

t : Toneladas

T : Tala

T° : Temperatura

Tc : Tiempo de concentración

Tdd : Tierras desnudas y degradadas

TE : Tratamiento especial

TI : Tratamiento integral

To : Torcido

TR : Periodo de retorno

Tra : Traslado

Tu : Tumores

Tuc : Tejido urbano continuo

TUCCu: Tejido urbano continuo comunal

TUCEd: Tejido urbano continuo educacional

TUCRc: Tejido urbano continuo recreacional

TUCRd: Tejido urbano continuo residencial

UPZ : Unidad de planeamiento zonal

v : Relación de Poisson del suelo

VA : Valle aluvial

W : Oeste

Wn : Humedad natural

Ymax : Altura de socavación máxima

ZMPA : Zona de manejo y preservación ambiental

ZP : Zona de pendiente

ZRH : Zona de ronda hidráulica

μ : Presión de poros

Ɣ : Peso específico

φ : Ángulo de fricción interna

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presentan los temas relacionados con la entrega del informe del estudio detallado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y diseños de las medidas de mitigación en el barrio Los Laches en la Localidad de Santa Fe de Bogotá D.C, que contempla la evaluación geológica y geomorfológica, la caracterización hidrológica e hidráulica, diagnóstico de redes de servicios, modelación hidráulica, investigación del subsuelo, inventario forestal, definición del modelo geológico geotécnico, análisis de estabilidad, evaluación del riesgo, amenaza y vulnerabilidad, planteamiento de obas de mitigación y su diseño.

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

El área sobre la cual se desarrolla el estudio se localiza en el barrio Los Laches de la localidad Ciudad Bolívar de la ciudad de Bogotá D.C. El área de estudio corresponde al polígono delimitado en los estudios técnicos entre la diagonal 4a y la carrera 6 Este, de acuerdo a los requerimientos Técnicos emitidos por el IDIGER que hacen parte del contrato 482 de 2017. (Ver polígono Ilustración 1-1)



Ilustración 1-1. Polígono de estudio
Fuente: IDIGER

Dentro del polígono de estudio se encuentra la Quebrada Chorrerón y su zona de ronda, en esta última se incluyen parques, y zonas verdes; también se incluye el Colegio Los Pinos, el centro de salud adyacente, infraestructura deportiva, colegio La Peña y 5 manzanas de viviendas que estarían sujetas o posiblemente expuestos a los eventos objeto del estudio.

En la Tabla 1-1, se presentan las coordenadas del polígono de estudio.

Tabla 1-1 Coordenadas Polígono de estudio

Punto	N	E	Punto	N	E
1	100946,74	99103,68	14	101200,72	99102,44
2	100986,63	99174,43	15	101224,38	99078,47
3	100999,6	99237,36	16	101190,72	99043,54
4	101011,97	99231,03	17	101175,96	99027,51
5	101029,27	99223,88	18	101104,52	98966,71
6	101043,56	99217,69	19	101088,17	98946,86
7	101058,96	99207,53	20	101080,39	98949,88
8	101078,64	99190,07	21	101015,66	98960,87
9	101095,15	99177,05	22	101003,38	98958,75
10	101105,79	99196,75	23	100950,12	98949,27
11	101122,14	99159,11	24	100932,92	98992,13
12	101149,76	99141,01	25	100922,87	99070,18
13	101175,16	99123,71	26	100946,74	99103,68

Fuente: IDIGER

2 EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

2.1 GEOLOGÍA GENERAL

El área evaluada se encuentra en el sector Suroriental de la Sabana de Bogotá, en el Piedemonte de los Cerros Orientales, abajo del Cerro de Guadalupe, afloran rocas sedimentarias de edad Paleógena, afectadas por plegamiento, recubiertas por depósitos de edad Cuaternario, el levantamiento de la Cordillera Oriental generó pulsos que dieron origen a un depósito de abanico aluvial, con materiales provenientes de los Cerros Orientales próximos.

En el sector evaluado y sus alrededores está conformado por rocas sedimentarias de edad Paleógena afectadas por plegamiento, en forma discordante sobre las rocas sedimentarias reposan depósitos Cuaternarios. Acorde con el MAPA GEOLÓGICO DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ del INGEOMINAS 1997; La secuencia sedimentaria aflorante hace parte de las Formaciones Guaduas y Cacho; los depósitos Cuaternarios presentes son de tipo fluvio-torrencial, aluvial, de pendiente y depósitos antrópicos.

La zona evaluada presenta una morfología inclinada con pendientes que varían entre 10% en algunos sectores y próximas al 100% en los taludes aledaños al cauce El Chorrerón y algunas zonas donde aflora un nivel de areniscas de la Formación Cacho.

En relación con el marco tectónico, la secuencia sedimentaria presente hace parte del flanco oriental del Sinclinal de Usme, que corresponde a una estructura regional con orientación NS a NE, que se encuentra afectada por la Falla de Bogotá.

Según Ingeominas – Universidad de Los Andes (1997), la sismicidad relacionada con la Falla de Bogotá es de actividad incierta, la traza de la mencionada falla se encuentra a unos 900 al este de la zona de estudio.

2.1.1 Estratigrafía.

Acorde con el mapa geológico de Santafe de Bogotá (INGEOMINAS, 1997); las unidades geológicas presentes en el área estudiada y los alrededores, corresponde a rocas de las Formaciones Guaduas (K2E1g) y Cacho (E1c), estas unidades se encuentran recubiertas por depósitos Cuaternarios. A continuación, se realizará una descripción de las unidades mencionadas.

2.1.1.1 Formación Guaduas (K2E1g):

Unidad reportada originalmente por Hettner (1892), para describir la secuencia que aflora por encima del Grupo Guadalupe: Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia que suprayace al Grupo Guadalupe y es infrayacida por el piso de Bogotá, donde se encontraría el Horizonte del Cacho, que sería la parte basal del piso de Bogotá. La secuencia completa de la unidad aflora en la región de Sutatausa donde se pueden reconocer 5 segmentos, donde se destacan dos niveles arenosos y tres arcillosos.

En la parte baja la unidad está integrada por arcillolitas, limolitas arenosas y niveles delgados de areniscas de grano fino con estratificación ondulosa; se presentan mantos de carbón económicamente explotables intercalados con arcillolitas y lodolitas. Luego aparece un nivel de areniscas de grano fino a medio en capas de espesor fino a medio de tipo cuneiforme, este nivel es conocido como la Arenisca La Guía; esta secuencia aflora en el sector de Sierra Morena y Peña Colorada.

Luego sigue una secuencia de lodolitas, limolitas, grises a azulosas con esporádicos niveles de arenisca de grano fino, que albergan mantos de carbón económicamente explotables; luego siguen areniscas de grano muy fino en capas cuneiformes medias a gruesas, con intercalaciones de lodolitas y limolitas que presentan algunos mantos de carbón intercalados, a la parte superior de este segmento se le conoce como la Arenisca La Lajosa; Esta secuencia aflora en la cuenca del río San Cristóbal y al sureste del barrio Perdomo Alto.

La parte superior de la unidad está integrada por una secuencia de arcillolitas de color gris, amarillo rojizo, con esporádicos niveles delgados de areniscas de grano fino de color gris. Esta secuencia aflora en el sector del anticlinal de Bogotá y en el sector evaluado en el presente estudio.

El espesor de esta unidad varía entre 380 y 1060 m, el contacto inferior con la formación Arenisca de Labor-Tierna es fallado, el contacto superior con la formación Cacho es neto en algunos sectores, e inconforme a progresivo en otros. Mediante dataciones palinológicas se la ha asignado una edad Maastrichtiano superior-Paleoceno inferior (Sarmiento, 1992).

2.1.1.2 Formación Cacho (E1c)

Unidad propuesta por Hubach (1945), para denominar al conjunto inferior ubicado en el piso de Bogotá, integrado por una secuencia de areniscas granulosas, poco cementadas de colores amarillos hasta ocre con algunos niveles delgados de arcillolitas abigarradas. La unidad fue redefinida por Julivert (1963), quien la denominó formación Cacho, nombre adoptado por la sociedad de geólogos y geofísicos del petróleo. La unidad conforma un relieve pronunciado, por lo cual es fácilmente reconocida en campo.

En el sector del río San Cristóbal la unidad está integrada en su parte baja y media por una secuencia de areniscas friables de grano medio en capas muy gruesas, y areniscas de grano medio ocasionalmente conglomeráticas, hacia la parte media de la secuencia se encuentra un nivel de arcillolitas amarillas y rojizas con un espesor de 13 m.

La parte superior está integrada por areniscas de grano medio localmente conglomeráticas en capas gruesas a muy gruesas con algunas intercalaciones de arcillolita; la parte alta de la unidad está conformada por una secuencia de areniscas de grano medio con laminación cruzada.

El espesor de esta unidad en el sector evaluado es cercano a 45 m, el contacto inferior con la Formación Guaduas es concordante, el contacto superior con la formación Bogotá es neto y concordante. Mediante dataciones palinológicas se la ha asignado una edad Paleoceno superior (Sarmiento, 1994).

2.1.1.3 Depósitos Cuaternarios

Los depósitos Cuaternarios presentes son de tipo fluvio-torrencial, de pendiente, aluvial y depósitos antrópicos.

2.1.2 Geología estructural.

El sector evaluado se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias de edad Paleógena afectadas por plegamiento, la secuencia presente forma parte del flanco oriental del Sinclinal de Usme, que presenta una orientación NS a NNE, la secuencia se encuentra en posición normal, y se encuentra limitada hacia el oriente por la Falla de Bogotá.

La falla de Bogotá corresponde a una falla de cabalgamiento con dirección aproximada N-S A NNE, que afecta el flanco oeste del Anticlinal de Bogotá - flanco oriental del Sinclinal de Usme, la falla presenta su plano inclinado al oriente, con transporte tectónico hacia el

occidente, pone a cabalgar rocas del Grupo Guadalupe sobre rocas de edad Terciaria pertenecientes al conjunto medio y superior de la formación Guaduas. Se reconoció la presencia de diaclasas en las capas de areniscas de la Formación Cacho, que aflora directamente en el área evaluada y su caracterización se encuentra en el numeral 2.2.2.

Las areniscas de la formación Cacho se encuentran en posición normal, presentan un rumbo promedio N30E, buzando 40° hacia el NW, se asume que la secuencia sedimentaria presente en el polígono evaluado presenta una posición estructural similar.

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

En superficie y en el subsuelo del área evaluada se reconoció una secuencia sedimentaria de edad Paleoceno integrada por las formaciones Guaduas y Cacho, secuencia que se encuentra en posición normal; las rocas Paleocenas presentes se encuentran recubiertas parcial o totalmente por depósitos Cuaternarios. A continuación, se realizará una descripción de las unidades geológicas reconocidas.

2.2.1 Formación Guaduas (E1g):

El conjunto superior de la formación Guaduas está presente en el subsuelo, la unidad está integrada por una secuencia de arcillolitas de color gris y amarillo rojizo por alteración, con esporádicos niveles delgados de areniscas cuarzosas de grano medio, de color gris. La formación Guaduas se reconoció a través de los sondeos exploratorios realizados, en su mayor parte corresponde a arcillolitas y limolitas con un comportamiento plástico.

La unidad ha sido reconocida en los sondeos exploratorios 4, 5, 6, 14, 21 y A; se ha atravesado una secuencia de arcillolitas de color gris, con esporádicos niveles de areniscas cuarzosas, el espesor de roca alterada ha variado entre 1 y 2.5 m.

El espesor de la formación Guaduas en el área evaluada se ha estimado cercano a 200 m, el contacto superior con la formación Cacho es neto; mediante dataciones palinológicas se la ha asignado una edad Paleoceno inferior (Sarmiento, 1992).

2.2.2 Formación Cacho (E1c)

El conjunto inferior de la formación Cacho aflora en el área de estudio, la unidad está integrada por una secuencia de areniscas friables de color amarillo a rojizo, de grano medio a grueso, subredondeado, matriz arcillosa, con moderada selección; estratificadas en capas medias a gruesas, es frecuente la presencia de laminación inclinada y de costras de óxidos de hierro. (Ver ilustración 2-1 y 2-2).

El nivel de areniscas conforma un escarpe de poca altura, la posición estructural de las capas y la presencia de diaclasamiento hacen que esta unidad sea susceptible a la caída de bloques, la caracterización de dicho diaclasa miento se presenta en la Tabla 2.1 (Ver ilustración 2-3).



Ilustración 2-1. Areniscas de la formación Cacho
Fuente: Elaboración Propia.

El espesor de esta unidad en el sector evaluado es cercano a 20 m, el contacto inferior con la Formación Guaduas es concordante, mediante dataciones palinológicas se la ha asignado una edad Paleoceno superior (Sarmiento, 1994).



Ilustración 2-2. Detalle de las areniscas de la Formación Cacho.
Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 2-3. Diaclasas en areniscas de la Formación Cacho.
Fuente: Elaboración Propia.

.

En el desarrollo de las labores de campo se realizó un reconocimiento a un talud donde afloran areniscas de la formación Cacho, las cuales presentan un rumbo N30E y buzan 40NW; el rumbo y el buzamiento del talud es de N25 E/65SE y se midieron diaclasas predominantes en el talud así:

Tabla 2.1. Conjunto de Diaclasas formación Cacho.

Rumbo	Buzamiento	Abertura	Continuidad	Fract /m	Relleno
N20W	76 NE	0.01	1.9	1	Óxido Fe
N20E	71 NW	0.01	1.3	1	Óxido Fe
N30W	36 NE	0.02	1.5	1	Óxido Fe
NS	78 NE	0.01	1.4	1	Óxido Fe
N48W	80 NE	0.01	1.5	1	Óxido Fe
N51E	71 SE	0.02	1.7	1	Óxido Fe
N55W	70 SW	0.02	1.4	1	Óxido Fe
N10E	70 SE	0.03	1.2	1	Óxido Fe
N50W	72 SW	0.02	1.5	1	Óxido Fe
N45W	86 NE	0.03	1.6	1	Óxido Fe

Fuente: Información tomada en campo- Consorcio GeoJam Laches 2017.

A partir de la información estructural obtenida se procedió a realizar un análisis de estabilidad del talud, para establecer si puede generarse la caída de bloques de arenisca por la aparición de una falla en cuña.

La generación de una falla en cuña depende primordialmente de la litología y de la masa de roca expuesta, el análisis cinemático de una falla en cuña es controlado por la orientación de la línea de intersección entre dos planos, las condiciones estructurales que deben cumplirse corresponden:

- La dirección de la línea de intersección debe de ser aproximadamente cercana a la del buzamiento de la superficie del talud.

- El buzamiento de la línea de intersección debe ser menor que el de la superficie del talud, que aflore en este y además, que los planos que forman la cuña afloren en el terreno natural.

- El buzamiento de la línea de intersección debe ser mayor que el ángulo de fricción promedio de las dos superficies.

Las condiciones estructurales se ilustran en la ilustración 2-4.

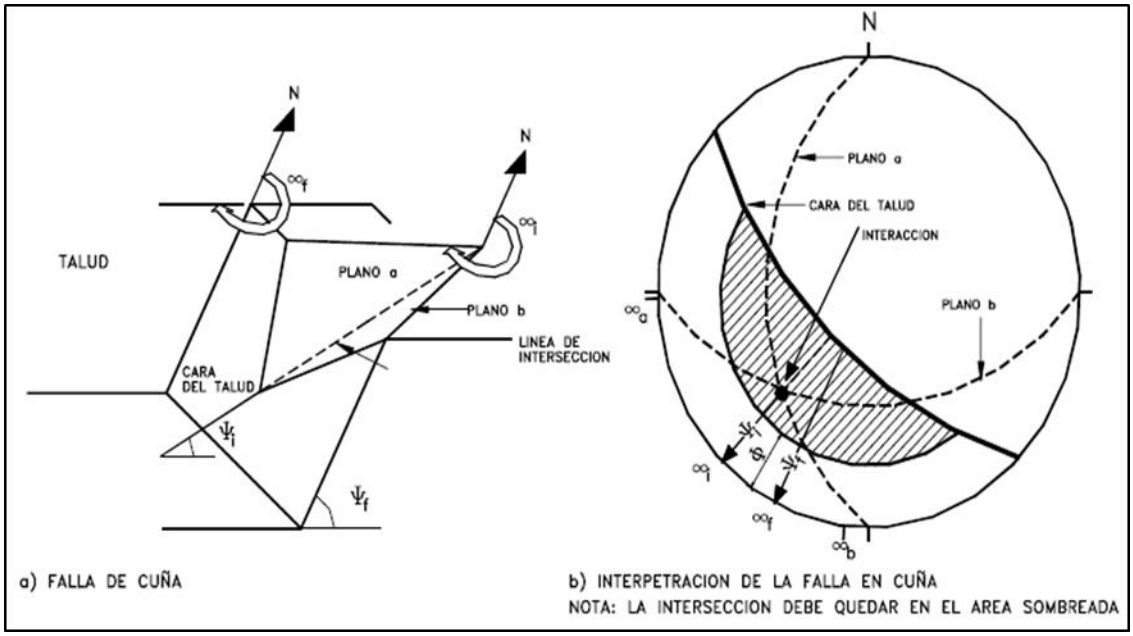


Ilustración 2-4. Falla en cuña y su interpretación.
Fuente: Esparza,C 2015.

Los datos estructurales se llevaron a la plantilla de Wulf y se analizó la generación de falla en cuña en el talud; realizando el análisis de estabilidad se estableció que se genera una falla en cuña por que se presentan las siguientes condiciones:

Buzamiento del talud < buzamiento de intersección de las dos diaclasas < ¢ fricción.

65<56<35[1]

Aparecen bloques inestables, que generan falla en cuña con una probable dirección de deslizamiento de 337 = S23 E. (Ver Ilustración 2-6).

[1] Angulo de fricción tomado de Duncan (2004). Table 4.1: Typical ranges of friction angles for a variety of rock types. Pag 81.

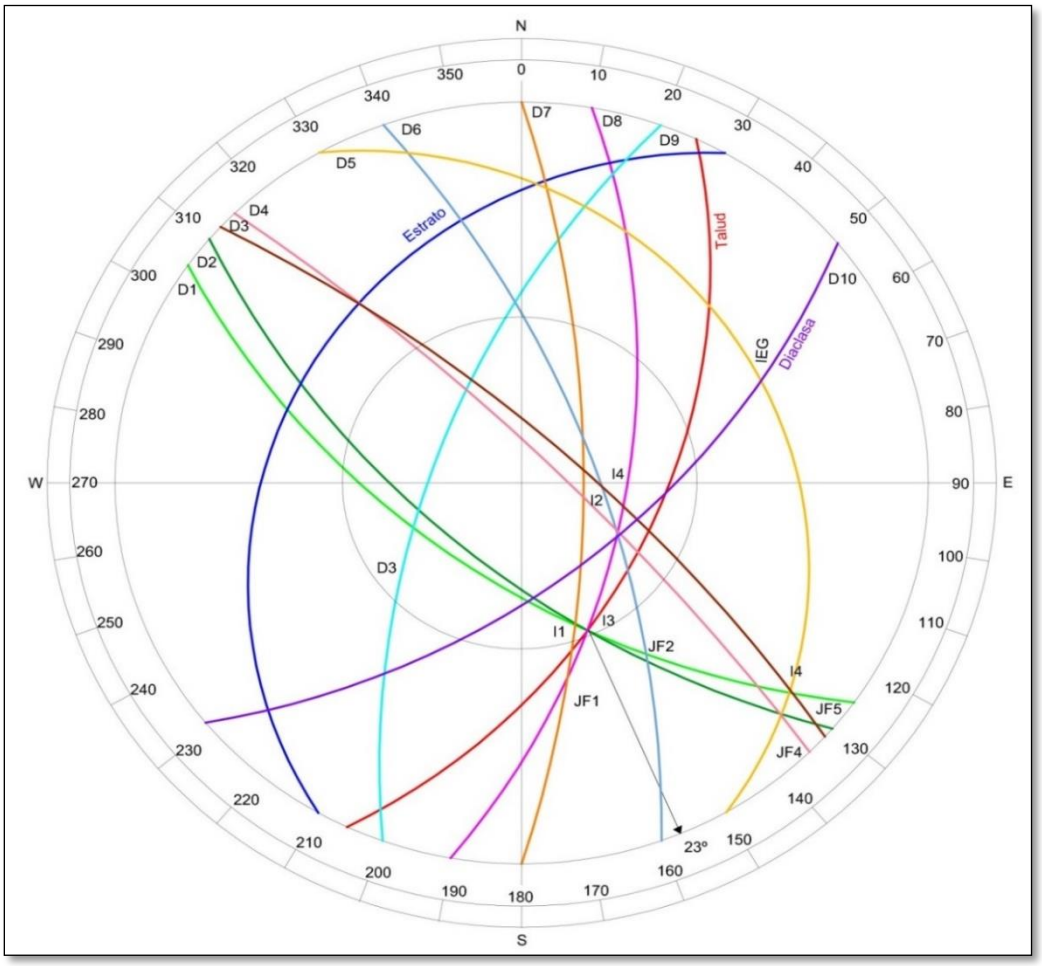


Ilustración 2-5. Proyección estereográfica con las familias de diaclasas principales. Fuente: Elaboración Propia.

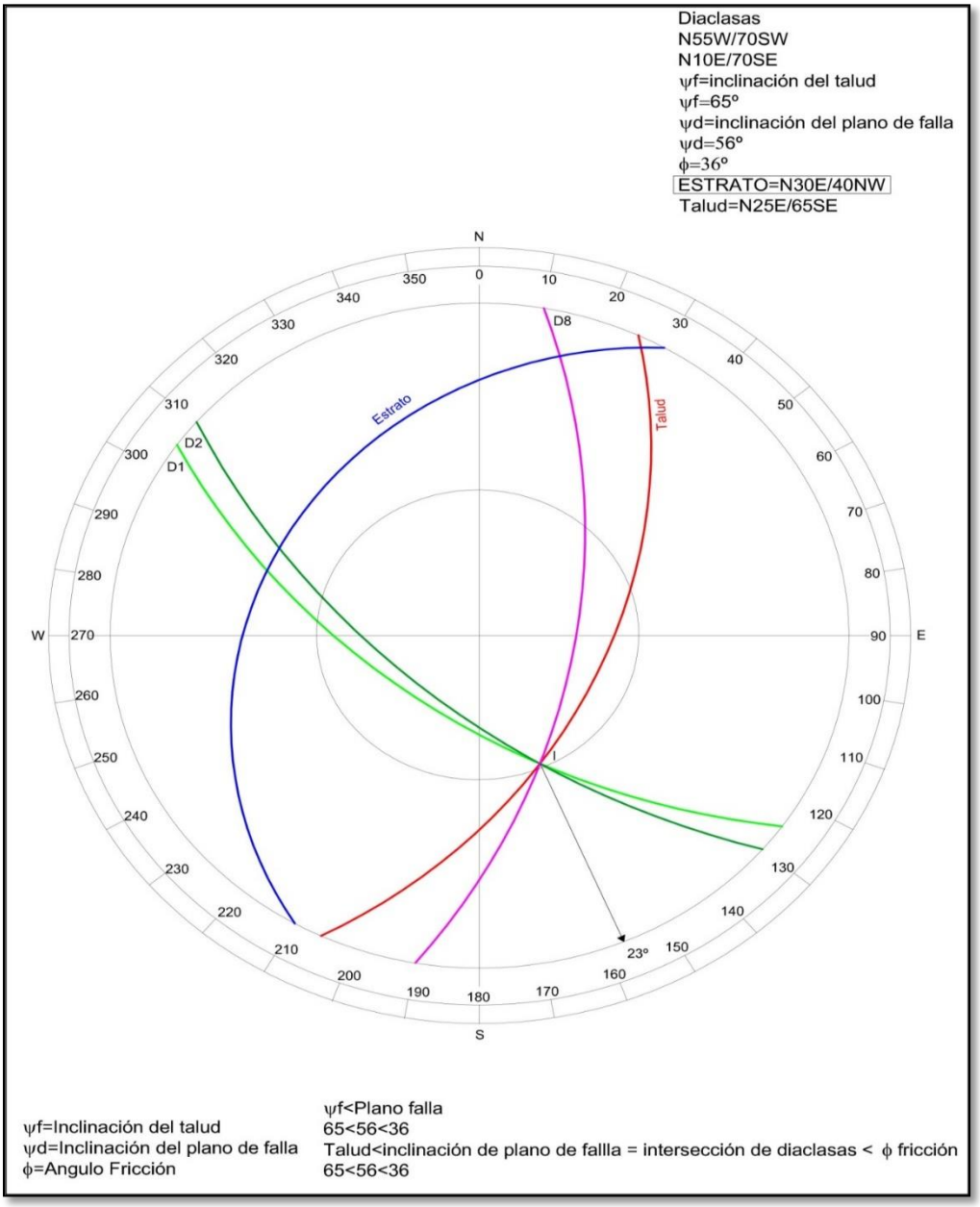


Ilustración 2-6. Análisis de estabilidad del talud de areniscas de la Formación Cacho. Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3 Depósitos Cuaternarios

Los depósitos Cuaternarios presentes son de tipo fluvio-torrencial, suelo residual arcilloso, de pendiente, aluvial y antrópicos.

2.2.3.1 Depósito fluvio-torrencial (Qft)

La unidad compuesta por niveles de bloques a cantos de areniscas en una matriz arenosa arcillosa, con clastos de diferentes tamaños, cantos, arenas compactas y arcillas; se observan fragmentos de areniscas compactas de grano fino de forma subangular. Localmente el tamaño de los bloques puede ser mayor a un metro, la unidad está presente como parte de un abanico aluvial que descendió desde los Cerros Orientales próximos, y se depositó en el antiguo cauce de la Quebrada Chorrerón y sus afluentes. (Ver Ilustraciones 2-7 y 2-8).

El depósito aflora en la margen derecha de la quebrada El Chorrerón (Ver ilustraciones 2-7 y 2-8), en la margen izquierda se reconoció en varias perforaciones exploratorias, sondeos 1, 2, 3, 7, 15 y 16. El espesor de la unidad presento un espesor entre 4 y más de 16 m.



Ilustración 2-7. Deposito fluvio torrencial (Qft)
Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 2-8. Detalle mostrando la presencia de bloques en el depósito fluvio-torrencial. Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3.2 Suelo residual arcilloso (Qsra)

Unidad integrada por niveles de arcillas limosas de color rojizo con tonos grises, presenta ocasionales niveles delgados de areniscas arcillosas, fue detectada en el subsuelo a partir de las perforaciones exploratorias, se localiza espacialmente bajo el predio del colegio y un poco hacia el norte. El espesor de la unidad vario entre 8 m en el sondeo 9 y 14 m en el sondeo 12. El subsuelo la unidad se encuentra recubierta por el depósito de pendiente y el depósito antrópico.

2.2.3.3 Depósito de Pendiente (Qdp)

Un depósito de pendiente se ubica en el sector centro oriental del polígono evaluado, está integrado por cantos a bloques de areniscas cuarzosas inmersos en una matriz arenosa; el depósito se generó por la caída de bloques de areniscas de la formación Cacho que aflora en el sector oriental. El espesor de esta unidad es variable, en el sondeo 10 alcanzó 7.9 m.

2.2.3.4 Aluvión Reciente (Qal)

Los depósitos aluviales recientes en el sector estudiado se encuentran ubicados cerca al cauce de a quebrada El Chorrerón, consisten en sedimentos tamaño grava, arena y limo, depositados como una estrecha franja alrededor del eje del cauce, las labores de canalización del cauce dificultan el reconocimiento de esta unidad.

2.2.3.5 Depósito Antrópico (Qda)

Corresponde a materiales arcillosos mezclados con sobrantes de construcción que fueron dispuestos en las laderas cercanas a los sitios de construcción de viviendas y de trazado de vías; son materiales sueltos que son susceptibles de presentar procesos de remoción en masa y erosión leve a severa, si se encuentran desprovistos de vegetación.

2.3 GEOMORFOLOGÍA

Un estudio geomorfológico tiene por objeto describir las formas del terreno, explicar su génesis, esto incluye su origen y evolución, establecer la naturaleza de los materiales que constituyen las geoformas y describir los procesos geomorfológicos modeladores.

El sector estudiado presenta un relieve montañoso, como elemento importante se destaca el Sinclinal de Usme, cuya presencia conformó un macizo estructural plegado donde se generaron geoformas denudativas y agradacionales originadas por actividad fluvioglaciar, gravitacional, aluvial y antrópica.

La morfología presente corresponde al producto de rocas sedimentarias afectadas por plegamiento, sobre las que se depositaron flujos fluvio torrenciales, provenientes del sector oriental, existe un abanico aluvial que recubre gran parte de la cuenca de la quebrada Chorrerón. Posteriormente la actividad aluvial modificó mediante entalle el antiguo abanico, excavando parte del cauce de la quebrada El Chorrerón. La actividad humana modificó las geoformas presentes mediante el trazado de vías y la construcción de viviendas, además dispuso materiales sobrantes sobre las laderas adyacentes a las viviendas.

2.3.1 Unidades geomorfológicas

La clasificación de las principales formas del terreno se ha definido como la expresión dinámica del relieve por fuerzas endógenas de la tierra que han actuado a través del tiempo geológico y modelado por agentes externos, especialmente de tipo climático, evidenciados en la denudación del relieve, la intervención antrópica y la modelación de geoformas agradaciónales y denudativas.

En el sector evaluado se destacan cuatro unidades geomorfológicas, la primera corresponde a una zona de frente estructural, donde la morfogénesis predominante es denudativa, la segunda corresponde a una ladera Coluvial donde la morfogénesis es Agradacional, la tercera corresponde a una zona inclinada, medianamente abrupta, ligada a procesos agradacionales a partir de materiales arrastrados por corrientes desde sectores elevados ubicados al oriente del predio y la cuarta corresponde a una zona de relieve ondulado, donde la morfogénesis predominante es agradacional, generada por la actividad humana.

La Tabla 2-2 describe las características de las unidades geomorfológicas identificadas:

Tabla 2.2. Unidades Geomorfológicas

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO	MORFOLOGÍA	MORFOGÉNESIS	PROCESOS MORFODINÁMICOS
Frente Estructural	**FE**	Abrupta	Denudativa	Caída de bloques
Ladera Coluvial	**LC**	Ondulada	Agradacional	Erosión leve
Abanico disectado	**AD**	Ondulada a abrupta	Agradacional	Erosión leve
Ladera antrópica	**LA**	Ondulada	Agradacional	Erosión leve Deslizamientos
Valle aluvial	**VA**	Levemente ondulada	Agradacional	

Fuente: Consorcio GeoJam Laches 2017.

2.3.2 Procesos Morfodinámicos

Los procesos morfodinámicos que se identificaron en el área evaluada corresponden a procesos erosivos, generados por la ausencia periódica de cobertura vegetal y procesos de remoción en masa. En gran parte del polígono estudiado se observa la modificación de las laderas por el proceso de construcción de vías de acceso y viviendas. Estos procesos se ilustran en el MAPA.3 y en las ilustraciones del numeral 2.3.3.

2.3.2.1 Procesos de Erosión

Se definen como el grupo de eventos por medio de los cuales el material rocoso o suelos son desprendidos, disueltos y removidos con influencia de agentes externos a lo largo de un eje lineal, en las fotografías aéreas se identificaron sectores localizados donde se observan procesos de erosión en surcos temporal de carácter local, que fácilmente desaparecen al ser cubiertos por vegetación. (Ver ilustración 2-9).



Ilustración 2-9. Procesos localizados de erosión, cerca del polideportivo. Fuente: Elaboración Propia.

2.3.2.2 Procesos de remoción masa.

En el predio evaluado se observa la presencia de un deslizamiento de tipo flujo de tierras, presente en forma localizada, ubicado sobre el talud superior de la vía de acceso al Barrio (Diagonal 4ª), el deslizamiento afecta materiales arcillosos.(Ver Ilustración 2-10).



Ilustración 2-10. Deslizamiento tipo flujo de tierras que afecta la vía de acceso. Fuente: Elaboración Propia.

2.3.3 Análisis Multitemporal

Para realizar el análisis multitemporal se utilizaron dos juegos de fotografías aéreas y una imagen de satélite, las fotografías aéreas corresponden al vuelo C–1763, en escala 1:7.500 de enero de 1977, fotos 114 y 115 y el vuelo C-2161, en escala 1:8.700 de septiembre de 1984, fotos 95 y 96. La imagen de satélite utilizada fue tomada en marzo del 2015, suministrada por Google Earth.

Las fotografías aéreas y la imagen de satélite, se interpretaron individualmente y luego se llevaron a una escala idéntica con el objeto de establecer los cambios que se presentaron en el sector cercano al polígono evaluado en relación con los procesos morfodinámicos y la red de drenaje.

En la fotografía del año 1977 se observa una red de drenaje poco densa, bien integrada, de forma sub-paralela, la red de drenaje fue intervenida por la construcción de varias vías y algunas construcciones se hicieron muy cerca del cauce de estos drenajes intermitentes. Se observa que la zona estaba bastante intervenida para la época, en el sector norte se observan construcciones individuales informales y en el sector sur se observa una urbanización de casas de un piso, construida por el estado.

En relación con la erosión de los cauces se puede afirmar que las obras que ocuparon el cauce de la quebrada El Chorrerón, construidas para comunicar el barrio, ayudaron a la atenuación del proceso de socavación del cauce, por cuanto actúan como diques que disminuyen la velocidad de flujo de la corriente y generan acumulación temporal de agua.

La construcción de la vía de acceso al barrio denominada Diagonal 4a ocupó parte del cauce de una quebrada intermitente afluente de la quebrada Chorrerón, en la foto se observa que el agua lluvia evacuada por la quebrada en el periodo de lluvias fluye durante un tramo por la mencionada vía.

En el año 1977 no existía el colegio Los Pinos, la ladera donde posteriormente se ubicaría el colegio, está en la parte central del polígono, dicha ladera presenta una forma redondeada y está cubierta por pastos y destinada para uso recreativo. La ladera fue intervenida inicialmente en su parte baja para la construcción de la Diagonal 4a, que para 1977 se encontraba cubierta con afirmado, además se observa que se realizó un corte en el talud superior de la vía, en la parte baja de la ladera. (Ver Ilustración 2-11)

En relación con los procesos morfodinámicos se observa la presencia de erosión concentrada en forma localizada en la parte central del polígono, manifiesta como erosión en surcos, que afecta el talud que fue cortado y se encuentra expuesto; los materiales sobrantes de la adecuación de la vía fueron dispuestos directamente en la margen izquierda de la quebrada El Chorrerón.

Una situación similar se observa aguas arriba fuera del polígono, al parecer se removió parte del material de la vía y los sobrantes se dispusieron directamente en la margen derecha de la quebrada. En el sector oriental fuera del polígono se observa la presencia de dos canteras que explotaban material del depósito fluvio-torrencial. En la ladera donde se ubicará el colegio no se presentaban procesos de remoción en masa.

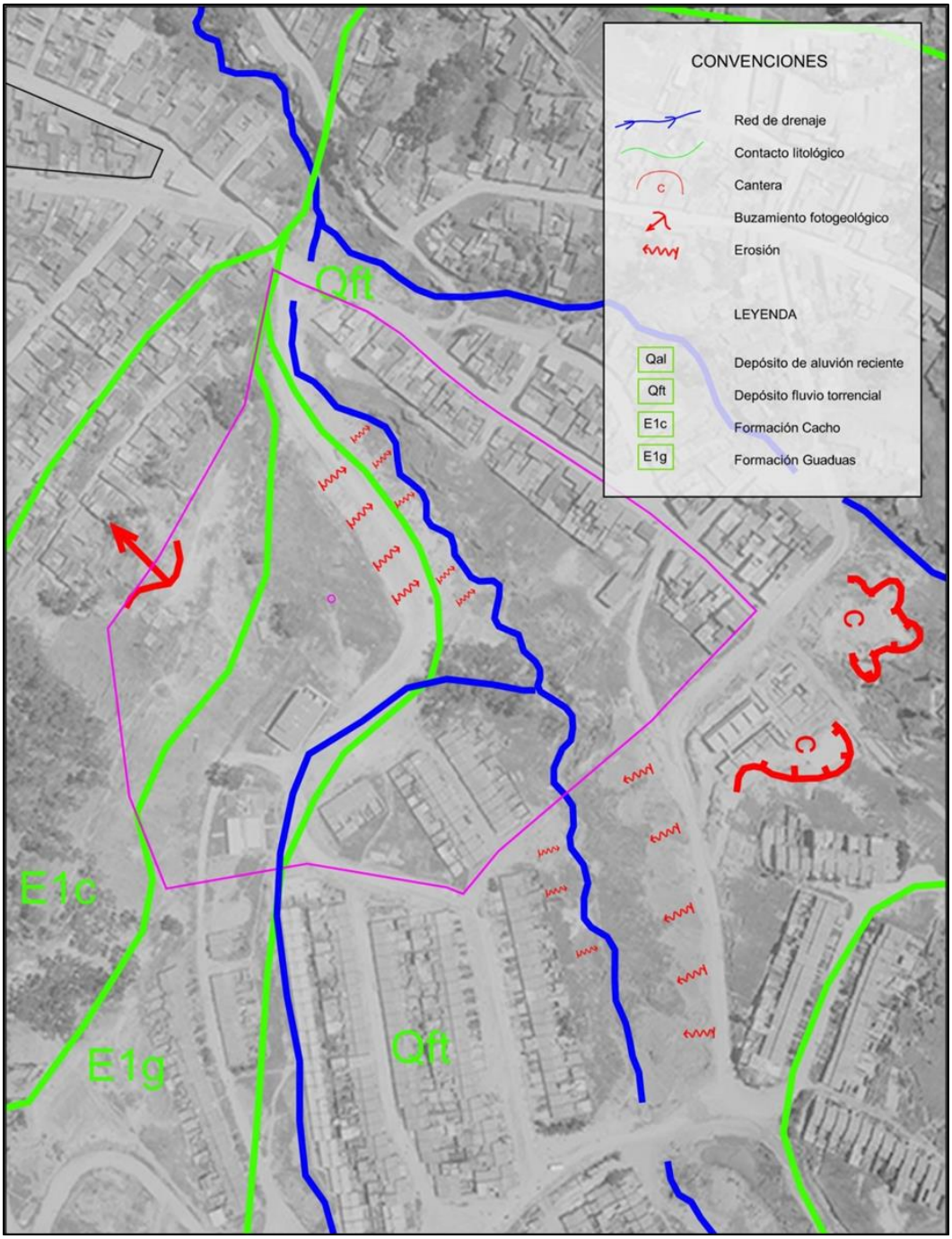


Ilustración 2-11. Análisis fotogeológico, fotografía año 1977 en escala 1:2.500
Fuente: Elaboración Propia a partir aerofotografía IGAC.

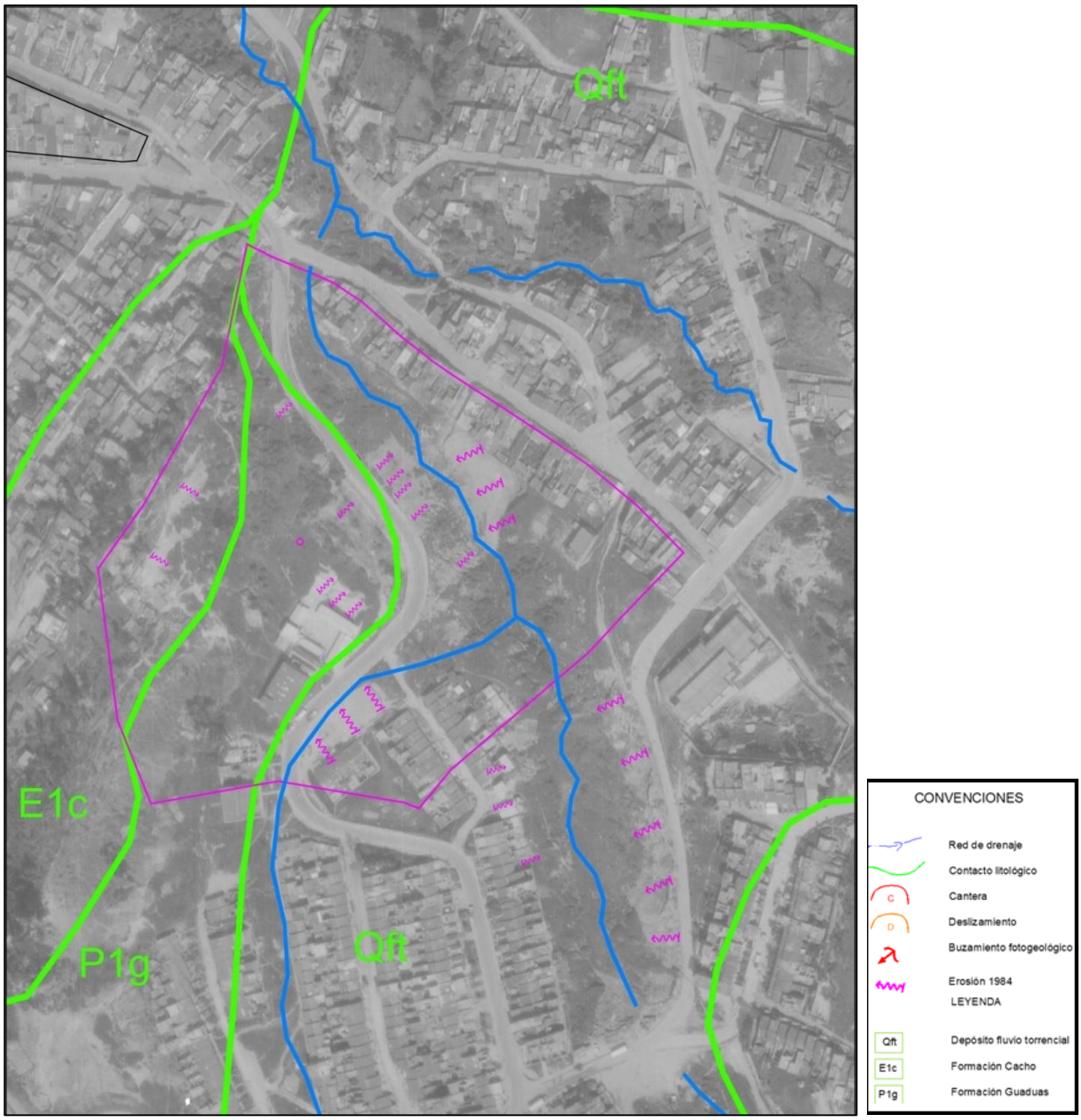


Ilustración 2-12. Fotografía aérea del año 1984 en escala 1:2.500
Fuente: Elaboración Propia a partir aerofotografía IGAC.

En la fotografía del año 1984 se observa una recuperación de la cubierta vegetal, en algunos sectores se observa la presencia de vegetación arbustiva; la vía que atraviesa el polígono (Diagonal 4a), se encontraba recubierta con pavimento.

Se observa que el colegio estaba en proceso de construcción, se habían levantado dos bloques en forma de ELE, pero no existía el cerramiento completo, al parecer se aprovecharon las condiciones de la ladera para realizar un corte y lograr una construcción a un mismo nivel. Contiguo al colegio se observa la presencia de varias casas aproximadamente cuatro, adosadas contra la montaña; es importante resaltar que parte de los materiales de corte de la ladera y escombros de construcción fueron dispuestos directamente sobre la ladera, en la parte norte aledaña al colegio.

En relación con los procesos morfodinámicos se observa la presencia de erosión laminar en forma localizada en sectores sin cobertura vegetal, en la parte alta de la ladera y en dos predios destinados a la recreación. (Ver Ilustración 2-12).

En la imagen de satélite del año 2015 se observa que el cauce de la quebrada El Chorrerón fue intervenido, se llevó a cabo una canalización para mitigar la erosión y socavación del cauce; este proceso se realizó en el año 2009, se evidencia en la imagen porque el trazo del cauce se tornó más rectilíneo. Adicionalmente se observa que se ha construido una especie de dique en el cauce de la quebrada a la altura del límite suroriental del polígono, sobre el dique se ha construido un paso peatonal que sirve para atravesar el cauce de la quebrada. (Ver Ilustración 2-13).

Sobre la diagonal 4a se construyó una obra hidráulica que permite captar las aguas que escurren por esta vía desde la parte alta, y conducirlas hacia la red de aguas lluvias para evacuarlas fuera del área; como se intervino parte del antiguo cauce de una de las quebradas tributarias, esta zona se utilizó para la construcción de varias viviendas y una cancha polideportiva, el sitio se ubica justo al frente del colegio.

Se modificó la ladera cercana al escarpe de areniscas de la formación Cacho, se trazaron dos vías de acceso y se construyeron viviendas en los predios ubicados en el sector cercano al colegio sector suroeste. En el sector oriental del polígono se realizaron dos construcciones, en una de estas funciona una biblioteca y salón comunal.

Los procesos morfodinámicos presentes corresponden a erosión incipiente y acentuada, que se manifiesta como erosión laminar y erosión en surcos, presente en forma localizada cerca a la cancha polideportiva localizada en la margen derecha de la quebrada Chorrerón.

Se presenta un movimiento de remoción en masa de carácter local, tipo flujo de tierras, que se localiza en el talud superior de la vía de acceso al barrio (diagonal 4a). Además, se observa la presencia de una cicatriz de deslizamiento en el talud inferior de la mencionada vía.

En la Ilustración 2-14, se observa el resultado del análisis multitemporal de los procesos morfodinámicos, en color rojo se marcan los procesos del año 1977, en color fucsia los procesos del año 1984 y en color naranja los procesos del año 2015.

Los procesos morfodinámicos presentes en el polígono evaluado para el periodo analizado corresponden a procesos erosivos, de carácter local, tipo erosión difusa y concentrada que se manifiestan por la presencia de erosión en surcos, presentes en sectores desprovistos de vegetación, corresponde a procesos de corta duración, asociados a flujo de aguas lluvia.

Se reconoció la presencia de fenómenos de remoción masa en la imagen de satélite del año 2015, corresponde a procesos tipo flujo de tierras, localizados cerca de la diagonal 4a, en zonas de pendiente alta, con presencia de materiales arcillosos de origen antrópico, dispuestos sobre la ladera.

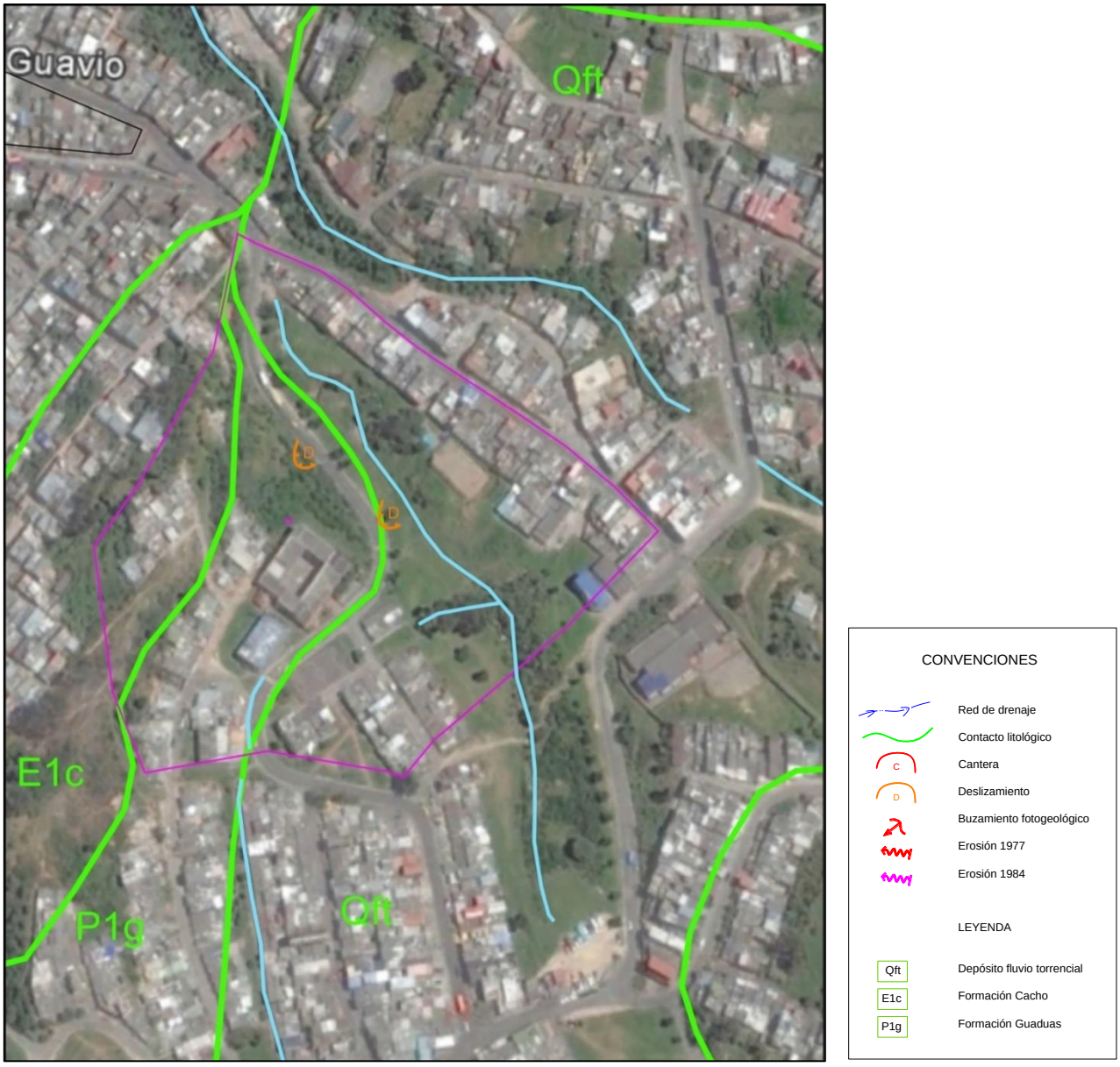


Ilustración 2-13. Imagen de satélite año 2015 en escala 1:2.500
Fuente: Elaboración Propia a partir imagen satelital. Google Earth.

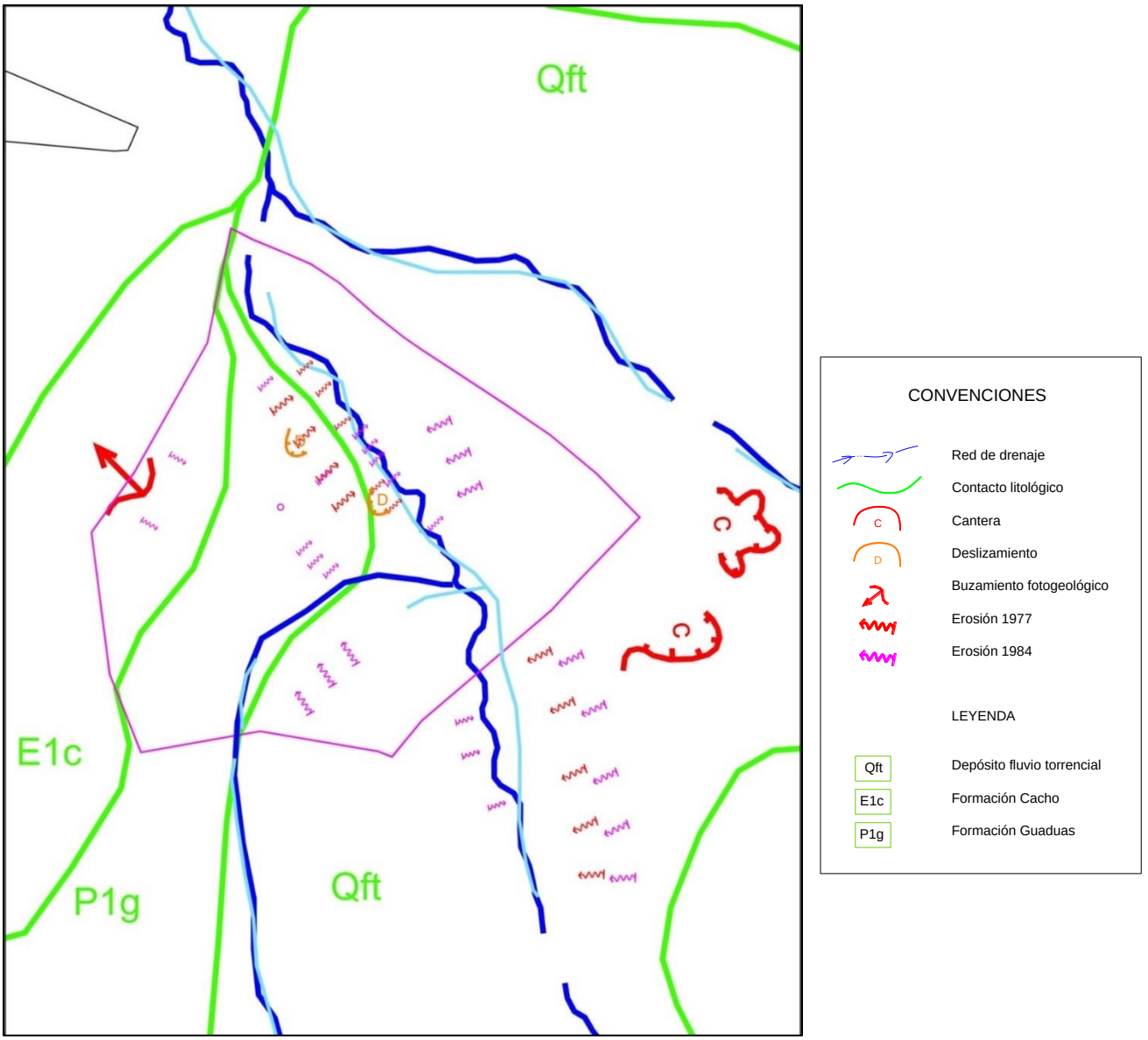


Ilustración 2-14 .Análisis multitemporal escala 1:2.500
Fuente: Elaboración Propia.

3 HIDROGEOLOGÍA

3.1 Condiciones Topográficas

El polígono evaluado se localiza al centro oriente de Bogotá en la localidad de Santa Fe, entre la diagonal 4a y la carrera 6, presenta un área aproximada de 5.2 Ha. Este se ubica en una ladera de pendiente media a alta; los límites generales según el Geoportal del SIRE son por el norte sector catastral de San Francisco rural, occidente sector catastral del Guavio, oriente sector catastral La Peña y sur sector catastral Los Laches.

El polígono se ubica en una ladera con orientación general NE y pendiente al NW, en el sector occidental se presenta una cuchilla generada por rocas competentes, donde se presenta la mayor elevación que corresponde a 2792 m. la parte central y oriental corresponde a una ladera uniforme que desciende en forma continua hacia el NW, desde una altura de 2770 m en el sector SE hasta una altura de 2728 m en el sector NW en la ronda de la quebrada Chorrerón.

Las vías de acceso al polígono evaluado corresponden a diagonal 4a, en el sector central, calle 6a, por el sector norte, la carrera 7 Este por el costado oriental y la diagonal 3a por el costado occidental.

3.2 Condiciones de uso actual

El polígono evaluado está destinado fundamentalmente a la vivienda urbana, la mayor parte se encuentra urbanizado desde hace mucho tiempo, subsisten algunas zonas verdes localizadas en la ronda de la quebrada Chorrerón y en un cerro localizado al occidente, que están destinadas a la recreación pasiva.

3.3 Consideraciones hidrogeológicas de la textura de los materiales

Uno de los objetivos primordiales de un estudio hidrogeológico es determinar y cuantificar en lo posible la capacidad de las unidades geológicas presentes en un área para almacenar y trasmitir agua subterránea; para la caracterización de las unidades hidrogeológicas se recurrió a información litológica de cada una de las unidades geológicas presentes en el predio evaluado y los resultados de las sondeos exploratorios realizados.

En general se identifican como acuíferos, a las unidades geológicas que permiten el almacenamiento y la transmisión de agua subterránea; acuitardos a las unidades

geológicas que pueden almacenar agua, pero que la transmiten muy lentamente en comparación con los acuíferos, y acuicludos a las unidades geológicas que no permiten el almacenamiento, ni la transmisión de agua subterránea y se consideran impermeables.

3.4 Características climatológicas y pluviométricas del área

Las condiciones climáticas de la zona fueron definidas por el estudio "Caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo" IDEAM. 2007. Se tomó como referente la estación Venado de Oro la cual se encuentra 1.2km al norte del área de estudio y su ubicación se muestra en la ilustración 4-1.

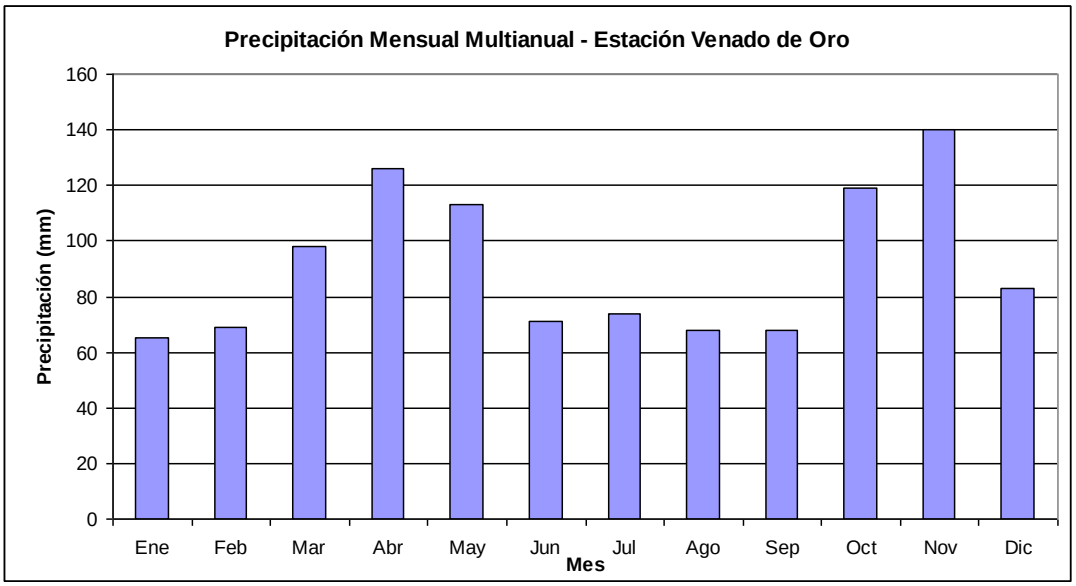


Ilustración 3-1 .Precipitacion mensual multianual Estacion Venado de Oro
Fuente: IDEAM.

La zona evaluada presenta un clima frio, con temperatura media multianual es de 12.6 °C, el régimen de lluvias es bimodal, las precipitaciones mensuales oscilan entre 98 y 140 mm, la precipitación media mensual multianual es de 1093 mm.

3.5 Evaluación Hidrogeológica

Para la realización de las consideraciones hidrogeológicas se tuvo en cuenta la geología, la exploración del subsuelo, hidrología y comportamiento climático del sector. El área de estudio se ubica en una ladera con orientación NNE, que se encuentra inclinada hacia el NW, el agua lluvia que cae en el predio es evacuada debido a las condiciones morfológicas presentes, fluye pendiente abajo, se encauza por el sistema de drenaje integrado por la quebrada El Chorrerón, esta red de drenaje evacua el agua y la lleva hacia el río San Agustín.

El predio evaluado presenta un clima frio, con temperatura promedio de 12.6 °C, la precipitación media anual es de 1093 mm, en relación con la infiltración de agua lluvia se puede afirmar que corresponde a un valor bajo, dado que gran parte del área se encuentra ocupada por construcciones y vías de acceso, que conforman zonas impermeables, donde se presentará escorrentía del agua lluvia.
En la zona verde que forma parte de la ronda de la quebrada El Chorrerón debido a las condiciones litológicas de las unidades que están presentes, gran parte del agua lluvia que caiga se convertirá en escorrentía superficial y una pequeña cantidad se infiltrará en la porción superior de los depósitos fluviotorrencial y antrópico que tienen una permeabilidad del orden de K= 10^{-4} m/s. En las rocas de la formación Cacho se presentará poca infiltración debido a la alta pendiente.

La Formación Guaduas presente en el subsuelo del predio está integrada por una secuencia de arcillolitas y limolitas, esta unidad se comporta como un acuitardo con un valor estimado de permeabilidad K= 10^{-6} m/s donde se presenta alteración de las arcillolitas y un acuicludo donde las arcillolitas están frescas con una permeabilidad del orden de K= 10^{-9} m /s. La Formación Cacho presente en el sector occidental, integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano de medio a grueso, se comporta en el suelo como acuífero, no se observó saturación de agua; la posición estructural hace que el agua lluvia que se infiltra en la unidad, drene hacia el occidente, donde alimenta unidades permeables. A la unidad se le ha signado un valor de permeabilidad. K=10-1 m/s.

El depósito fluvio torrencial, integrado por cantos a bloques de arenisca en una matriz limosa a arenosa, se comporta en el subsuelo como un acuitardo con una permeablidad del orden de K=10^{-6} m/s, puesto que permite el almacenamiento y trasmisión de cantidades bajas de agua subterránea, por la presencia de una matriz fina dentro del depósito, los niveles limo-arcillosos presentes y la heterogeneidad del depósito.

El suelo residual arcilloso se comporta como un acuitardo, debido a su composición arcillosa. El depósito de pendiente, integrado por fragmentos a bloques de arenisca en matriz areno arcillosa y niveles de arenas y limos, se comporta como un acuífero pobre.

El depósito antrópico integrado por materiales arcillosos mezclados con desechos de construcción se comporta como un acuitardo con una permeabilidad del orden de $K=10^{-6}$ m/s. El depósito de aluvión integrado por gravas, arenas y limos se comporta como un acuitardo cuya permeabilidad se encuentra en el orden de $K=10^{-3}$ m/s - $K=10^{-6}$ m/s, puesto que se encuentra recubierto por las obras de canalización de la quebrada El Chorrerón. A continuación se presenta un resumen de la caracterización de las unidades descritas.

Tabla 3.1. Caracterización de unidades

Unidad	Descripción	Unidad Hidrogeológica	Capacidad de Drenaje	Capacidad de almacenar	Capacidad de transmitir	Permeabilidad k (m/s)
Suelo de Relleno	Materiales arcillosos con desechos de construcción	Acuitardo	Baja - Semipermeable	Alta	Baja	10^{-6}
Suelo residual	Arcillas de media a alta plasticidad	Acuitardo	Baja– Semipermeable	Alta	Baja	10^{-6}
Depósito de pendiente	Niveles de arenas y limos y fragmentos de bloques de arenisca en matriz areno arcillosa	Acuífero Pobre	Bueno	Alta	Media	10^{-4}
Depósito fluvio torrencial	Cantos a bloques de arenisca en una matriz limo arenosa	Acuitardo	Media	Baja	Baja	10^{-4}
Depósito Aluvión	Gravas arenas y limos	Acuitardo	Media	Alta	Baja	10^{-3}
E1g (Suelo - Alteración de arcillolitas)	Alteración de arcillolitas	Acuitardo	Baja - Semipermeable	Alta	Baja	10^{-9}
E1g (Roca Arcillolita)	Arcillolita fresca	Acuicludo	Casi impermeable	Alta	Nula	10^{-9}
E1c (Roca arenisca Cuarzosa)	Arenisca cuarzosa de grano medio a grueso	Acuífero	Bueno	Alta	Alta	10^{-1}

Fuente: Elaboración propia

3.6 Definición De Nivel De Agua

Teniendo en cuenta que en la mayoría de perforaciones no se evidencio nivel de agua, y que en las perforaciones en las cuales el nivel de agua se registró, se observó que éste se disipaba a medida que se avanzaba en la perforación, se determinó que el nivel de agua registrado, corresponde a una acumulación superficial de agua, la cual modifica los parámetros de resistencia de los materiales y las condiciones de equilibrio de las laderas.

Específicamente se tienen tres consideraciones importantes que influyen en el comportamiento de aguas subterráneas en la zona de análisis, la primera, hace referencia a la pluviosidad según el estudio hidrológico.

Donde de la totalidad de agua de precipitación, existe un porcentaje de evapotranspiración, otro de escorrentía y/o infiltración, como se indica en la Ilustración 3 2, por esta razón el agua que se infiltra corresponde a agua subsuperficial acumulada que define una condición de saturación parcial en el suelo dependiendo de las características del mismo.

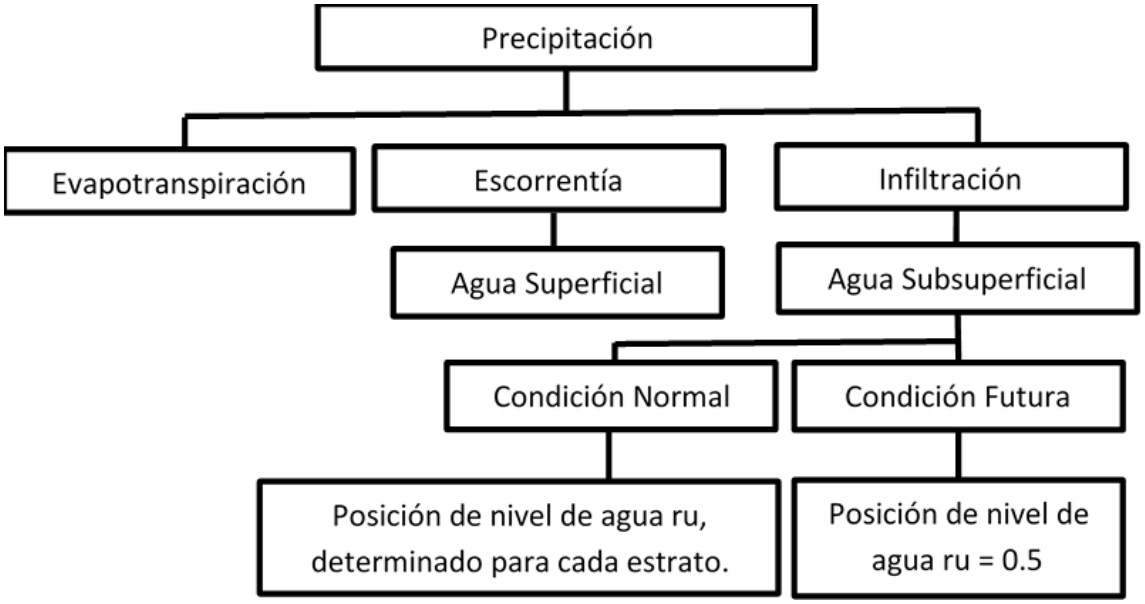


Ilustración 3-2. Balance hídrico
Fuente: Elaboración propia

La segunda consideración que influye en el comportamiento del agua subterránea, corresponde a las características geomorfológicas de la zona de estudio, en donde para las zonas de alta pendiente el agua lluvia presenta mayor escurrimiento que infiltración, y en las zonas bajas se presenta mayor infiltración de agua.

La tercera consideración, hace referencia a los aportes de agua debidos a agentes externos, como es el caso de ladera de la institución educativa los Pinos, donde el agua de infiltración no solo proviene de la precipitación, sino también de la escorrentía en las zonas urbanizadas que no cuentan con un adecuado manejo de agua superficial; adicionalmente como se desconoce el estado de la red hidrosanitaria de la institución educativa, no se puede descartar que se presente infiltración de agua debida al estado de la tubería.

Por todo lo anterior, para incluir los efectos del agua en los análisis de estabilidad, se utilizó el concepto de ru (relación de presión de poros y esfuerzo total)

$$ru = \frac{\mu}{\gamma_t * H}$$

En donde, la altura de agua H_w, se determinó en función del nivel de saturación del suelo. Para este análisis se realizaron ensayos de peso unitario, humedad natural y gravedad específica Gs y por medio de relaciones de fase se determinó la saturación representativa y promedio para los estratos arcillosos de los sondeos en los cuales no se registró nivel de agua.

Adicionalmente el análisis de estabilidad se realizó para la condición de agua en un escenario normal y en un escenario extremo donde el agua que entra en el terreno se define en periodos lluviosos donde se pueda generar saturación de los materiales.

3.6.1 Definición de posiciones de niveles de agua en condición normal

Debido a que el valor de ru se encuentra en un rango de 0 y 0.5, y teniendo en cuenta el peso unitario del suelo el cual se obtuvo con ensayos de laboratorio, se estableció una dimensión de la lámina de agua conforme el nivel de saturación presente para cada estrato. Dicha saturación se obtuvo con relaciones de fase y datos registrados de Gs, Peso unitario y humedad.

Como ejemplo ilustrativo se muestra la Tabla 3 2, resumen de valores de altura de agua para cada estrato de algunos sondeos de interés.

Tabla 3.2. Relación de presión de poros y fuerzo total

Sondeo	Material	S (%)	H_w (m)	$H_{estrato}$	□□□t/m^3)	σ□	ru
S 18	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M7	57%	2,28	4	1,83	9,12	0,25
	M9	78%	3,12	4	2	17,1	0,18
	M10	100%	6	6	2,18	30,2	0,20
S 17	M1	77%	2,31	3	1,8	5,4	0,43
	M4	100%	3	3	2	11,4	0,26
	M5	100%	6,986	7	2,18	26,6	0,26
S 20	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M2	84%	0,42	0,5	1,91	2,75	0,15
	M3	0%	0	9,5	1,98	21,5	0,00
S 10	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M8	28%	2,38	8,5	1,83	17,3	0,14
	M4	99%	5,94	6	2	29,3	0,20
	M5	100%	3,5	3,5	2,18	36,9	0,09
S11	M1	78%	1,56	2	1,83	3,66	0,43
	M4	100%	15	15	2	33,6	0,45
	M5	99%	2,97	3	2,18	40,2	0,07
S15	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M7	63%	0,315	0,5	1,83	2,71	0,12
	M3	0%	0	8,5	1,98	19,5	0,00
	M6	0%	0	6	2,2	32,7	0,00

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Definición de posición de agua condición crítica

Dada la cobertura vegetal de la zona, se puede establecer que las áreas construidas generan una capa impermeable superficial donde la escorrentía predomina mientras en las zonas verdes tipo pastos la infiltración es la predominante. Esta última condición es la que se toma como crítica y dado que las capas superficiales tienen un Ru normal (corto plazo) mayor a 0.4, se tomará como Ru de condición extrema (Largo plazo) el valor máximo equivalente a 0.5.Para las capas inferiores con suelos arcillosos se tomará como condición máxima el valor Ru de 0,3 (o hasta el doble del normal) y en los suelos con algún componente arenoso o de bloques se tomará los mismos Ru del escenario normal debido a su buen drenaje. Estos valores son correspondientes al modelo generar de saturación y textura de los materiales.

4 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

A partir de información secundaria a la cual se puede acceder en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, se determinan las estaciones hidrometeorológicas en la zona del estudio y se continua con la recopilación de la información de mencionadas estaciones (Ver anexo 1, Figura 1).

Es necesario mencionar que se encontraron 3 estaciones del IDEAM que brindan información en el área de influencia, las cuales son de tipo Climatológica Ordinaria. Otras dos estaciones son administradas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá –EAAB- las cuales son de tipo Climatológica Ordinaria y Pluviográfica. Las cinco estaciones brindan información de gran utilidad para llevar a cabo un análisis hidrológico.

4.1 INFORMACIÓN IDEAM Y DE EAAB

Las estaciones hidrometeorológicas cercanas a la zona de influencia del proyecto se seleccionaron a partir del catálogo de estaciones del IDEAM y del shapefile de estaciones suministrado por el EAAB. Las estaciones seleccionadas se presentan en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**, su ubicación se muestra en la Ilustración 4-1 y se relacionan en el anexo 1-1.

Tabla 4.1. Estaciones de Influencia Zona del Proyecto.

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	CAT	ELEVACIÓN	CÓDIGO	ENTIDAD	PERÍODO DE REGISTRO
Guadalupe	999429.95	1002520.35	PG	3316 msnm	2120198	EAAB	1987 – 2017
Unisalle centro	999867.26	1000793.04	CO	2700 msnm	21206970	IDEAM	2008 – 2013
Efrain Cañaveral	998577.15	1001203.01	CO	2804 msnm	21206610	IDEAM	2001 – 2009 (Suspendida)
Venado oro vivero	1000238.95	1001770.13	CO	2725 msnm	21205580	IDEAM	1965 – 2017
Vitelma	997539.96	1000600.34	CO	2800 msnm	2120524	EAAB	1981 – 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

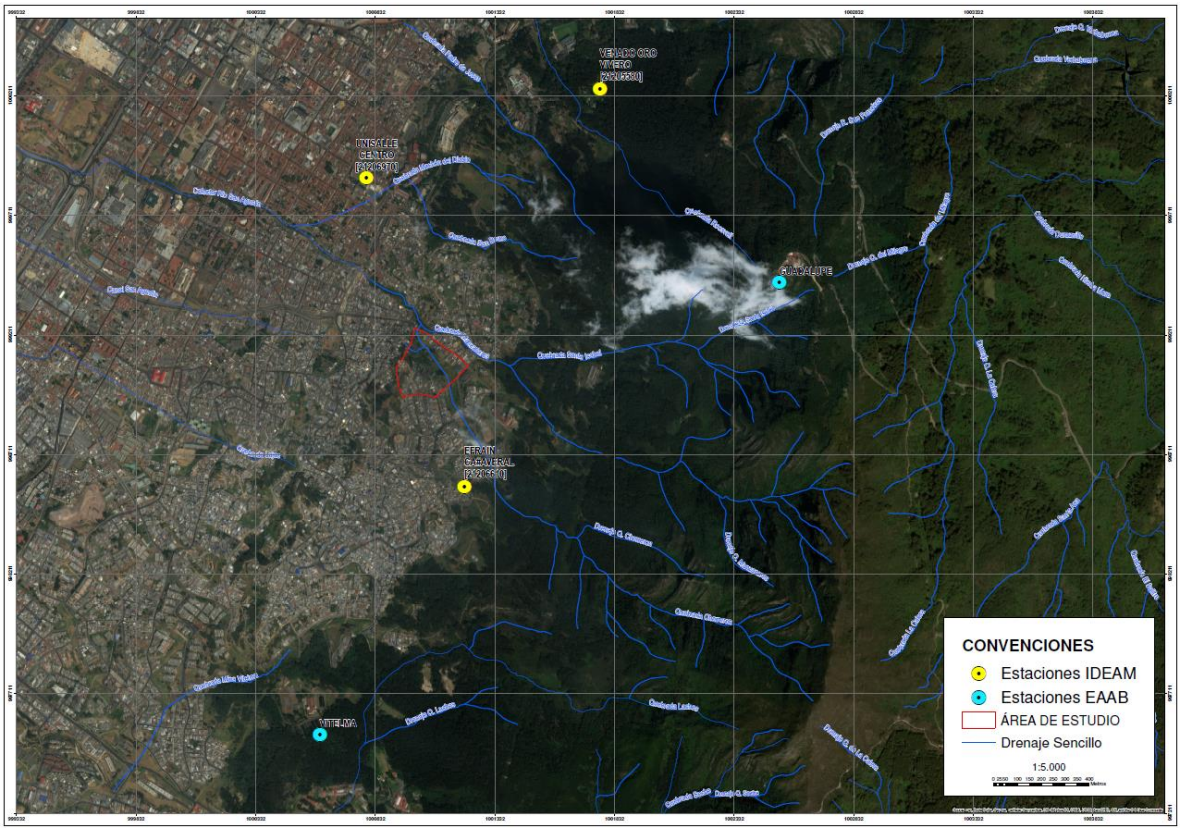


Ilustración 4-1. Localización Estaciones seleccionadas
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

Es necesario mencionar que las estaciones seleccionadas se encuentran alejadas de la zona de estudio, sin embargo, estas son las disponibles en el IDEAM y el EAAB. Las estaciones presentan la siguiente información de utilidad para el fin del estudio (ver Tabla 4.2). Adicionalmente, la estación Efrain Cañaveral se encuentra suspendida, por lo cual no se presenta información para dicha estación.

Tabla 4.2. Información de interés existente en las estaciones seleccionadas.

CÓDIGO	NOMBRE	INFORMACIÓN EXISTENTE	PERÍODO DE REGISTRO
2120198	Guadalupe	VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	1987 – 2017
2120524	Vitelma	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	1981 – 2013
		TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL	
		TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL	
		EVAPORACIÓN TOTAL MENSUAL	1990 – 2016
		HUMEDAD MEDIA MENSUAL	1981 – 2013
		PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL	1941 – 2017
		PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	
		No DÍAS MENSUALES PRECIPITACIÓN	
21206970	Unisalle Centro	VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA	2008 – 2013
		VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	
		VALORES No DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	
		VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS	
		VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA	
		VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA	
		VALORES MÍNIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA	
21205580	Venado oro vivero	VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	1965 – 2017
		VALORES No DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	
		VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS	
		VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACIÓN	1970 – 2017
		VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA	1966 – 2017
		VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA	
		VALORES MÍNIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA	
		VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA	

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

4.2 CARTOGRAFÍA

En el instituto geográfico Agustín Codazzi –IGAC- se obtuvieron las planchas 1:2000 (Mayor escala disponible para la zona de estudio), que cubren el área de estudio y las cuencas presentes en el área de interés. Los números de las planchas consultadas se encuentran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Tabla 4.3. Número de Planchas IGAC del área de estudio.

No de Plancha
M-1
M-2
M-11
M-12

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

4.3 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA ESPACIAL

Esta caracterización corresponde al análisis a nivel regional. Basados en el Estudio de la Caracterización Climática de Bogotá y Cuenca Alta del Río Tunjuelo, en este trabajo se seleccionaron 26 estaciones meteorológicas representativas de la sabana de Bogotá.

Cerca de la zona de interés se utilizó la información de las siguientes estaciones: Venado oro y Unisalle Centro (operadas por el IDEAM) y Vitelma (operada por EAAB). A continuación, se describen los resultados encontrados en el estudio mencionado.

El atlas climatológico fue publicado en el año 2007, no obstante, los resultados encontrados en él para la zona de estudio, mantienen la regularidad estadística en el tiempo y el espacio, razón por la cual permite el uso de este con la información hidrológica de la zona de estudio.

A continuación, se hace una descripción de los elementos meteorológicos: humedad relativa, temperatura, brillo solar, caracterización climática y precipitación media mensual multianual de la zona de estudio.

4.3.1 Distribución espacial de la precipitación – Marco general

Caída de agua solida o líquida debido a la condensación de vapor sobre la superficie del planeta. Este es un factor meteorológico de gran variación tanto espacialmente como temporalmente. Bogotá presenta un comportamiento bimodal de lluvias; siendo una temporada entre marzo y mayo, y la otra entre octubre y diciembre (ver Ilustración 4-2).

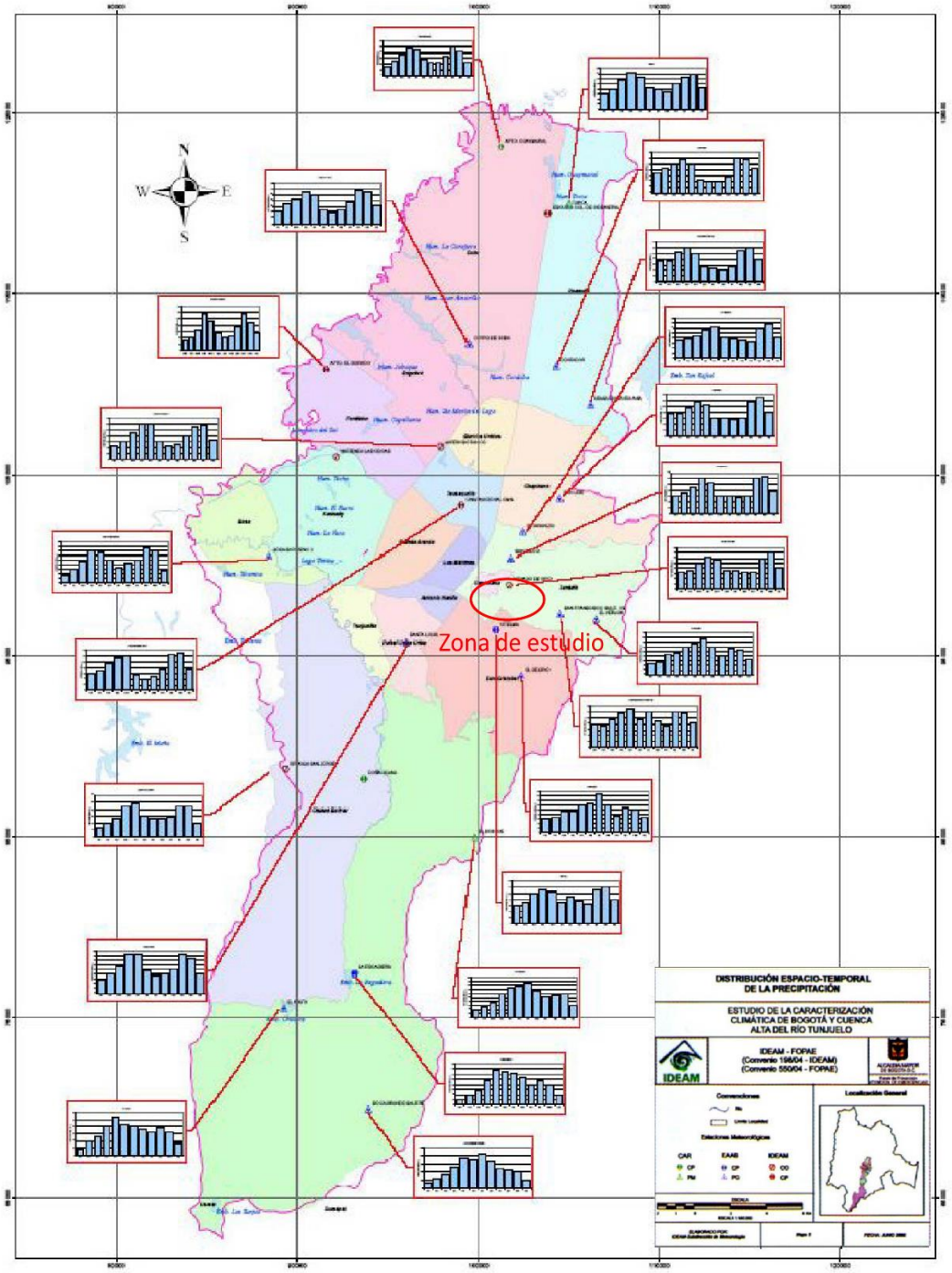


Ilustración 4-2 . Distribución espacio – temporal de la precipitación media mensual multianual
Fuente: Adaptado IDEAM (2007)

4.3.2 Humedad Relativa

Mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad de agua máxima que puede ser mantenida a una temperatura específica. Adicionalmente este elemento meteorológico tiene una estrecha relación con la estabilidad atmosférica, por tanto, con la ocurrencia y distribución de la precipitación en una zona.

Este parámetro es expresado en porcentaje, entre la cantidad de vapor de agua realmente existente en la atmósfera y la que existiera si el aire estuviera saturado a la misma temperatura. Para cada temperatura existe un límite de cantidad de vapor de agua que el aire puede contener en estado gaseoso; pasado el 100% (límite) se dice que el aire está saturado. Si aumenta la cantidad de vapor de agua, el excedente se condensa en forma de pequeñas gotas de agua.

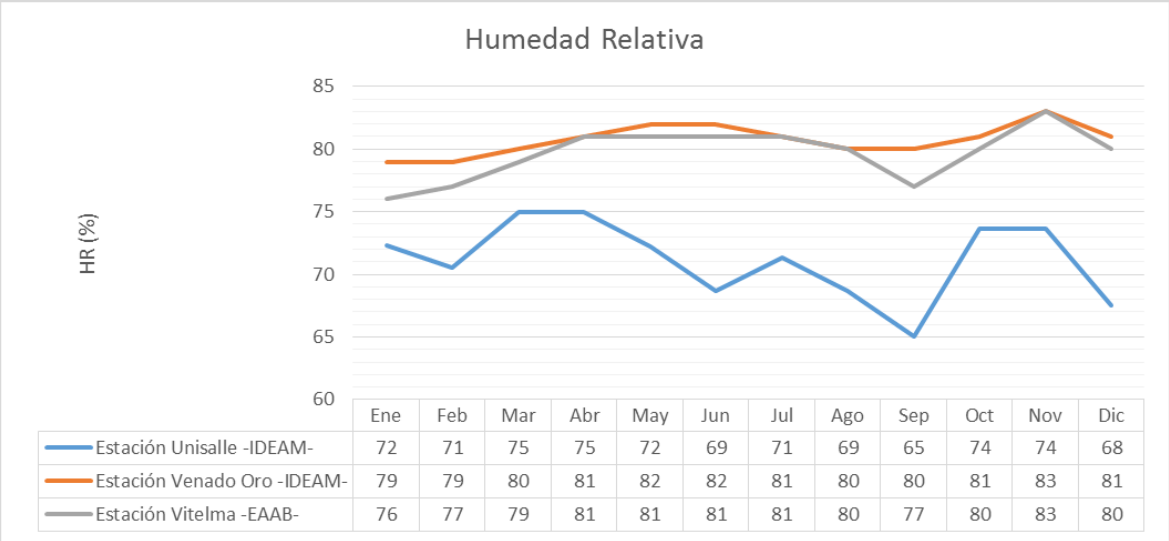
El estudio del IDEAM demuestra que el comportamiento temporal de la humedad relativa presenta valores medios mayores en los meses con alta lluvia: abril, mayo, junio, julio y noviembre, los menores ocurren en los meses más secos: enero, febrero, marzo y septiembre. En los demás meses la humedad se considera de transición donde hay presencia de masas húmedas y secas.

La humedad relativa media anual en Bogotá varía entre 73 y 86 %, las zonas con mayor índice de humedad se sitúan en los sectores de la parte media de la cuenca del río Tunjuelo, en la zona de la estación Venado Oro el promedio mensual multianual es de 81%, para la estación Unisalle Centro el promedio es de 71 % mientras que para la estación Vitelma es de 80% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 4.4. Promedios mensuales y totales anuales de humedad relativa (%)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VENADO ORO	79	79	80	81	82	82	81	80	80	81	83	81	81
UNISALLE CENTRO	72	71	75	75	72	69	71	69	65	74	74	68	71
VITELMA	76	77	79	81	81	81	81	80	77	80	83	80	80

Fuente: IDEAM (2007)



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Estación Unisalle -IDEAM-	72	71	75	75	72	69	71	69	65	74	74	68
Estación Venado Oro -IDEAM-	79	79	80	81	82	82	81	80	80	81	83	81
Estación Vitelma -EAAB-	76	77	79	81	81	81	81	80	77	80	83	80

Ilustración 4-3. Humedad relativa
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

4.3.3 Temperatura

La temperatura del aire está relacionada con la sensación de calor, la cual se debe principalmente a la radiación calorífica de onda larga que emite la superficie de la tierra. Basados en el estudio del IDEAM, se encontró que la temperatura media mensual multianual de la zona de estudio oscila entre 10 y 11°C (ver Ilustración 4-4). En esta ilustración, se presenta la distribución espacial de la temperatura, esta distribución tiene tendencia alargada de sur a norte, presentando diversos gradientes horizontales de menor a mayor.

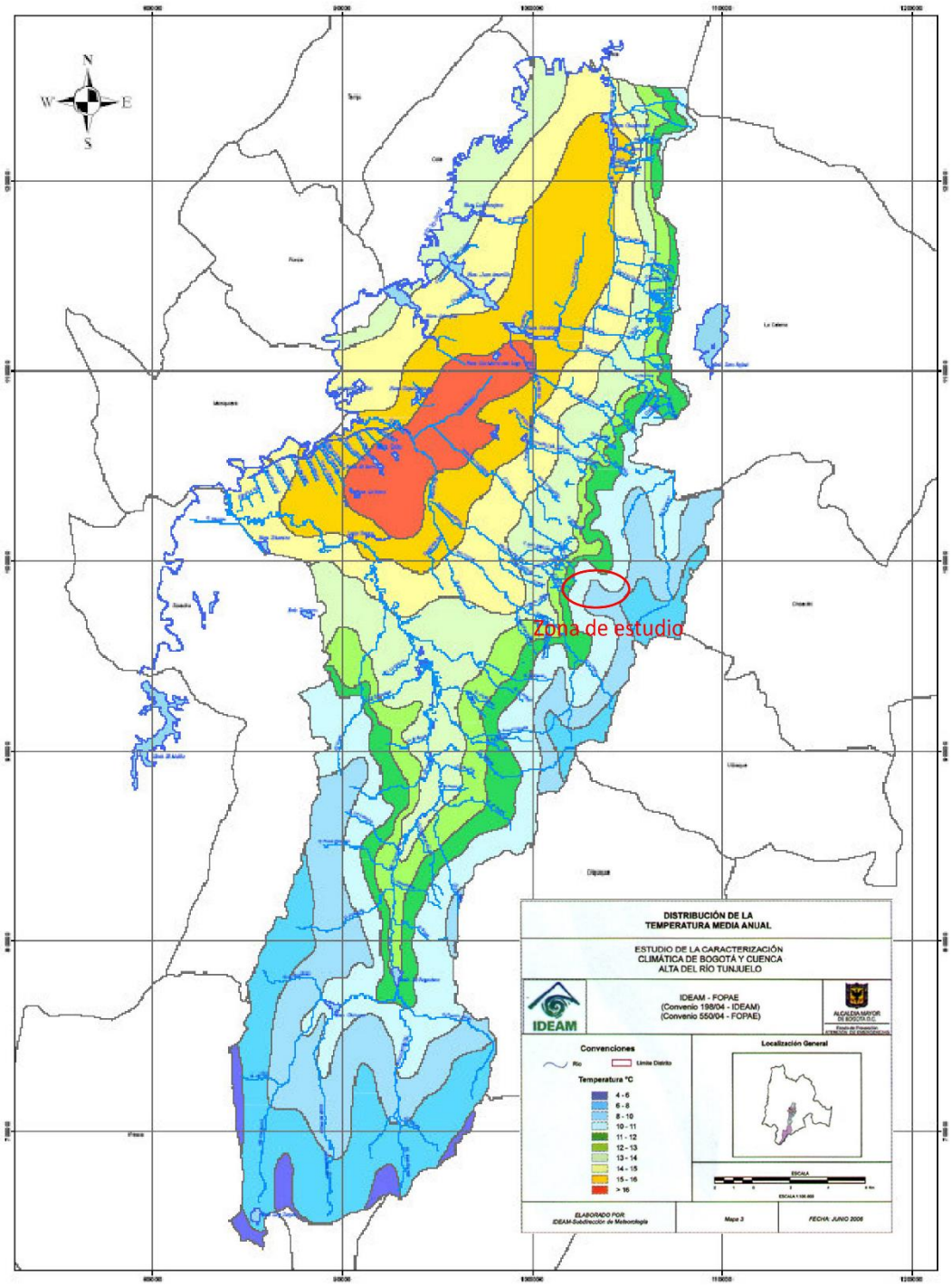


Ilustración 4-4. Distribución espacial de la temperatura media mensual multianual. Fuente: Adaptado IDEAM (2007)

4.3.4 Precipitación

Es la caída de agua de las nubes, en estado líquido o sólido, es un elemento climatológico de gran variabilidad espacial y temporal. En la ciudad de Bogotá se presentan dos períodos de lluvia durante el año, el primero se inicia en marzo y dura todo abril y mayo; el segundo empieza en octubre y dura todo noviembre y diciembre. Existen meses de transición entre los diferentes periodos como lo son: los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, que se presentan con días alternados de lluvias y tiempo seco.

En esta zona se alcanza precipitaciones totales mensuales multianuales entre 1100 y 1200 (Ver ilustración 4-5). Si se analizan las mediciones puntuales en las estaciones identificadas, los totales anuales son de 1143 para la estación Unisalle Centro, 1053 para Vitelma, 1138 correspondiente a Venado Oro y finalmente 1188 para la estación Guadalupe (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 4.5. Promedios mensuales y totales anuales de precipitación (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Unisalle Centro	64.2	115.4	135.9	189.3	78.1	41.1	58.6	43	27.9	162.4	142.9	84.2	1143
Vitelma	50.9	69.2	94.5	124.1	104.8	78.1	81	66.4	55.4	118.6	128.1	82.3	1053
Venado Oro	60.4	81.1	109.3	129.5	116	74.6	68.8	63	62.9	126.7	151.9	93.6	1138
Guadalupe	59.3	78.3	120.2	122.8	120.3	95.5	96.8	82.5	57.4	129.2	136.8	88.7	1188

Fuente: IDEAM (2007)

Por otro lado, fue necesario analizar las series solicitadas de las estaciones de las cuales a la fecha se obtuvieron Guadalupe, Vitelma, Unisalle Centro y Venado Oro. Para las cuatro estaciones se observa el comportamiento bimodal de las lluvias, siendo los meses de marzo, abril, octubre y noviembre lo meses con mayor precipitación; los meses de enero, febrero, agosto y septiembre corresponden a los meses más secos (ver Ilustración 4-6, Ilustración 4-7, Ilustración 4-8 e Ilustración 4-9).

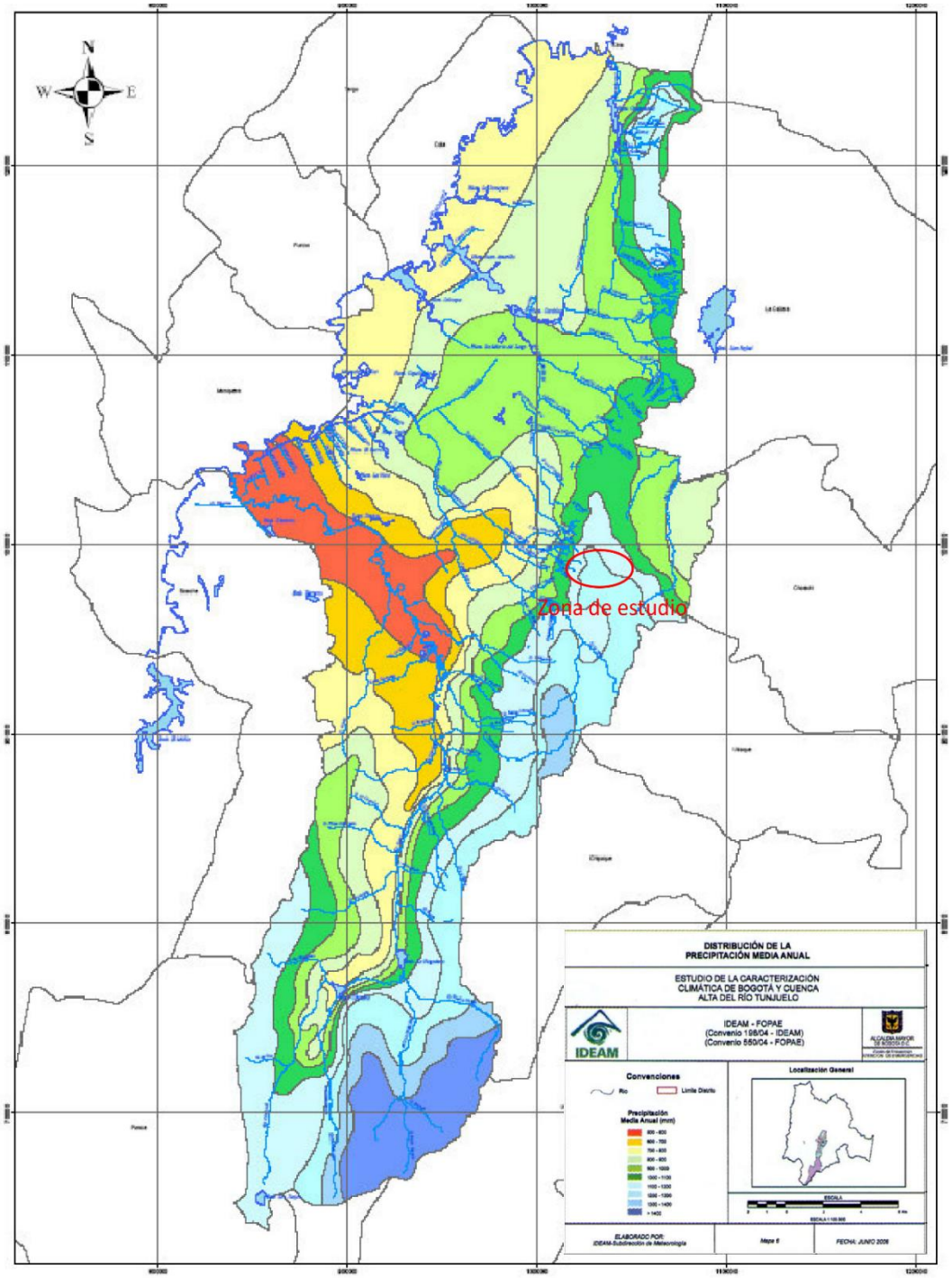


Ilustración 4-5. Distribución espacial de la precipitación media mensual multianual. Fuente: Adaptado IDEAM (2007)

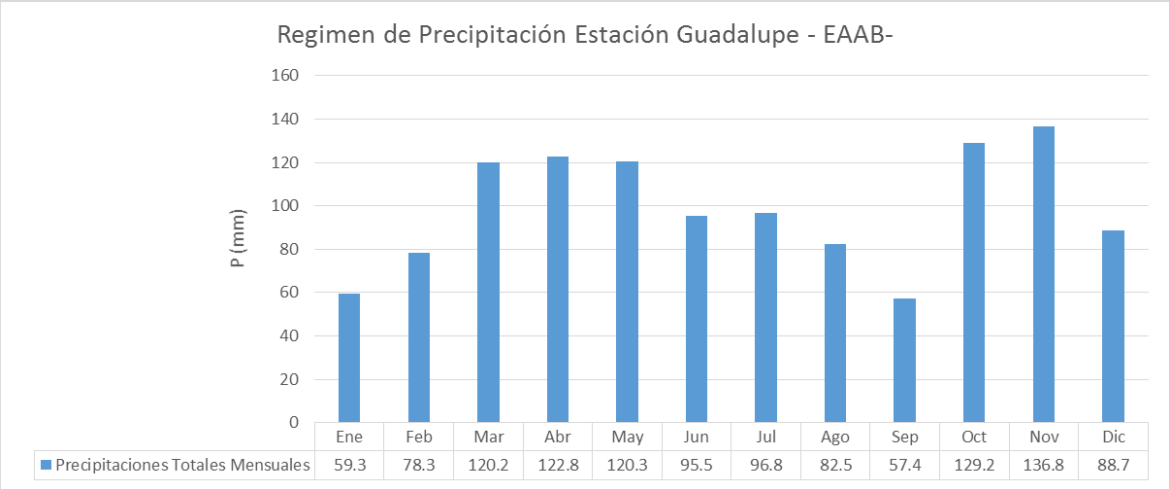


Ilustración 4-6. Régimen de precipitación – Estación Guadalupe
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

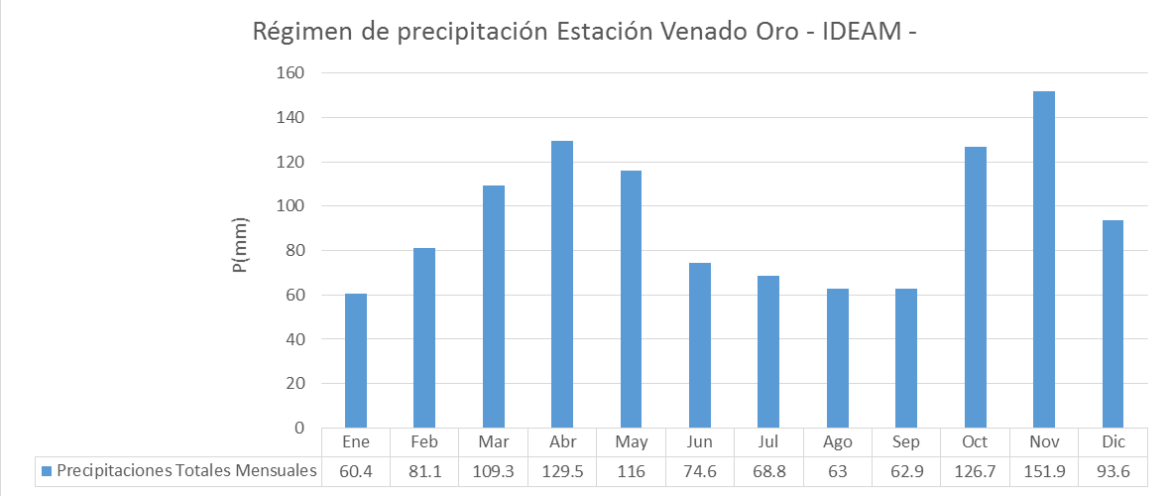


Ilustración 4-7. Régimen de precipitación – Estación Venado Oro
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

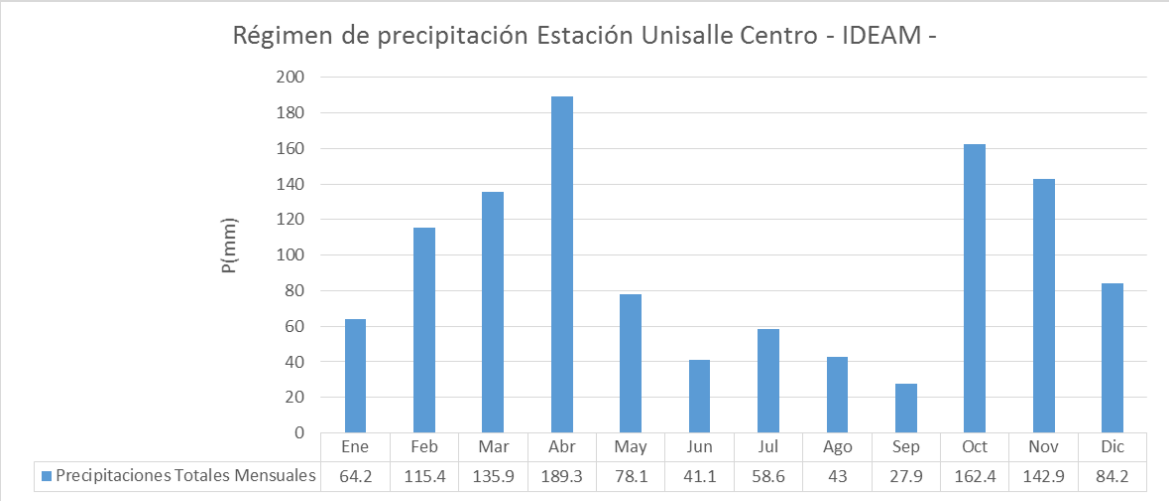


Ilustración 4-8. Régimen de precipitación – Estación Unisalle Centro
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

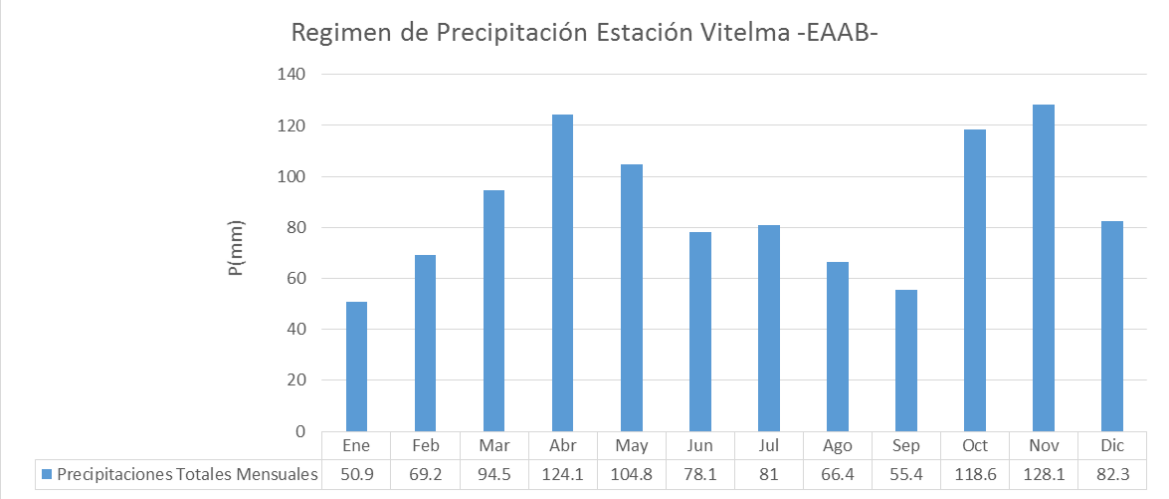


Ilustración 4-9. Régimen de precipitación - Estación Vitelma
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultados

4.3.5 Clasificación climática

El área del proyecto se clasifica según el IDEAM entre húmedo y muy húmedo (ver Ilustración 4-10).

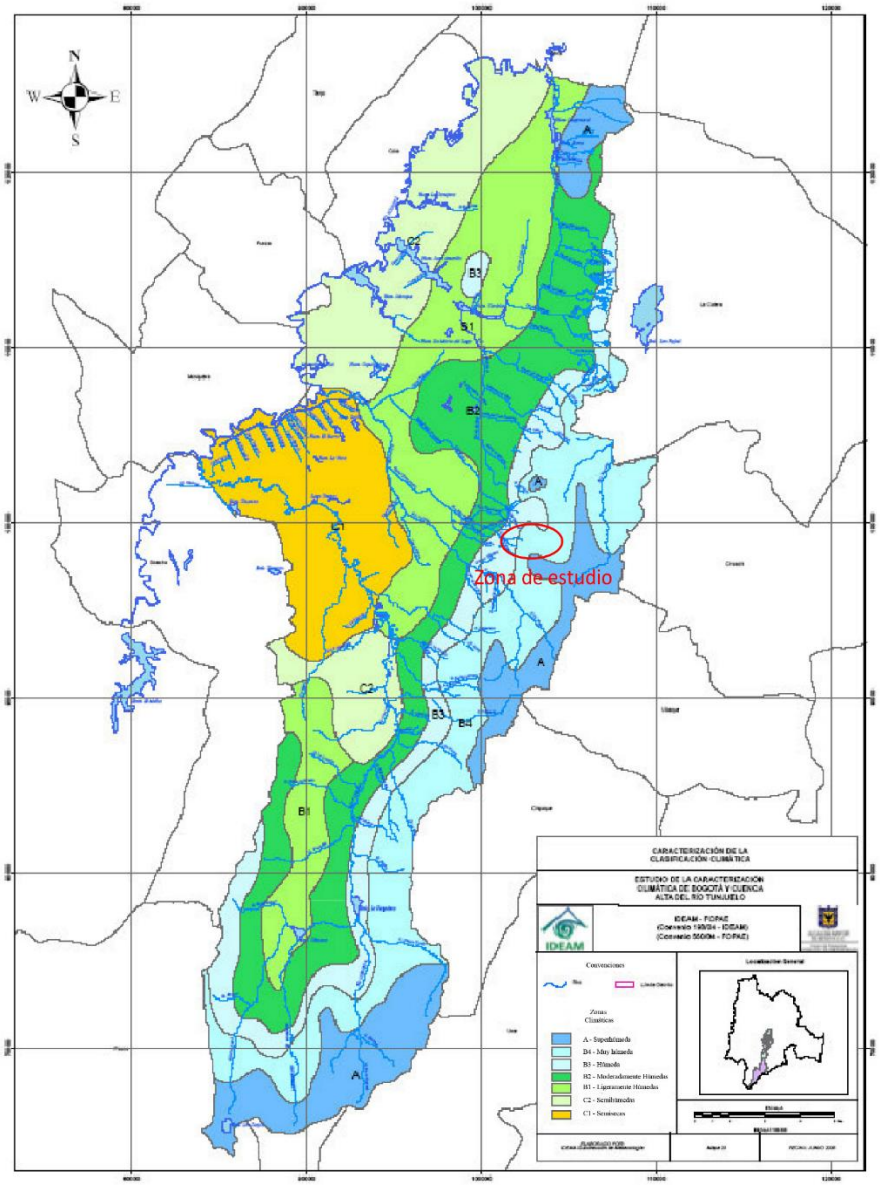


Ilustración 4-10. Clasificación climática
Fuente: Adaptado IDEAM (2007)

4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA

Con el ánimo de realizar una estimación cuantitativa de la morfología de la cuenca de la Quebrada Chorrerón y de esta forma obtener un entendimiento aproximado de la variación espacial de los elementos del régimen hidrológico (Monsalve Sáenz, 1995), primero se determinaron algunos parámetros característicos de la hoya hidrográfica a partir de la delimitación realizada con base en la cartografía (Ilustración 4 -11), los cuales se presentan en la Tabla 4 6.

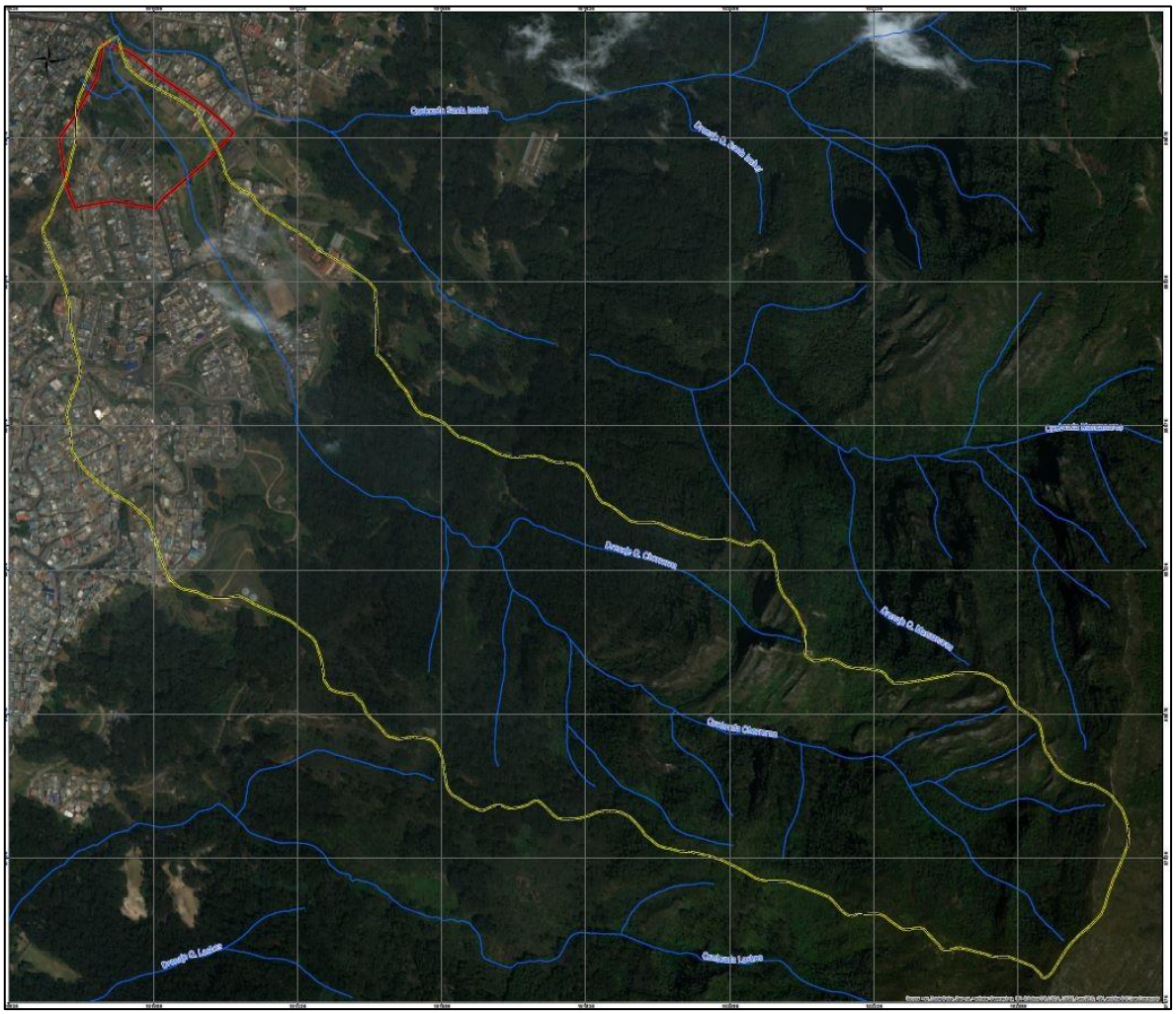


Ilustración 4-11 Cuenca Q. Chorrerón
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6. Parámetros morfométricos de la cuenca quebrada Chorrerón

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS - CUENCA QUEBRADA CHORRERÓN	
Área (ha)	104.47
Área (km2)	1.04
Perímetro P (km)	5.71
Longitud Cauce Principal (m)	2483.83
Longitud Cauce principal (km)	2.48
Cota alta (msnm)	3472
Cota baja (msnm)	2722
Pendiente S (adimensional)	0.302
Longitud total de Drenajes Lt (km)	5.65

Fuente: Elaboración propia

A partir de los parámetros morfométricos se calculan las siguientes características geométricas y de drenaje de la cuenca:

- Índice de Compacidad (Kc): Se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo cuya área es igual a la de la cuenca.

$$K_C = \frac{P}{2 * \sqrt{(\pi * A)}}$$

Donde,

$P =$ Perímetro de la cuenca, en km.

$A =$ Área de la cuenca, en km^2.

$K_C =$ Índice de compacidad, adimensional.

- Factor de Forma (K_F): Relación entre el área de la cuenca y la longitud de su cauce principal.

$$K_F = \frac{A}{L^2}$$

Donde,

$A =$ Área de la cuenca, en km^2.

$L =$ Longitud del cauce principal, en km.

$K_F =$ Factor de forma, adimensional.

- Coeficiente de Circularidad de Miller (Cc): Relación entre el área de la cuenca y su perímetro.

$$C_C = \frac{4 * \pi * A}{P^2}$$

Donde,

$A =$ Área de la cuenca, en km^2.

$P =$ Perímetro de la cuenca, en km.

- Largo Rectángulo Equivalente (L): Definido como el largo de un rectángulo resultado de una transformación geométrica de la cuenca, de tal forma que el perímetro del rectángulo tenga el mismo valor del perímetro de la cuenca.

$$L = \frac{P}{4 + \sqrt{\left[\left({}^{P}/_{4}\right)^2 - A\right]}}$$

Donde,

$P =$ Perímetro de la cuenca, en km.

$A =$ Área de la cuenca, en km^2.

$L =$ Largo rectángulo equivalente, en km.

- Ancho Rectángulo Equivalente (I): Ancho de un rectángulo resultado de una transformación geométrica de la cuenca, de tal forma que el perímetro del rectángulo tenga el mismo valor del perímetro de la cuenca

$$I = \frac{P}{4 - \sqrt{\left[\left({}^{P}/_{4}\right)^2 - A\right]}}$$

Donde,

$P =$ Perímetro de la cuenca, en km.

$A =$ Área de la cuenca, en km^2.

$I =$ Ancho rectángulo equivalente, km.

- Densidad de Drenaje (Dd): Es la relación entre la longitud total de los drenajes de la cuenca y su área.

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Donde,

L_t = Longitud total de drenajes, en km.

A = Área de la cuenca, en km^2.

D_d = Densidad de drenaje, en km/km^2.

En la Tabla 4.7 se presentan los resultados de los parámetros descritos anteriormente, a partir de los cuales se puede concluir que la cuenca presenta una **baja susceptibilidad a la ocurrencia de crecientes**; así mismo, de acuerdo a su Índice de Compacidad, ésta se encuentra catalogada con una forma de oval oblonga a rectangular oblonga. Es de resaltar el alto nivel de drenaje de la cuenca lo cual está relacionado con su tiempo de respuesta, caracterizándola con un **tiempo de respuesta de moderado a rápido.**

Tabla 4.7 Características geométricas y de drenaje de la cuenca quebrada Chorrerón

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS - CUENCA QUEBRADA CHORRERÓN	
Índice de Compacidad Kc (adimensional)	1.58
Factor de Forma de Horton Rf (adimensional)	0.17
Coeficiente de Circularidad de Miller Cc (adimensional)	0.40
Largo rectángulo equivalente (km)	2.42
Ancho rectángulo equivalente (km)	0.43
Densidad de Drenaje Dd (km^-1)	5.41

Fuente: Elaboración propia

4.5 CURVAS IDF

Se solicita a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP) la curva IDF para la coordenada 1001050,04 X – 999076,31 Y, la cual corresponde al centroide del área objeto de análisis. En respuesta se obtiene que, para la coordenada solicitada (Ilustración 4-13), la ecuación que describe la curva IDF es la siguiente:

$$i = C_1 * (D + X_o)^{C_2}$$

Donde,

$i =$ Intensidad de la precipitación en milímetros.

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

C_1, C_2, $X_o =$ Parámetros de la curva IDF, suministrados en los datos técnicos expedidos por el EAAB-ESP .(Ver ilustración 4-12)

Ecuación cálculo curvas IDF

$$INTENSIDAD = C_1 (DURACIÓN + X_0)^{C_2}$$

Tabla coeficientes ecuación IDF

Id	Punto (E,N) EPSG:3116	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	1001050,999076	2723.65	25.9	-1.00234	2710.76	24.6	-0.97930	2887.41	23.9	-0.96617	3088.36	22.8	-0.95196	3622.85	24.6	-0.96191	3785.30	23.7	-0.95432

Ilustración 4-12. Coeficientes ecuación IDF – Centroide Zona de estudio.
Fuente: EAAB



Ilustración 4-13 Centroide del área de estudio
Fuente: Elaboración propia

Resulta importante mencionar que la curva IDF proporcionada por el EAAB-ESP es resultado del estudio "*Análisis de Tormentas de la Sabana de Bogotá*" realizado por IRH Ltda en 1995, el cual fue actualizado posteriormente por INGETEC en 2003. A continuación, se presenta el cálculo de las intensidades para diferentes duraciones (ver Tabla 4.8 y anexo 1- 2) y las curvas IDF.

Tabla 4.8 Valores de intensidad para diferentes duraciones (mm/h)

Tiempo (minutos)	Periodo de retorno (Años)					
	2	5	10	25	50	100
5	87.44	98.23	111.95	130.33	139.25	153.75
10	75.23	84.31	95.96	111.35	119.84	131.90
15	66.02	73.87	84.01	97.28	105.25	115.59
20	58.81	65.75	74.75	86.43	93.87	102.93
30	48.27	53.93	61.31	70.77	77.27	84.56
40	40.93	45.74	52.01	60.00	65.73	71.84
50	35.52	39.73	45.19	52.13	57.23	62.51
60	31.38	35.13	39.98	46.11	50.71	55.36
70	28.10	31.48	35.86	41.37	45.54	49.71
80	25.44	28.53	32.52	37.53	41.35	45.12
90	23.24	26.09	29.75	34.36	37.87	41.33
100	21.39	24.04	27.43	31.69	34.94	38.13
110	19.81	22.29	25.45	29.41	32.44	35.41
120	18.45	20.78	23.74	27.45	30.28	33.05
130	17.27	19.46	22.25	25.74	28.39	31.00
140	16.22	18.30	20.93	24.23	26.73	29.19
150	15.30	17.28	19.77	22.89	25.26	27.58
160	14.47	16.36	18.73	21.70	23.94	26.15
170	13.73	15.54	17.80	20.63	22.76	24.86
180	13.06	14.79	16.95	19.66	21.69	23.69

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

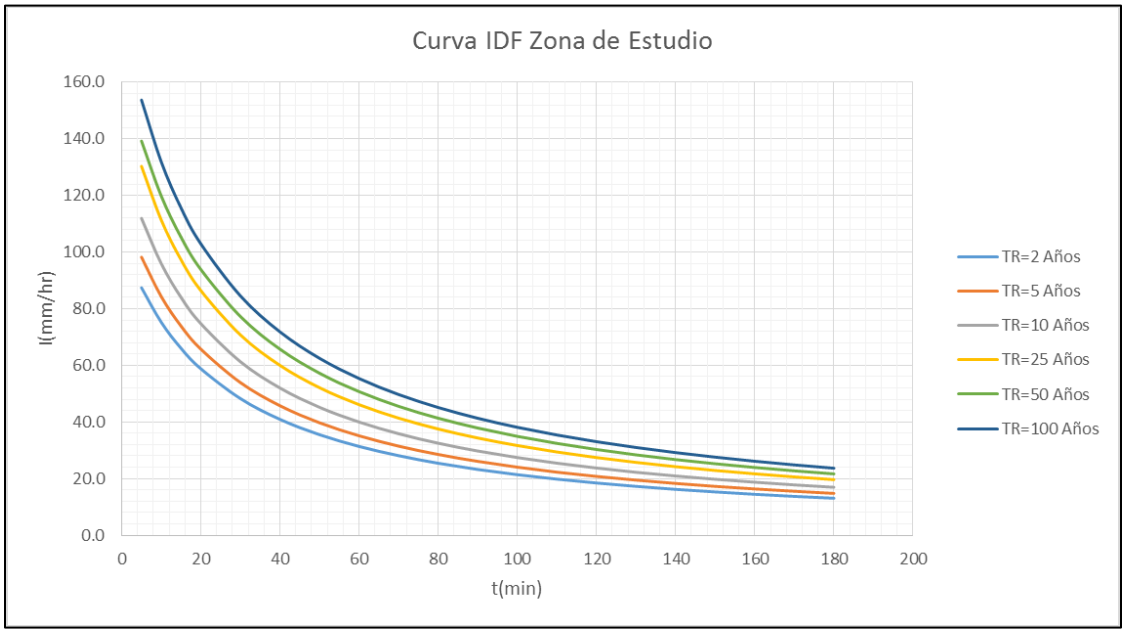


Ilustración 4-14. Curvas IDF – Zona de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos consultadas

Para identificar los valores de intensidad correspondientes a cada período de retorno, se calcula el tiempo de concentración para la cuenca, el cual está en función de la longitud del cauce principal, de la pendiente y de la cota mayor y menor; para esto se utilizan varias metodologías aplicadas a la cuenca de estudio. A continuación, se presentan las ecuaciones de los métodos empleados:

- Ecuación de Kirpich

$$T_C = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

En donde,

L = Longitud del cauce principal, en km.

S = Pendiente calculada como la diferencia de cotas dividida entre la longitud del cauce principal, en m/m.

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

- Ecuación de Témez

$$T_C = 0.30\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

En donde,

L = Longitud del cauce principal, en km.

S = Pendiente calculada como la diferencia de cotas dividida entre la longitud del cauce principal, en porcentaje.

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

- Ecuación de V.T. Chow

$$T_C = 0.273\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.64}$$

En donde,

L = Longitud del cauce principal, en km

S = Pendiente calculada como la diferencia de cotas dividida entre la longitud del cauce principal, en m/m.

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

- Ecuación de Clark

$$T_C = 0.335\left(\frac{A}{S^{0.5}}\right)^{0.593}$$

En donde,

A = Área de la cuenca, en km^2

S = Pendiente calculada como la diferencia de cotas dividida entre la longitud del cauce principal, en m/m.

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

- Ecuación de Passini

$$T_C = 0.108\frac{(A * L)^{1/3}}{\sqrt{S}}$$

En donde,

A = Área de la cuenca, en km^2

L = Longitud del cauce principal, en km

S = Pendiente calculada como la diferencia de cotas dividida entre la longitud del cauce principal, en m/m.

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

- Ecuación de Giandotti

$$T_C = \left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{S * L}}\right)$$

En donde,

A = Área de la cuenca, en km^2

L = Longitud del cauce principal, en km

S = Pendiente calculada como la diferencia de cotas dividida entre la longitud del cauce principal, en m/m.

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

- Ecuación California Culverts Practice

$$T_C = \left(0.87\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

En donde,

L = Longitud del cauce principal, en km

H = Diferencia de cotas, en m

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

Los resultados para la cuenca de la quebrada Chorrerón se presentan en la Tabla 4.9; para el valor del tiempo de concentración se escoge el valor promedio de los resultados de las metodologías evaluadas.

Tabla 4.9 Tiempos de concentración para la cuenca de la quebrada Chorrerón

	Tiempo de concentración	
	Horas	Minutos
Kirpich	0.21	12.65
Temez	0.31	18.81
V.T. Chow	0.72	43.01
Clark	0.49	29.42
Passini	0.27	16.20
Giandotti	0.36	21.40
California Culverts Practice	0.21	12.72
	Promedio	22.03

Fuente: Elaboración propia

A partir del tiempo de concentración y con las curvas IDF se calculan los valores de intensidad correspondientes a cada período de retorno. Los resultados se presentan en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Intensidades de precipitación a partir del tiempo de concentración

Cuenca Quebrada Chorrerón	
Tr (Años)	**i (mm/h)**
3	56.3
5	62.9
10	71.6
25	82.7
50	89.9
100	98.6

Fuente: Elaboración propia

4.6 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Para estimar los caudales máximos para cada período de retorno, se emplea el método Racional, debido a que la cuenca de la quebrada Chorrerón tiene un área menor a 2.5 km^2. El método requiere de los valores de intensidad para cada Tr analizado, los cuales se presentan en la Tabla 4.10, junto con el coeficiente de escorrentía ponderado para la totalidad de la cuenca, calculado con base en los diferentes tipos de suelo presentes en la cuenca (Ilustración 4-15) y en la Tabla 4.11 y Tabla 4.12, el cual para este caso tiene un valor de 0.56 (ver anexo 1-3).

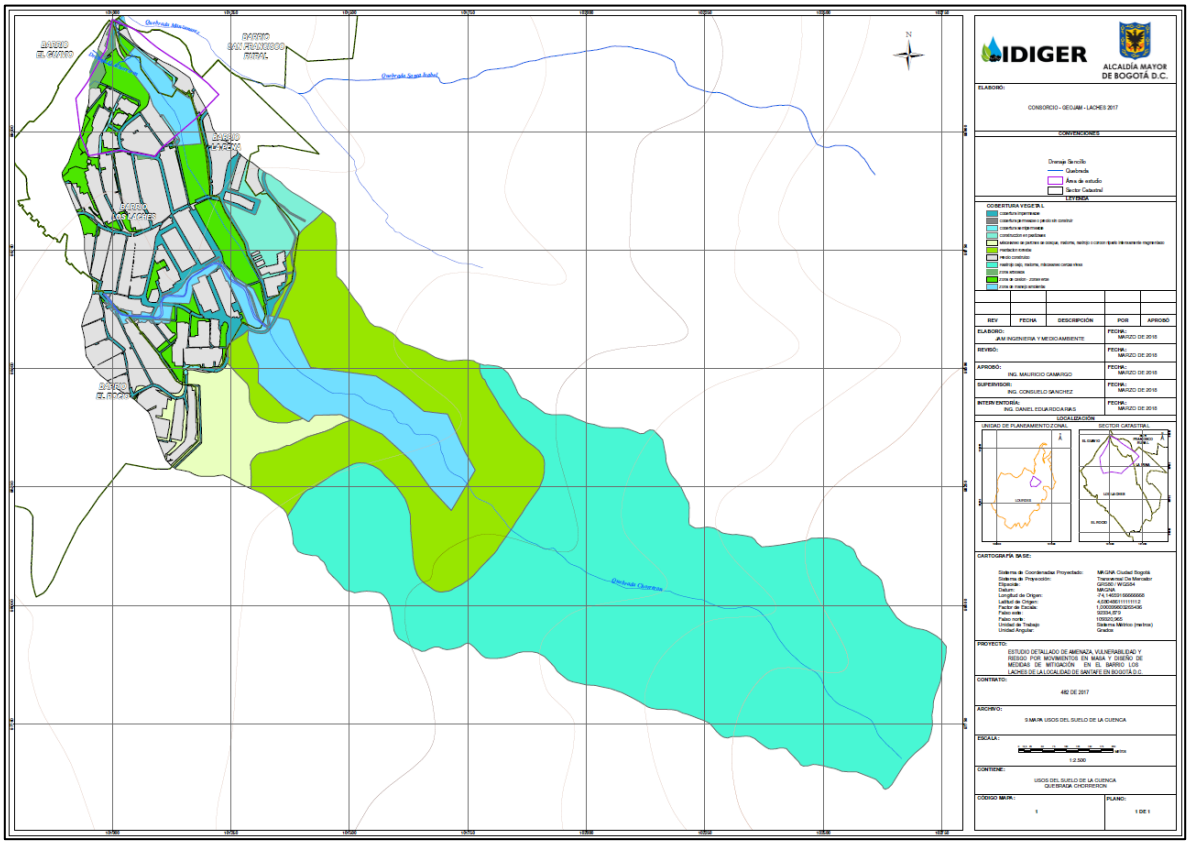


Ilustración 4-15 Usos del suelo cuenca quebrada Chorrerón
Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de escorrentía se determina mediante una ponderación de los valores correspondientes a cada cobertura vegetal presentes al interior de la cuenca de análisis, así:

$$c = \frac{1}{A_T} * \sum_{i=1}^{n} (A_i * c_i)$$

Donde,

A_T = Área total de la cuenca.

A_i = Área correspondiente al tipo de cobertura i.

c = Coeficiente de escorrentía ponderado de la cuenca.

c_i = Coeficiente de escorrentía correspondiente al tipo de cobertura i.

Para establecer cada uno de los coeficientes de escorrentía se emplean aquellos valores consignados en el Manual de Drenaje del INVIAS (Tabla 4.11 y Tabla 4.12).

Tabla 4.11. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Fuente: INVIAS (2009)

Tabla 4.12. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 -7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 -7 %	0.18 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Fuente: INVIAS (2009)

Como resultado del análisis descrito anteriormente se presenta la Tabla 4.13, en donde se encuentran consignados los distintos tipos de cobertura vegetal presentes en la cuenca de la quebrada Chorrerón así como también el valor del coeficiente de escorrentía ponderado.

Tabla 4.13. Calculo del coeficiente de escorrentía

Descripción	Área (ha)	Coeficiente de escorrentía	C ponderado
Cobertura Impermeable	4.1038	0.95	0.0374468
Cobertura permeable o predio sin construir	0.0018	0.3	5.2146E-06
Cobertura semipermeable	0.2742	0.36	0.00094811
Construcción en pastizales	1.9721	0.7	0.01325924
Misceláneo de parches de bosque, matorral, rastrojo o cordón ripario intensamente fragmentado	4.0746	0.36	0.01408911
Plantación forestal	17.4073	0.35	0.05851944
Predio construido	13.2752	0.9	0.11475857
Rastrojo bajo, matorral, misceláneo cercas vivas	50.5346	0.5	0.24269474
Zona arbolada	0.2380	0.4	0.00091458
Zona de cesión - Zona verde	4.1174	0.3	0.01186445
Zona de manejo ambiental	8.1125	0.4	0.03116843
			0.53

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del caudal se emplea la siguiente expresión y los resultados se presentan en la Tabla 4.14 y en el anexo 1-4:

$$Q_p = 0.278 * c * i * A$$

En donde,

$c =$ Coeficiente de escorrentía

$i =$ Intensidad, en mm/h

$A =$Área de la cuenca, en km^2

$Q_p =$ Caudal máximo, en m^3/s

Tabla 4.14.Caudales máximos para la cuenca de la quebrada Chorrerón

Tc = 22.03 min		
Tr (años)	**i (mm/h)**	**Q (mcs)**
3	56.3	8.67
5	62.9	9.69
10	71.6	11.01
25	82.7	12.73
50	89.9	13.84
100	98.6	15.17

Fuente: Elaboración propia

4.6.1 Balance Hídrico en el Área de Estudio

Para realizar un balance hídrico al interior del polígono de estudio y así estimar la cantidad de agua que se infiltra se hace necesario cuantificar el efecto que tiene el aprovechamiento del agua lluvia por parte de la vegetación, así como también, evaluar las pérdidas de agua por efectos de la temperatura; para esto, primero se realiza una estimación de la tasa de evapotranspiración a nivel mensual.

4.6.1.1 Evapotranspiración

Para la estimación de la evapotranspiración es importante considerar como variable de entrada la temperatura de la zona de estudio, aunque existen una gran cantidad de modelos que representan el proceso de evapotranspiración, por complejidad en los datos de entrada se elige como modelo base para el presente trabajo el modelo desarrollado por Thornthwaite en 1948.

Los cálculos de Thornthwaite están basados en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y del número de días del mes, se comprobó que la evapotranspiración era proporcional a la temperatura media afectada por un coeficiente exponencial. La fórmula es la siguiente:

$$ETP = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^{a}$$

En donde,

$ETP =$ Evapotranspiración potencial (sin ajustar), en mm/mes

$T =$ Temperatura media mensual, en °C

$I =$ Índice de calor anual, calculado así

$$I = \sum_{j=1}^{n=12} i_j$$

El valor de i para cada mes se estima siguiendo la ecuación:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

Por último, el valor del exponente a se determina con la siguiente fórmula:

$$a = 6.57 * 10^{-7} I^3 - 6.57 * 10^{-5} I^2 + 1.79 * 10^{-2} I + 0.49239$$

Para definir las temperaturas medias mensuales en la cuenca de la quebrada Chorrerón se toman como base la serie histórica de la estación Venado Oro Vivero, ya que presenta un período de registro significativamente más amplio que el de la estación Edificio CAR. Resulta importante considerar la diferencia de elevaciones entre la estación Venado Oro Vivero y la media de la cuenca, lo que implica un tratamiento preliminar a las series de la estación climatológica, para luego poder calcular la evapotranspiración.

Para tal fin se emplea la expresión que se presenta a continuación, en donde la temperatura a cualquier altura se estima a partir de una temperatura de referencia y de la diferencia de alturas entre la altura de interés y la altura de referencia.

$$T_h = T_{ref} - \left(\frac{0.65}{100}\right) \Delta z$$

En donde,

$T_h =$ Temperatura de interés, en °C

$T_{ref} =$ Temperatura a una altura de referencia, en °C

$\Delta z =$ Diferencia entre la altura de interés y la altura de referencia

En la Tabla 4.15 se presentan las temperaturas medias calculadas para la altura media de la cuenca de la quebrada Chorrerón (3097 msnm), calculadas a partir de la serie de la estación Venado Oro Vivero (2725 msnm). De los valores obtenidos se puede observar que las temperaturas obtenidas concuerdan con el rango establecido en la caracterización climática del área de estudio.

Tabla 4.15 Valores de temperatura media mensual para la cuenca quebrada Chorrerón

T (°C)	ΔZ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
T Ref 2725 msnm	0	12.7	13	13.2	13.2	13.1	12.8	12.4	12.5	12.6	12.8	12.7	12.6	12.8
T 3097 msnm	372	10.3	10.6	10.8	10.8	10.7	10.4	10.0	10.1	10.2	10.4	10.3	10.2	10.4

Fuente: Elaboración propia a partir de información CAR

Luego de tener la serie de temperatura media ajustada a la zona de estudio, se procede con el cálculo de la evapotranspiración, siguiendo la metodología de Thornthwaite. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 4.16 Valores de evapotranspiración potencial mensual para la cuenca quebrada Chorrerón

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T (°C)	10.3	10.6	10.8	10.8	10.7	10.4	10.0	10.1	10.2	10.4	10.3	10.2
i	3.0	3.1	3.2	3.2	3.2	3.0	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	2.9
ETP(mm/mes)	48.9	50.4	51.4	51.4	50.9	49.4	47.3	47.8	48.4	49.4	48.9	48.4
	I	36.28										
	a	1.07										

Fuente: Elaboración propia

4.6.1.2 Precipitación

La precipitación correspondiente al área de estudio se estima mediante un análisis espacial de las precipitaciones registradas en las estaciones Venado Oro Vivero, Vitelma y Guadalupe, identificando primero el máximo valor de precipitación para cada año, luego se comparan los años con información disponible de cada estación, lo anterior para establecer los años que tienen en común las tres estaciones; finalmente, se calcula la distancia de cada estación al centroide de la cuenca de la quebrada Chorrerón para hacer uso de la ecuación descrita por el método de las distancias inversas:

$$P_{max} = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i}{{D_i}^2} \Big/ \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{{D_i}^2}$$

En donde,

P_{max} = Precipitación máxima, en mm

P_i = Precipitación máxima por año de la estación i, en mm

D_i = Distancia de la estación i al centroide de la cuenca quebrada Chorrerón, en m

Como resultado se obtiene la Tabla 4.17, en donde se presentan los valores de precipitación máxima de la cuenca de la quebrada Chorrerón.

Tabla 4.17 Precipitaciones máximas para la cuenca quebrada Chorrerón

Mes	P Max (mm)
Enero	108.9
Febrero	129.6
Marzo	139.7
Abril	173.5
Mayo	166.2
Junio	110.7
Julio	103.8
Agosto	91.7
Septiembre	85.3
Octubre	164.6
Noviembre	141.8
Diciembre	130.6

Fuente: Elaboración propia

4.6.1.3 Infiltración

El volumen de agua que ingresa al suelo se determina con la siguiente ecuación:

$$Pi = P - Es - ETP$$

En donde,

$Pi =$ Cantidad de precipitación que se pierde por infiltración, en mm

$P =$ Precipitación, en mm

$Es =$ Cantidad de precipitación que se convierte en escorrentía, en mm

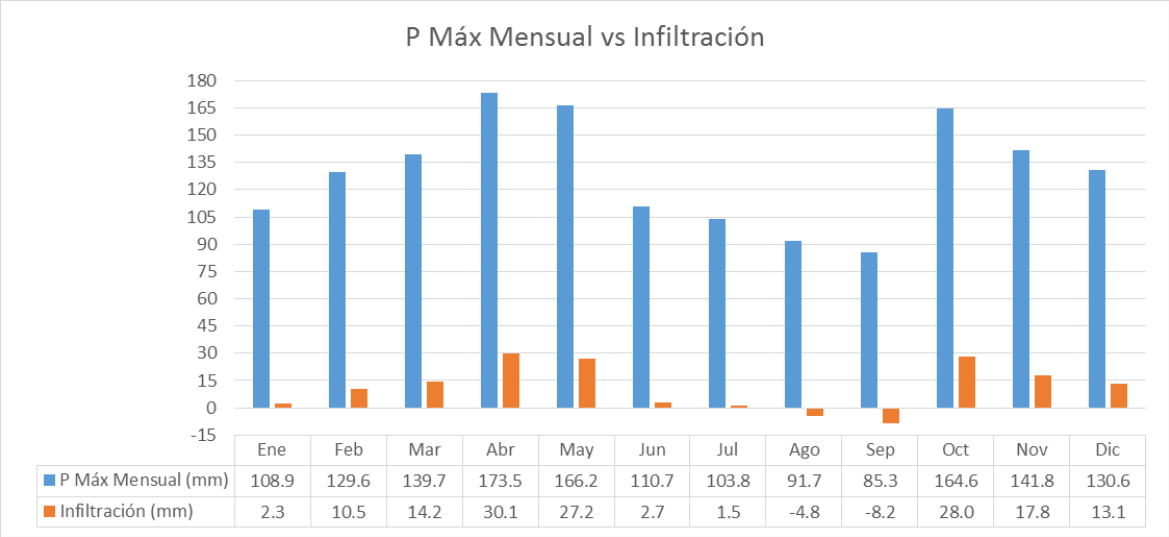
$ETP =$ Cantidad de precipitación que se pierde por evapotranspiración, en mm

En la Tabla 4.18 e Ilustración 4-16 se muestran los valores mensuales de cada término de la ecuación junto con el valor de la infiltración y los cálculos se presentan en el anexo 1-5.

Tabla 4.18 Cálculo de infiltración promedio a nivel mensual

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P Máx (mm)	108.9	129.6	139.7	173.5	166.2	110.7	103.8	91.7	85.3	164.6	141.8	130.6
ETP Media(mm)	48.9	50.4	51.4	51.4	50.9	49.4	47.3	47.8	48.4	49.4	48.9	48.4
P-ETP	60.0	79.2	88.3	122.0	115.3	61.4	56.5	43.8	37.0	115.2	93.0	82.3
Esc (mm)	57.7	68.7	74.0	91.9	88.1	58.7	55.0	48.6	45.2	87.2	75.2	69.2
Infiltración(mm)	2.3	10.5	14.2	30.1	27.2	2.7	1.5	-4.8	-8.2	28.0	17.8	13.1

Fuente: Elaboración propia



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P Máx Mensual (mm)	108.9	129.6	139.7	173.5	166.2	110.7	103.8	91.7	85.3	164.6	141.8	130.6
Infiltración (mm)	2.3	10.5	14.2	30.1	27.2	2.7	1.5	-4.8	-8.2	28.0	17.8	13.1

Ilustración 4-16 Precipitación máxima mensual e infiltración media mensual
Fuente: Elaboración propia.

A nivel mensual se tiene que los valores máximos de infiltración promedio coinciden con el régimen bimodal de la precipitación, lo cual tiene sentido si se considera que a mayor disponibilidad de agua se tendrá mayor volumen de precipitación. Cabe resaltar que en los meses más secos, agosto y septiembre, se presentan valores negativos de infiltración, lo cual implica un déficit de agua en el suelo.

Resulta importante aclarar que la infiltración no solo tiene aporte de un único origen (precipitación) sino que también, en este caso, se debe tener en cuenta la escorrentía superficial que se genera en las áreas impermeables ubicadas en la parte alta de la ladera y que, por falta de un adecuado manejo de aguas lluvias, dichos caudales discurren sobre la zona objeto de estudio, con lo cual se tienen mayores valores de agua infiltrada.

5 DIAGNÓSTICO DE REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL

5.1 DRENAJE NATURAL

En el polígono del sector de estudio hay un área que se encuentra localizada en zona de delimitación de la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental como se observa en la Ilustración 5-1, así mismo se evidencia que el colegio Los Pinos no se encuentra en área de protección de cerros ambientales.

Los predios que hacen parte de la zona de ronda hidráulica y manejo de preservación ambiental de la quebrada Chorrerón, tienen restricción de uso de acuerdo a lo prescrito en el decreto 190 de 2004, artículo 103.

- ZMPA: Arborización Urbana, protección de avifauna, ciclo rutas, alamedas y recreación pasiva.

- Ronda hidráulica: forestal protector y obras de manejo hidráulico y sanitario.

Por otra parte, las zonas de ronda y zonas de manejo y preservación ambiental de la Quebrada Chorrerón y Quebrada Manzanares fueron definidas con el marco del Artículo 7 de 1979 y el Artículo 6 de 1990, y delimitadas de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 78 del Decreto 190 de 2004, de la siguiente manera:

- Ronda hidráulica: Zona de protección ambiental e hidráulica no edificable de uso público, constituida por una franja paralela o alrededor de los cuerpos de agua, medida a partir de la línea de mareas máximas (máxima inundación), de hasta 30 metros de ancho destinada principalmente al manejo hidráulico y la restauración ecológica.

- Zona de manejo y preservación ambiental: Es la franja de terreno de propiedad pública o privada contigua a la ronda hidráulica, destinada principalmente a propiciar la adecuada transición de la ciudad construida a la estructura ecológica, la restauración ecológica y la construcción de la infraestructura para el uso público ligado a la defensa y control del sistema hídrico.



Ilustración 5-1. Zona de ronda y ZAMPA
Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Es importante aclarar que la restricción de usos mencionada anteriormente solamente aplica al área incluida dentro de la Zona de Manejo y Preservación Ambiental, el área restante puede ser urbanizada de acuerdo a las normas establecidas por la Secretaria Distrital de planeación.

5.2 DRENAJE ARTIFICIAL

Con el ánimo de identificar el drenaje artificial al interior del área de estudio, primero se realiza una solicitud a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, sin embargo, dado que no se obtuvo una respuesta oficial, se recurrió al sistema de información geográfico de la EAAB, para luego finalmente poder contrastar dicha información con el levantamiento realizado en campo.

5.2.1 Información EAAB (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá)

En la Ilustración 5-2 se presenta la red de distribución del acueducto (en la izquierda se observa la red y su ubicación con respecto a las vías aferentes a la zona de estudio y en la derecha se muestra su posición enmarcada en la imagen satelital del terreno), la cual consta principalmente de líneas de 3" y 4" de diámetro en PVC, en donde no se observa la influencia de redes de suministro principales y estas solo corresponden a puntos locales de abastecimiento para viviendas y equipamientos.

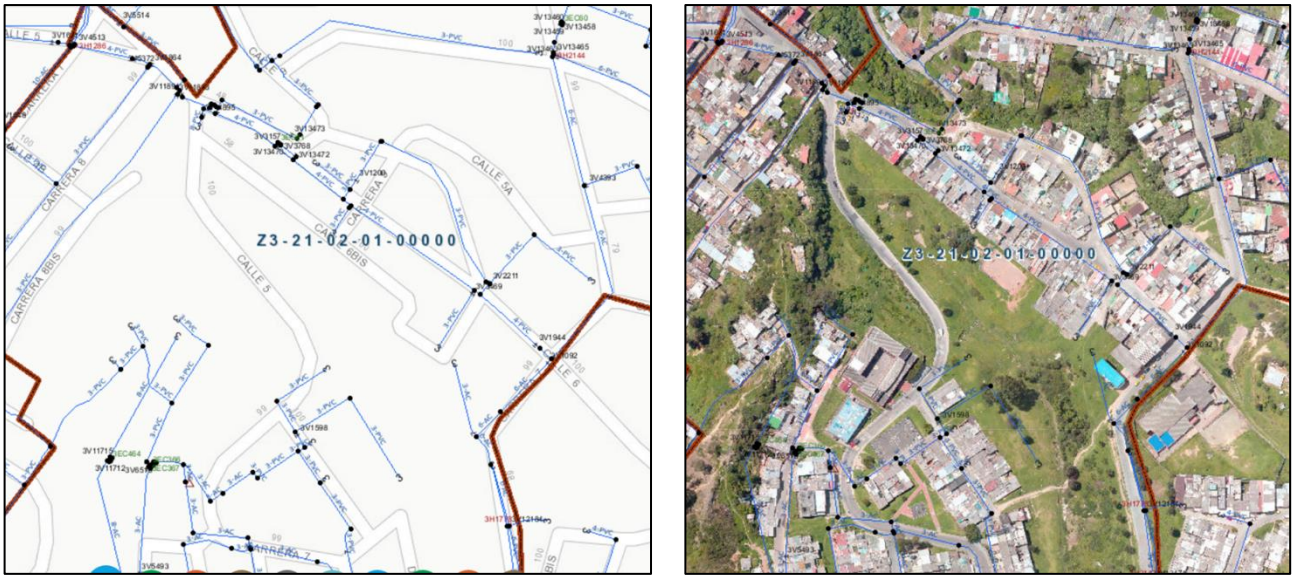


Ilustración 5-2. Distribución redes de acueducto en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de información del EAAB

La distribución de la red de alcantarillado pluvial se muestra en Ilustración 5-3, en donde al costado izquierdo se observa la ubicación de las redes con respecto a las vías aferentes a la zona de estudio y en la derecha su posición enmarcada en la imagen satelital del terreno. Como se puede apreciar, la red de alcantarillado pluvial corresponde principalmente a tuberías y estructuras que captan las aguas lluvias del drenaje vial y las disponen en la quebrada Chorrerón.



Ilustración 5-3. Distribución redes de alcantarillado pluvial en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de información del EAAB

En la Ilustración 5-4 se observa que la red de alcantarillado ubicada sobre la calle 5 corresponde a una red que transporta las aguas servidas desde la parte alta del barrio en dirección al centro mediante una tubería de concreto de 12” de diámetro. Las otras redes que discurren por la calle 5 corresponden a redes de alcantarillado barrial que principalmente recogen las aguas servidas domiciliarias y algunas lluvias y se encuentra compuesto principalmente por tuberías de concreto que varían en diámetro entre las 8 y 9”.



Ilustración 5-4. Distribución redes de alcantarillado Sanitario en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de información del EAAB

5.2.2 Levantamiento en Campo

El levantamiento de información en campo se realiza inspeccionando cada uno de los pozos y tomando la profundidad de las tuberías de entrada y salida, es decir, la cota clave, de batea y el diámetro de cada una de ellas.

Como resultado se tiene la identificación de 43 pozos de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado, de los cuales cerca del 56 % fueron levantados mientras que los pozos restantes, debido a que las tapas se encuentran con elementos de seguridad (guayas) o porque la vegetación impide su levantamiento, no fue posible inspeccionarlos.

Para la caracterización de los pozos se tuvieron en cuenta factores como acumulación de sedimentos o presencia de basuras; así mismo, se discriminan aquellos pozos que, en su estructura, presentan grietas, asentamientos diferenciales o daños que puedan afectar las condiciones del flujo o generar fugas del sistema. En la Tabla 5.1 se presenta un resumen de lo encontrado en campo y en los anexos 1-6 y 1-7 se presentan los datos tomados en campo.

Tabla 5.1 Resumen pozos de inspección

TOTAL POZOS DE INSPECCIÓN		
Identificados	43	100%
Inspeccionados	24	55.8%
Sin inspeccionar	19	44.2%
SEDIMENTACIÓN		
Basuras	3	12.5%
Partículas finas	4	16.7%
Partículas finas + Basuras	9	37.5%
Residuos sanitarios	2	8.3%
Sin residuos	6	25.0%

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Evaluación del drenaje

Durante los trabajos de campo y contrastando con la información del sistema de información geográfico de la EAAB se aprecia que sobre la diagonal 4ª los pozos encontrados (Ilustración 5-5.) hacen parte del sistema de redes de la EAAB, las tuberías son en PVC y concreto, con diámetros entre 8'' y 24'' y hacen parte de un sistema de alcantarillado combinado.



Ilustración 5-5. Pozos de inspección levantados en campo

Fuente: Elaboración propia

Para el manejo de aguas lluvias en la diagonal 4ª, se observan obras de captación y de conducción tales como rejillas transversales, las cuales conducen el agua a los pozos cercanos. Sin embargo, las rejillas transversales de la zona norte del área de estudio se encuentran colmatadas por el exceso de basuras y sedimentos, causando que las tuberías de entrada a los pozos no cumplan su función de transporte. En la diagonal 4ª, a pocos metros del colegio, hay una zona de derrumbe en donde se observa una rejilla lateral que, debido a la gran cantidad de material cayó sobre la estructura, se encuentra obstruida.

En la visita de campo se identificaron 52 estructuras como son pozos, cunetas, disipadores de energía, sumideros, entre otras. Se realizó la verificación de las estructuras identificadas en las bases de datos de la EAAB, así como el levantamiento de los pozos más cercanos a las zonas del derrumbe, haciendo énfasis en los que se encuentran sobre la diagonal 4ª paralela al colegio y la zona noroccidental colindante con este.

En relación al canal de la quebrada Chorrerón, fueron identificadas dos estructuras de disipación de energía construidas en concreto reforzado que cuentan con tuberías de descarga entre 4” y 8”. Así mismo se observó que el lecho del canal se encuentra revestido en piedra pegada. Finalmente, la quebrada es canalizada a través de una tubería en concreto de 40” de diámetro (Ilustración 5-6), que a su vez entrega en la quebrada Manzanares.



Ilustración 5-6. Tubería de canalización de quebrada Chorrerón
Fuente: Elaboración propia

En la carrera 6 este y la diagonal 3ª (esta última colindante con el colegio), se identificaron los pozos P34 al P43, los cuales drenan sus aguas hacia la diagonal 4ª. Sin embargo, no se encontraron los pozos CMP16376 y CMP16379 que descargan en la red ubicada bajo la mencionada vía. Por otro lado, respecto a los pozos encontrados en el levantamiento de campo y los pozos identificados en el sistema de información geográfico del EAAB, se observaron las siguientes inconsistencias:

- Los pozos P13, P15, P19 y P22 identificados en la visita de campo no se observan en el sistema de información geográfico del EAAB, por lo que no es posible la determinación exacta de las conexiones entre las distintas obras de drenaje como sumideros y pozos cercanos.

- Los pozos de inspección identificados en el sistema de información geográfico del EAAB con los códigos CMP16376 y CMP16379 (colindantes con el colegio Los Pinos) no se encontraron en la visita de campo.

- Las tuberías de entrada y salida del pozo P11 (PMP114926) no concuerdan con aquellas mostradas en el sistema de información geográfico de la EAAB, puesto que en campo se evidenció que la salida del pozo continúa por la vía en lugar de realizar la descarga hacia la quebrada.

Como resultado del levantamiento en campo se presentan los planos 4 y 5, y cuyas convenciones se describen a continuación:

Tabla 5.2 Convenciones utilizadas para la verificación del sentido y la ubicación de los pozos

	Direcciones de flujo identificadas únicamente en campo.
	Direcciones identificadas únicamente sistema de información geográfico del EAAB.
	Direcciones identificadas en el sistema de información geográfico del EAAB y verificadas durante la visita de campo.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.4 Estructuras de captación superficial

Las estructuras de captación superficial se encuentran dispuestas sobre las diagonales 6ª y 3ª, tienen como objetivo recoger, transportar y entregar a la red principal las aguas producto de la generación de escorrentía superficial.

Durante la observación se encontraron cuatro sumideros de rejilla dispuestos de forma transversal a la diagonal 4ª, así mismo otros dos sumideros de rejilla sobre la vía peatonal de la diagonal 3ª. La rejilla ubicada en la zona norte actualmente se encuentra colmatada debido a la gran cantidad de basuras que se encuentran en ella.

Tabla 5.3 Sumideros Diagonal 4a

Sumideros – Diagonal 4ª	Observaciones
 Sumidero – S1	Presenta acumulación de basuras, tiene rejillas en concreto rotas y con fisuras. En el fondo de la estructura se encuentra acumulación de sedimentos.
 Sumidero – S2	Presenta acumulación de basuras, las rejillas presentan poco desgaste.
 Sumidero – S3	Presenta una gran cantidad de basuras en su fondo debido a la ausencia de rejillas en cada uno de sus extremos. Tiene además rejillas en plástico con un desgaste medio.

 Sumidero – S4	Presenta acumulación de basuras, tiene rejillas en plástico con poco desgaste. En el fondo de la estructura se encuentra sedimentación por partículas finas y gruesas de tierra.

Fuente: Elaboración Propia

Todos los sumideros encontrados en la visita de campo presentan taponamientos y daños o ausencia de rejillas, debido a esto las basuras se acumulan en el fondo de las estructuras ocasionando un taponamiento y posterior sedimentación junto con partículas de tierra. Como se observa en el plano 5, los sumideros entregan a los pozos colindantes y estos a las estructuras de descarga dispuestos en la margen izquierda de la Quebrada Chorrerón.

Los sumideros dispuestos en la diagonal 3ª, con rejillas en concreto presentan basuras en el fondo de la estructura. Las rejillas presentan agrietamientos, razón por la cual se hace una inspección externa con la intención de evitar que en el momento de ser levantadas se ocasione un adicional a la estructura.

Tabla 5.4 Sumideros Diagonal 3a

Sumideros – Diagonal 3ª – Vía Peatonal	
 Sumidero – S5	Presenta acumulación de basuras, tiene rejillas en concreto con fisuras. En el fondo de la estructura se encuentra sedimentación por partículas finas y gruesas de tierra
 Sumidero – S6	Presenta acumulación de basuras, rejillas en concreto con fisuras y agrietamientos considerables. En el fondo de la estructura se encuentra sedimentación por partículas finas y gruesas de tierra.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.5 Identificación de Vertimientos

En los vertimientos encontrados en la zona de estudio que se conectan a la Quebrada Chorrerón se aprecian dos estructuras de descarga. Su identificación junto con la caracterización física se muestra a continuación:

Tabla 5.5 Estructura de drenaje transversal

Estructura D2 – Descole	
	
Características Físicas del vertimiento	
Tipo de vertimiento	Aguas residuales domésticas y lluvia
Olor	Fuerte olor por la descomposición de materia fecal
Color	Marrón claro
Solidos suspendidos	No se observan solidos suspendidos en el momento, sin embargo hay sedimentación en el fondo de la lámina de agua.
Turbiedad	El flujo no presenta turbiedad, la baja velocidad del agua permite que se sedimenten las partículas.
Caudal máximo de descarga	La altura de lámina de agua de la descarga por la tubería es de un centímetro aproximadamente.
Estacionalidad	Continuo
Duración	Continuo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.6 Estructura de drenaje escalonado

Estructura D3 – Canal Escalonado	
	
Ubicada en la parte alta de la quebrada Chorrerón y sobre su margen izquierda, esta estructura entrega a la quebrada las aguas lluvias de la zona occidental del área de estudio.	
Características Físicas del vertimiento	
Tipo de vertimiento	Aguas lluvia
Olor	No existe presencia de olores fuertes o característicos del agua.
Color	Sin color
Solidos suspendidos	No se observan sólidos suspendidos, ni en el fondo del canal ni en las caras internas.
Turbiedad	El flujo del vertimiento no presenta turbiedad, la velocidad del agua en el momento de la revisión era muy lenta.

Caudal máximo de descarga	No es posible determinar el caudal del vertimiento por la velocidad de la descarga.
Estacionalidad	Continuo
Duración	Continuo

Fuente: Consorcio GeoJam Laches 2017.

La ubicación de cada uno de los vertimientos identificados con su respectiva nomenclatura se presenta en el plano 4.

6 MODELACIÓN HIDRÁULICA

6.1 HIDRÁULICA - MODELO

Una vez realizados todos los análisis hidrológicos de la quebrada Chorrerón y teniendo caracterizado el régimen del cauce se procede con los cálculos hidráulicos, los cuales están enfocados a identificar el comportamiento de los caudales sobre la quebrada, es decir, la forma en que los volúmenes de agua realizan su tránsito desde aguas arriba hacia aguas abajo; para esto se emplea el software de libre distribución HEC-RAS, elaborado por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos y cuya filosofía se detalla a continuación.

6.1.1 Descripción del Software (HEC-RAS)

El software HEC-RAS para calcular los niveles de agua en las secciones transversales usa la ecuación de Bernoulli, cuya expresión matemática es:

$$H_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = H_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + IL + \sum \lambda \frac{v^2}{2g}$$

Donde los subíndices 1 y 2 nombran dos secciones distintas (la sección 1 aguas arriba de la sección 2) separadas una distancia L; H es el nivel de la superficie libre (suma de cota del fondo más el calculado de agua).

$\alpha \frac{v^2}{2g}$ Es la energía cinética, en la cual α es el coeficiente de distribución de velocidades de Coriolis cuya definición es:

$$\alpha = \frac{\int v^3 dA}{V^3 A}$$

I: Es la pendiente motriz en el tramo entre las secciones 1 y 2 y λ son los coeficientes de pérdida de carga localizada en el mismo tramo.

En la solución numérica iterativa de la ecuación anterior, la incógnita es el nivel de agua H_1 en la sección 1 y es el dato el nivel de agua en la sección 2 (H_2). Se procede de la sección 2 (aguas abajo) a la sección 1 (aguas arriba) cuando el régimen de agua es lento (subcrítico), mientras se haría lo contrario si el régimen fuera rápido (supercrítico). Se empieza el cálculo en el extremo aguas abajo (donde se debe definirse la condición de contorno, para lo cual basta el nivel de agua H correspondiente al caudal de cálculo). La solución de la incógnita H_1 no es explicita, sino que exige un método iterativo por que el otro término de energía, el término cinético $\alpha \frac{v^2}{2g}$ es función de la altura H y de la definición geométrica de la sección.

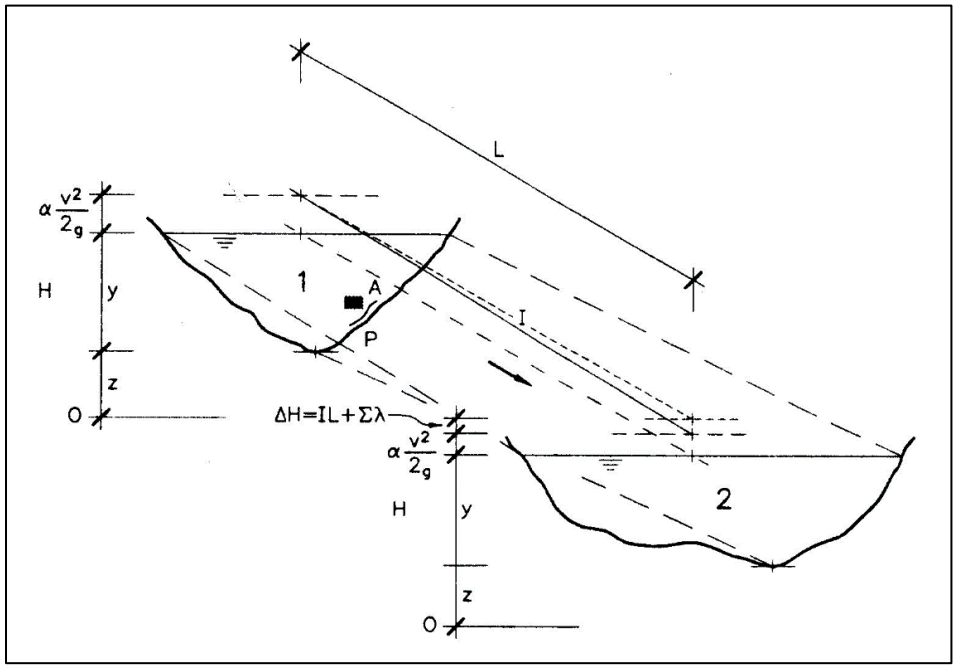


Ilustración 6-1 Conceptualización Modelo Transito HEC RAS
Fuente: Ingeniería fluvial – Juan Vide

Como el valor de la pendiente motriz I en el tramo de longitud L entre 1 y 2 se puede tomar promedio entre las pendientes motrices 1 y 2, es decir $\frac{I_1+I_2}{2}$ donde I_2 es conocido e I_1 tiene un valor distinto en cada iteración de la variable H_1, al igual ocurre con $\alpha\frac{v_1^2}{2g}$. Un criterio alternativo es $I=\left(\frac{Q}{K_1+K_2}\right)^2$, donde $K=\frac{AR_H^{2/3}}{n}$, criterio empleado por el modelo HEC-RAS de cálculo de movimiento gradualmente variado. En régimen suficientemente lento ambos criterios funcionan bien.

Las pérdidas localizadas pueden ser también conocidas si se expresan en función de características en la sección 2 o bien pueden participar en la interacción si se expresan en función de características en la sección 1. Por la irregularidad de los cauces naturales hay que considerar unas pérdidas localizadas en los estrechamientos y en los ensanchamientos. Se puede emplear la expresión:

$$\Delta H=\lambda\left|\alpha_1\frac{v_1^2}{2g}-\alpha_2\frac{v_2^2}{2g}\right|$$

Donde,

λ = 0.1 en estrechamientos

λ = 0.3 en ensanchamiento

Lo cual refleja que la pérdida más importante ocurre en los ensanchamientos. El valor absoluto asegura que el término ΔH es siempre una pérdida de energía. En una curva λ = 2 B/r con B ancho, r radio de la curva.

Las secciones compuestas por cauce principal y llanuras de inundación obligan a una consideración especial de I y de α. En el cálculo de una sección compuesta se utiliza una altura de energía única, de valor $H + \alpha \frac{v^2}{2g}$, aplicable a las distintas zonas. Esto es así gracias al coeficiente de distribución de velocidades α, cuyo papel es precisamente ponderar las distintas velocidades en una sección para obtener una sola altura de energía cinética. En cuanto a la ponderación de la resistencia de flujo se desprenden las siguientes expresiones:

$$I = \frac{Q^2}{(\sum K_i)^2}; \qquad \alpha = \frac{A^2}{(\sum K_i)^2} \sum \left(\frac{K_i^3}{A_i^2}\right)$$

Donde,

$$K = \frac{AR_H^{2/3}}{n},$$

En régimen lento, cuando una sección es precedida aguas arriba por una más estrecha, la ecuación del movimiento da como solución un régimen menos lento que el de la sección aguas abajo. Si la sección aguas arriba es mucho más estrecha, puede ocurrir que la energía calculada desde aguas abajo sea insuficiente para transportar el caudal unitario, mayor aguas arriba, la teoría indica en este caso que se produce un régimen crítico en el estrechamiento, pero el cálculo numérico da una solución parecida en régimen muy rápido (cuando se usa $I = \frac{I_1 + I_2}{2}$, pues la pendiente I_1 puede crecer hasta que haya solución) o bien no da solución alguna (cuando se usa $I = \left[\frac{Q}{K_1 + K_2}\right]^2$). En este, caso, hay que establecer una altura de flujo crítica.

6.1.2 Construcción del Modelo

Con los caudales calculados en la sección de hidrología y con base en el levantamiento topográfico se realiza la modelación hidráulica en HEC-RAS con las siguientes consideraciones:

- Las secciones transversales se trazan a partir del levantamiento topográfico de la zona de estudio, en donde se incluye el trazado de la quebrada Chorrerón, definiéndolas cada 10 m.

- Los coeficientes de rugosidad hidráulica tanto del lecho como de las bancas se escogen de forma tal que mantengan una relación lógica con la realidad. En este caso se toman valores de 0.025 para el lecho y 0.030 para las bancas, de acuerdo con lo mostrado en la Ilustración 6-2, donde se observa que las bancas corresponde con pastos cortos y el lecho con arcillolitas (material cohesivo firme). Estos valores fueron tomados de la tabla 5.6 del Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow (1994).



Ilustración 6-2. Vista Q. Chorrerón
Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 1-8 se presenta el modelo en HEC-RAS junto con los resultados de las corridas para cada sección transversal evaluada y con los diferentes valores de caudal analizados. A continuación, se presenta el trazado de la quebrada Chorrerón y los resultados de la modelación hidráulica:

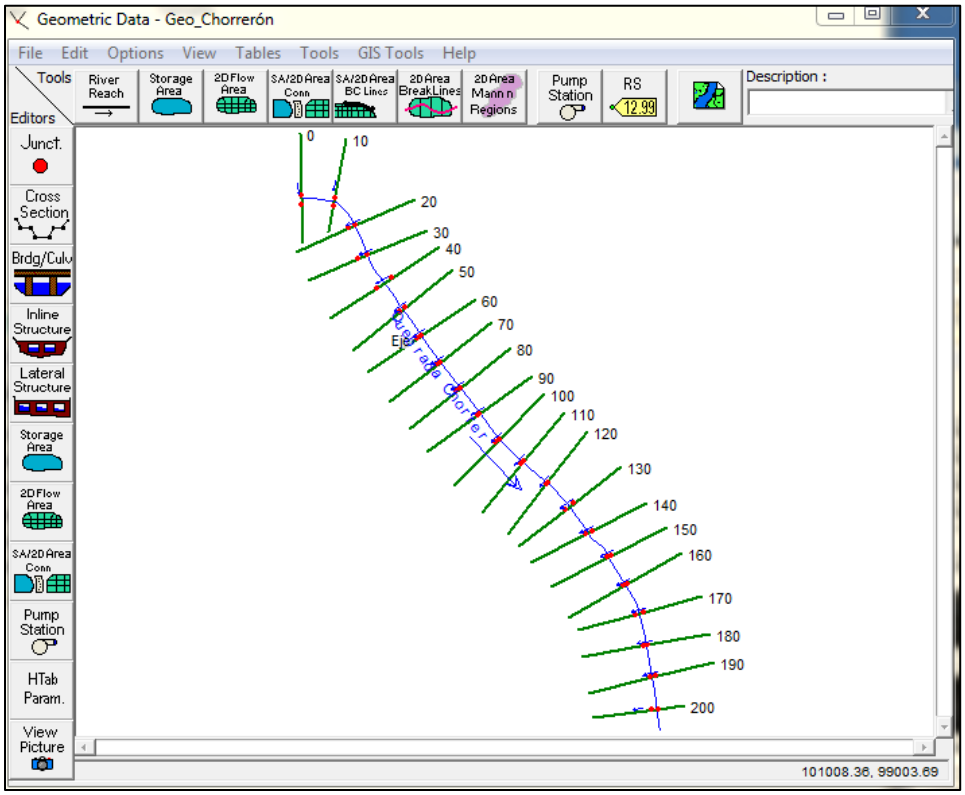


Ilustración 6-3Trazado del modelo de la quebrada Chorrerón en HEC-RAS
Fuente: Elaboración propia

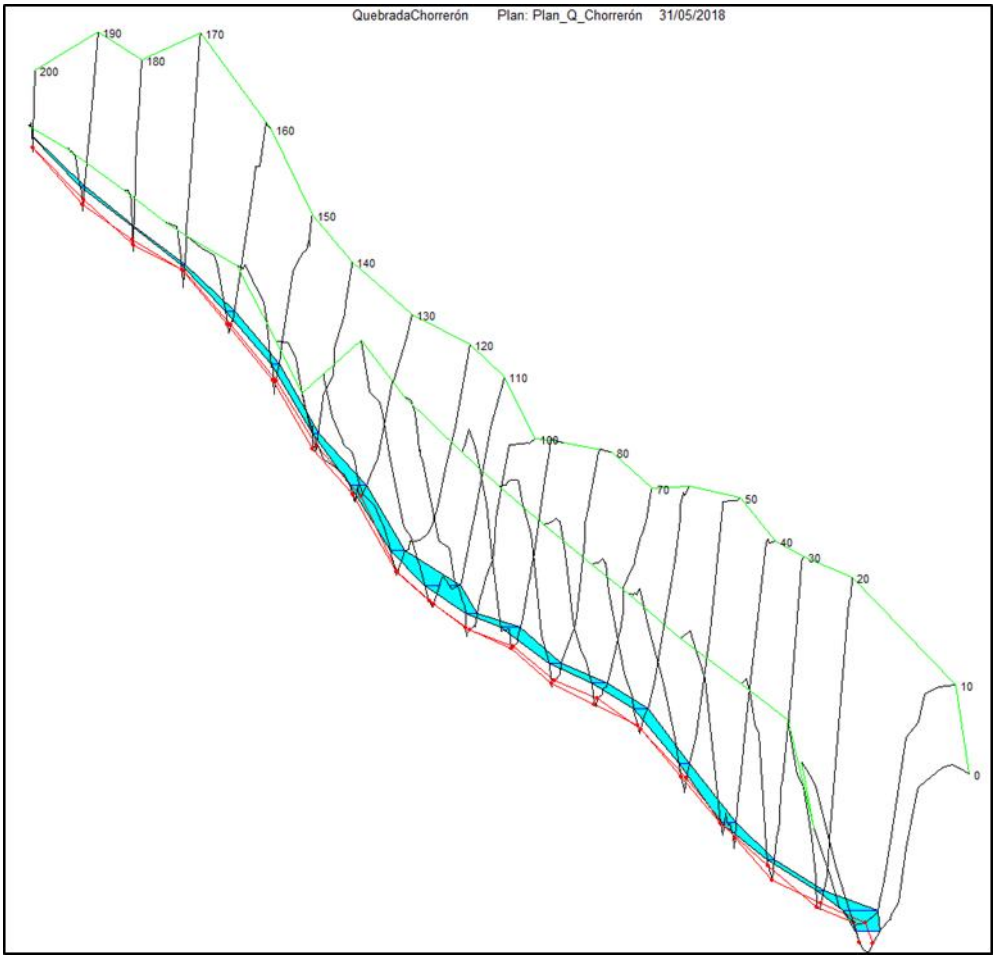


Ilustración 6-4. Resultado modelación quebrada Chorrerón para un caudal correspondiente al Tr = 100 años
Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Resultados

Los resultados obtenidos de la modelación se presentan en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Resultados modelación hidráulica Q. Chorrerón

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje	200	Tr = 100	16.03	2761.43	2762.04	9.18	2.26	6.58	3.86
Eje	190	Tr = 100	16.03	2759.03	2760.03	9.83	2.27	6.3	3.5
Eje	180	Tr = 100	16.03	2757.37	2758.4	10.31	2.05	4.22	3.61
Eje	170	Tr = 100	16.03	2755.91	2756.84	9.08	1.86	4.08	3.8
Eje	160	Tr = 100	16.03	2754.03	2754.92	10.28	1.99	4.28	3.82
Eje	150	Tr = 100	16.03	2751.56	2752.77	10.77	1.96	4.41	3.55
Eje	140	Tr = 100	16.03	2749.17	2749.94	10.76	1.63	3.21	4.39
Eje	130	Tr = 100	16.03	2747.17	2747.83	10.03	1.87	6.28	5.02
Eje	120	Tr = 100	16.03	2744.17	2745.18	13.03	1.95	3.93	4.27
Eje	110	Tr = 100	16.03	2742.84	2743.76	10.37	2.29	7.28	3.68
Eje	100	Tr = 100	16.03	2741.69	2742.59	9.38	2.06	3.62	3.51
Eje	90	Tr = 100	16.03	2741.19	2742.04	9.59	2.79	7.63	3.38
Eje	80	Tr = 100	16.03	2739.61	2740.57	8.84	2.39	4.09	3.13
Eje	70	Tr = 100	16.03	2738.82	2739.78	8.96	2.68	5.73	3.08
Eje	60	Tr = 100	16.03	2737.72	2738.72	8.71	2.67	5.92	3.01
Eje	50	Tr = 100	16.03	2735.3	2736.47	9.07	2.07	3.64	3.12
Eje	40	Tr = 100	16.03	2733.02	2734.09	9.16	1.8	5.42	5.03
Eje	30	Tr = 100	16.03	2731.71	2732.54	8.24	2.16	4.66	3.62
Eje	20	Tr = 100	16.03	2730.53	2731.32	8.28	2.27	4.48	3.12
Eje	10	Tr = 100	16.03	2729.9	2730.5	8.23	2.57	7.41	3.57
Eje	0	Tr = 100	16.03	2728.77	2729.65	7.1	2.58	4.96	2.66

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el régimen del flujo es supercrítico (número de Froude mayor a 1), lo cual es coherente con lo esperado para un cauce de montaña. Así mismo, se tienen velocidades altas en el lecho del cauce (en promedio son superiores a 8 m/s), mientras que hacia las bancas son del orden de los 3.5 m/s, aproximadamente.

En cuanto a las alturas alcanzadas por la lámina de agua, se tiene que en todos los casos la profundidad es menor a 1,5m y solo en cinco secciones (40, 50, 120, 150 y 180) la profundidad es mayor a 1m.

6.1.4 Análisis de socavación

El análisis está enfocado a estimar la máxima profundidad de socavación general que se pueda presentar en la quebrada Chorrerón debida al comportamiento natural del flujo. Debido a que en el levantamiento en campo no se evidenciaron efectos erosivos significativos sobre las márgenes del cauce se optó por emplear la metodología presentada por Ordoñez y Del Campo en 1996, donde la profundidad de socavación se calcula empleando variables puramente hidráulicas y cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

- Método Hidráulico (Ordoñez – Del Campo)

$$Y_{max} = \sqrt[3]{\frac{{q_{max}}^2}{g * {F_m}^2}}$$

Donde,

Y_{max} = Altura máxima de socavación, en m.

q_{max} = Máximo valor del caudal por unidad de ancho en la sección transversal, en $m^3/s/m$. Calculado como:

$$q_{max} = 1.5 * q$$

q = Caudal por unidad de ancho, en m^3/s.

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2.

F_m = Número de Froude mínimo correspondiente a la máxima profundidad, adimensional. Se calcula como:

$$F_m = 0.85 * F + 0.01$$

F = Número de Froude, adimensional.

Como resultado del cálculo anterior se presenta la Tabla 6.2 y el anexo 1-9, donde se observa que, en promedio, se pueden presentar alturas de socavación de 0.65 m; sin embargo, actualmente tales efectos se encuentran controlados por el revestimiento que tiene el cauce en piedra pegada, por lo cual se concluye que no se requiere de obras de mitigación o de protección adicionales.

Tabla 6.2 Resultado análisis de socavación

River Sta	Profile	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	q (m3/s/m)	D (m2/m)	F	q max	F m	y max (m)
200	Tr = 100	2761.43	2762.04	2.26	6.58	2.44	0.3435	3.86	3.65	3.29	0.50
190	Tr = 100	2759.03	2760.03	2.27	6.3	2.54	0.3603	3.76	3.82	3.20	0.53
180	Tr = 100	2757.37	2758.4	2.05	4.22	3.80	0.4858	3.58	5.70	3.05	0.71
170	Tr = 100	2755.91	2756.84	1.86	4.08	3.93	0.4559	4.08	5.89	3.47	0.66
160	Tr = 100	2754.03	2754.92	1.99	4.28	3.75	0.4650	3.77	5.62	3.22	0.68
150	Tr = 100	2751.56	2752.77	1.96	4.41	3.63	0.4444	3.92	5.45	3.34	0.65
140	Tr = 100	2749.17	2749.94	1.63	3.21	4.99	0.5078	4.41	7.49	3.76	0.74
130	Tr = 100	2747.17	2747.83	1.87	6.28	2.55	0.2978	5.02	3.83	4.27	0.43
120	Tr = 100	2744.17	2745.18	1.95	3.93	4.08	0.4962	3.73	6.12	3.18	0.72
110	Tr = 100	2742.84	2743.76	2.29	7.28	2.20	0.3146	3.98	3.30	3.40	0.46
100	Tr = 100	2741.69	2742.59	2.06	3.62	4.43	0.5691	3.29	6.64	2.81	0.83
90	Tr = 100	2741.19	2742.04	2.79	7.63	2.10	0.3657	3.03	3.15	2.59	0.53
80	Tr = 100	2739.61	2740.57	2.39	4.09	3.92	0.5844	2.80	5.88	2.39	0.85
70	Tr = 100	2738.82	2739.78	2.68	5.73	2.80	0.4677	2.79	4.20	2.38	0.68
60	Tr = 100	2737.72	2738.72	2.67	5.92	2.71	0.4510	2.85	4.06	2.44	0.66
50	Tr = 100	2735.3	2736.47	2.07	3.64	4.40	0.5687	3.28	6.61	2.80	0.83
40	Tr = 100	2733.02	2734.09	1.8	5.42	2.96	0.3321	4.93	4.44	4.20	0.48
30	Tr = 100	2731.71	2732.54	2.16	4.66	3.44	0.4635	3.48	5.16	2.97	0.68
20	Tr = 100	2730.53	2731.32	2.27	4.48	3.58	0.5067	3.17	5.37	2.70	0.74
10	Tr = 100	2729.9	2730.5	2.57	7.41	2.16	0.3468	3.38	3.24	2.88	0.51
0	Tr = 100	2728.77	2729.65	2.58	4.96	3.23	0.5202	2.75	4.85	2.35	0.76

Fuente: Elaboración propia.

7 COBERTURA VEGETAL DE LA TIERRA Y USO DEL SUELO

7.1 INTRODUCCIÓN

La cobertura de la tierra, es la expresión de las actividades humanas y como tal, cambia con alteraciones en estas. De aquí que la cobertura de la tierra es un elemento geográfico que puede formar una base de referencia para diversas aplicaciones que van desde el monitoreo forestal y pastoril, pasando por la generación de estadísticas, planificación, inversión, biodiversidad, cambios climáticos, hasta el control de la desertificación. Además, los cambios en la cobertura y uso de la tierra pueden afectar sistemas globales, tales como la atmósfera, clima y nivel del mar; u ocurrir en sitios localizados pero suficientes para tener un efecto significativo (deslizamientos, inundaciones, incendios, entre otros)2.

Por lo tanto, la cobertura de la tierra comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie del suelo ya sean naturales o creados por el ser humano, es decir, tanto la vegetación natural denominada cobertura vegetal, hasta todo tipo de construcción o edificación destinada para el desarrollo de las actividades del hombre para satisfacer sus necesidades, a lo cual en forma genérica se denomina uso de la Tierra.

A partir de lo anterior, el presente capitulo muestra la cobertura terrestre y uso actual del suelo, como parte de la consultoría para realizar el “ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES DE LA LOCALIDAD DE SANTAFE EN BOGOTÁ D.C.”; y así, establecer la intervención a implementar en el sector y garantizar condiciones seguras de habitabilidad de las viviendas del sector, así como condiciones adecuadas de funcionalidad de la infraestructura pública.

7.2 PROCEDIMIENTO

7.2.1 Interpretación sensor remoto

Con base tanto en el objetivo del estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, se realizó la interpretación y el análisis de las unidades de cobertura terrestre y uso actual del suelo de la zona de estudio; para ello, la interpretación se realizó a partir de la ortofoto obtenida para el área de interés.

[2] Di Gregorio A. 2005. Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra (LCCS), versión 2: Conceptos de Clasificación y Manual del Usuario. FAO Environment and Natural Resources Service Series, No. 8 - FAO, Rome. 208 p.

A partir de esta, se realizó la interpretación digital supervisada; en donde, se delimitaron los polígonos de cobertura terrestre y uso del suelo, de acuerdo con las características espectrales del sensor remoto.

7.2.2 Cobertura de la tierra y uso actual del suelo

El análisis de la cobertura de la tierra y del uso actual del suelo para la zona de estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, fue agrupada de acuerdo con el sistema de clasificación de la cobertura de la tierra Corine Land Cover -CLC- (IDEAM, 2.010)[3], la cual reduce en gran medida la subjetividad en la definición de la leyenda final; además, es una clasificación reconocida nacionalmente.

Finalmente, se generó el mapa temático de cobertura de la tierra y uso actual del suelo para la zona de estudio, teniendo en cuenta los niveles de diferenciación según la metodología Corine Land Cover -CLC-; y las coberturas sensibles que son comunes en el área de estudio.

7.3 RESULTADOS

A continuación, se mencionan los resultados obtenidos de la interpretación de la cobertura de la tierra y uso actual del suelo para la zona de estudio.

7.3.1 Cobertura terrestre y uso actual del suelo

Se entiende como tierra, a la entidad formada por la mutua interacción de la naturaleza viviente y no viviente en una porción de la superficie terrestre; mientras que suelo, hace referencia al área delimitable de la superficie terrestre que abarca todos los atributos de la biosfera inmediatamente encima o debajo de esta, incluyendo el clima cercano, las formas del suelo y de la tierra, la superficie de la hidrología, poblaciones de plantas y animales, los patrones de arreglos y los resultados físicos de actividades humanas pasadas y presentes (Castañeda y otros, 2006)[4].

Es importante mencionar, que la zona se encuentra enmarcada dentro del bosque seco Montano Bajo (baja precipitación pluvial, deficiencia de agua, heladas, vegetación natural de bajo porte).

[3] IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
[4] Castañeda S., Darío A.; Montoya G., Ruth Y. y Escobar Ch. Carlos A. 2006. Prototipo de un sistema integrado digital para la clasificación de coberturas y usos de la tierra a nivel de finca bananera. En: Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín vol. 59 no. 1 Medellín Jan./June 2006. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. ISSN 0304-2847.

7.3.1.1 Cobertura terrestre

Castañeda y otros (2006), menciona que la cobertura, se relaciona con los atributos de la tierra (cuerpos de agua, vegetación, vías, otros tipos de construcciones, cuerpos rocosos, cuerpos de nieve y superficies o cuerpos de agua), algunos de estos naturales y otros afectados o producto de las necesidades del hombre.

La anterior definición, es complementada por SIAC (2015)[5], donde la cobertura de la tierra, corresponde a la unidad delimitable que surge a partir de un análisis de respuestas espectrales determinadas por sus características fisionómicas y ambientales (Estos atributos, son los rasgos que pueden ser directamente observados en las fotografías aéreas y frecuentemente en las imágenes de satélite), diferenciables con respecto a la unidad colindante.

Para el área de estudio, se identificaron las siguientes coberturas terrestres: Tejido urbano continuo (recreacional, residencial, educacional, comunal), Red vial y territorios asociados, Pastos limpios, Pastos enmalezados, Plantaciones de latifoliadas aisladas, Arbustal denso alto, Arbustal denso bajo, Afloramiento rocoso y Tierras desnudas y degradadas.

A continuación, se realiza una descripción de cada unidad.

- Tejido urbano continuo (Tuc)

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.

Al interior del área, donde se llevará a cabo el Estudio detallado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y diseño de medidas de mitigación en el barrio Los Laches de la localidad de Santafé en Bogotá D.C.; se distinguió el Tejido urbano continuo recreacional (TUCRc), Tejido urbano continuo residencial (TUCRd), Tejido urbano continuo educacional (TUCEd), Tejido urbano continuo comunal (TUCCu).

La Ilustración 7-1, muestra el parte del Tejido urbano continuo que hace parte del área de estudio.

[5] SIAC. 2015. Coberturas de la tierra. Sistemas de Información Ambiental de Colombia -SIAC- . En: https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=471&conID=1447

Ilustración 7-1. Tejido urbano continúo (TUC)



Tejido urbano continuo educacional (TUCEd)

Tejido urbano continuo recreacional (TUCRc)

Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Red vial y territorios asociados (Rv)

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, vías, caminos y accesos viales; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: andenes, terraplenes y áreas verdes.

La Ilustración 7-2, muestra parte de las vías que rodean el área de estudio. Entre ellas, se encuentra la Diagonal 4a, entre calle 6D y carrera 7 Este.

Ilustración 7-2. Red vial y territorios asociados (Rv)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Pastos limpios (Pl)

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 (Ilustración 7-3).

Ilustración 7-3. Pastos limpios (PL)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Pastos enmalezados (Pe)

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.

La Ilustración 7-4, muestra parte de los Pastos enmalezados localizados al oeste del área de estudio.

Ilustración 7-4. Pastos enmalezados (Pe)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Plantaciones de latifoliadas aisladas (Pllta)

Corresponde a las coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituye la plantación de especies forestales con fines de conservación o de bienes y servicios ambientales.

La ilustración 7-5, muestra la Plantaciones de latifoliadas aisladas (Pllta) que ocupa la parte central del área de estudio.

Ilustración 7-5. Plantaciones de latifoliadas aisladas (Pllta)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Arbustal denso alto (Arlda)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. La Ilustración 7-6, muestra parte de la cobertura relacionada con el Arbustal denso alto (Arlda).

Ilustración 7-6. Arbustal denso alto (Arlda)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Arbustal denso bajo (Arldb)

Corresponde a aquellas superficies dominadas por vegetación natural arbustal de porte bajo; por lo general, se ubica donde no existe presencia de elementos arbóreos. Generalmente, está rodeado de áreas con predominancia de especies herbáceas (Ilustración 7-7).

Ilustración 7-7.Arbustal denso bajo (Arldb)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Afloramiento rocoso (Afr)

Corresponde a las áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, o formando escarpes.

La Ilustración 7-8, muestra el Afloramiento rocoso que se encuentra hacia el sector occidental del área de estudio, en inmediaciones de carrera 5C Este.

Ilustración 7-8. Afloramiento rocoso (Afr)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

- Tierras desnudas y degradadas (Tdd)

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. La Ilustración 7-9, muestra las Tierras desnudas y degradadas las cuales se localizan sobre la diagonal 4a con carrera diagonal 3A, costado norte del área de estudio.

Ilustración 7-9. Tierras desnudas y degradadas (Tdd)



Fuente: Elaboración propia, 2.018

La Ilustración 7-10, muestra la distribución espacial de las diferentes coberturas terrestres que ocupan el área de estudio. (Ver Mapa 6, Mapa de cobertura vegetal).

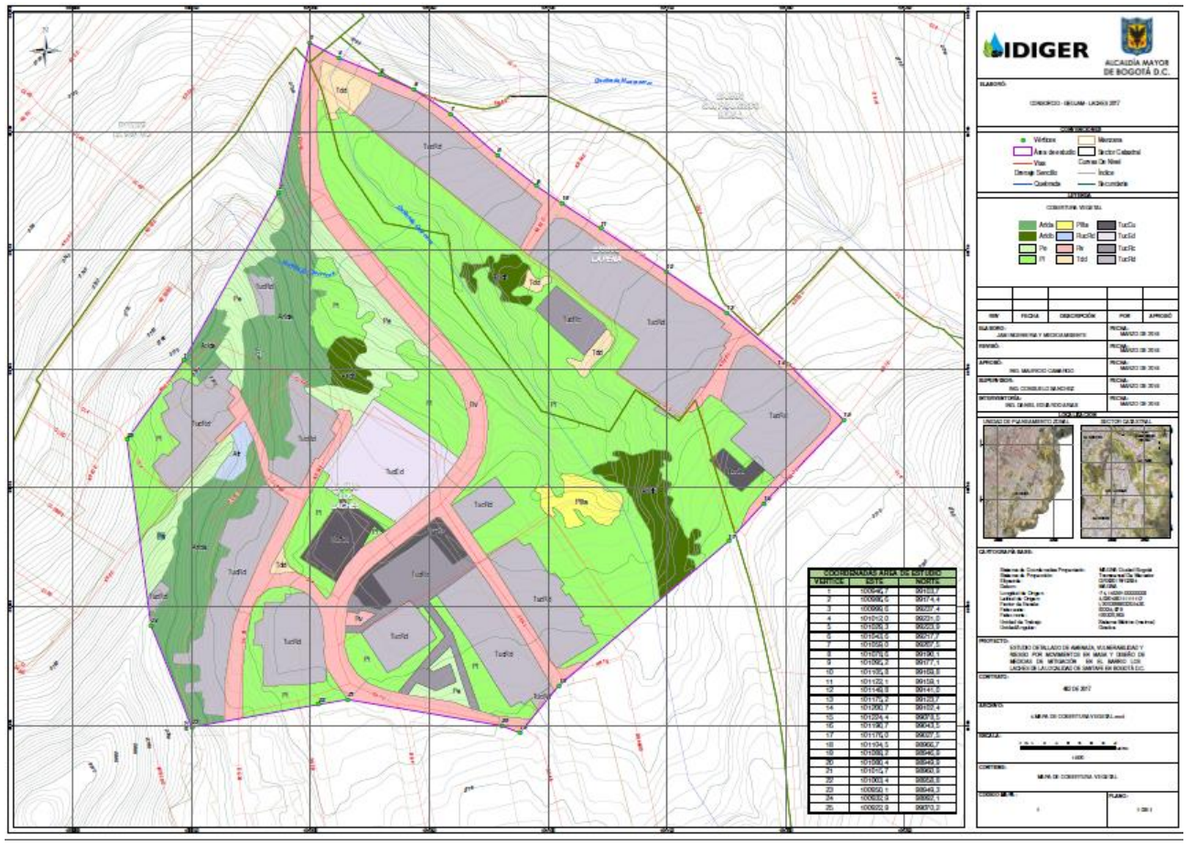


Ilustración 7-10 Cobertura terrestre para el área de estudio
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S., 2.018

La Ilustración 7-11, muestra la ocupación porcentual de cada una de las coberturas terrestres que hacen parte del área de estudio.

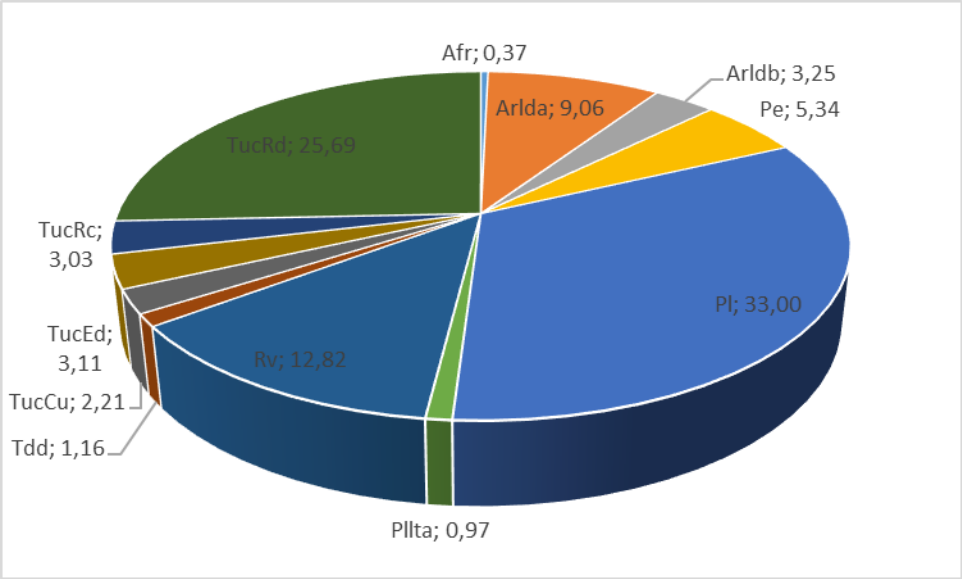


Ilustración 7-11 Ocupación de las coberturas terrestres que hacen parte del área de estudio
Fuente: Consorcio GEOJAM LACHES 2017

7.3.2 Uso del suelo

Una vez definida e interpretada la cobertura de la tierra, se delimitó el uso del suelo, que es caracterizado por los arreglos, las actividades y las entradas realizadas por el hombre en un tipo particular de cobertura del suelo para producir, cambiarla o mantenerla. El uso del suelo, relaciona la utilización y las actividades de manejo del suelo llevadas a cabo por el hombre para obtener productos o beneficios. Los productos son los materiales o salidas tangibles, mientras que los beneficios son inmateriales o intangibles (Castañeda y otros, 2006).

SIAC (2015), añade que el uso del suelo se relaciona con la utilidad que presta el tipo de cobertura; o, a la actividad antrópica que se lleva a cabo en la porción específica de tierra delimitada.

Conceptualmente, se ha logrado la separación entre cobertura y uso del suelo; donde, la importancia tanto de la delimitación de la cobertura terrestre como de la del uso, permite el ordenamiento o arreglo de los objetos dentro de grupos o conjuntos sobre la base de sus

relaciones; describe un armazón sistemático con los nombres de las clases y los criterios usados para distinguirlos entre ellos, así como las relaciones entre las clases. La clasificación necesariamente requiere de la definición precisa y clara en lo posible cuantitativa y sobre el criterio de un objetivo único, de los límites de las clases (Castañeda y otros, 2006).

Con base en lo mencionado, la Tabla 7.1, muestra el porcentaje de ocupación de la cobertura terrestre y uso del suelo para el área de estudio.

Tabla 7.1 Cobertura terrestre y Uso actual del suelo para el área de estudio

Código CLC	COBERTURA TERRESTRE	Descripción	Símbolo	USO ACTUAL	Área	
					Ha.	%
1.1.1.1.	Tejido urbano continuo recreacional	Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie de la unidad. Para este caso, se diferencia el tejido urbano para uso recreacional, residencial, educación y comunal.	TUCRc	Recreacional	0,16	3,03
1.1.1.2.	Tejido urbano continuo residencial		TUCRd	Residencial	1,34	25,69
1.1.1.3.	Tejido urbano continuo educacional		TUCEd	Educativo	0,16	3,11
1.1.1.4.	Tejido urbano continuo comunal		TUCCu	Comunal	0,12	2,21
1.2.2.1.	Red vial y territorios asociados	Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.	Rv	Conservación	0,67	12,82
2.3.1.	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.	Pl	Protección	1,73	33,00
2.3.3.	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	Pe	Protección	0,28	5,34

Código CLC	COBERTURA TERRESTRE	Descripción	Símbolo	USO ACTUAL	Área	
					Ha.	%
		abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.				
3.1.5.2.1.	Plantaciones de latifoliadas aisladas	Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituye la plantación de especies forestales con fines de conservación o de bienes y servicios ambientales.	Pllta	Protección - Producción	0,05	0,97
3.2.2..1.1.	Arbustal denso alto	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos.	Arlda	Protección	0,47	9,06
3.2.2..1.2.	Arbustal denso bajo	Corresponde a aquellas superficies dominadas por vegetación natural arbustal de porte bajo; donde no existe presencia de elementos arbóreos. Generalmente, está rodeado de áreas con predominancia de especies herbáceas.	Arldb	Protección	0,17	3,25
3.3.2.	Afloramiento rocoso	Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos o de bloques. Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas.	Afr	Sin uso	0,02	0,37

Código CLC	COBERTURA TERRESTRE	Descripción	Símbolo	USO ACTUAL	Área	
					Ha.	%
3.3.3.	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.	Tdd	Sin uso	0,06	1,16
TOTAL					5,23	100,0

Fuente: Elaboración propia, 2.018

La Ilustración 7-12, muestra el uso actual del suelo, de las coberturas que hacen parte del área de estudio.

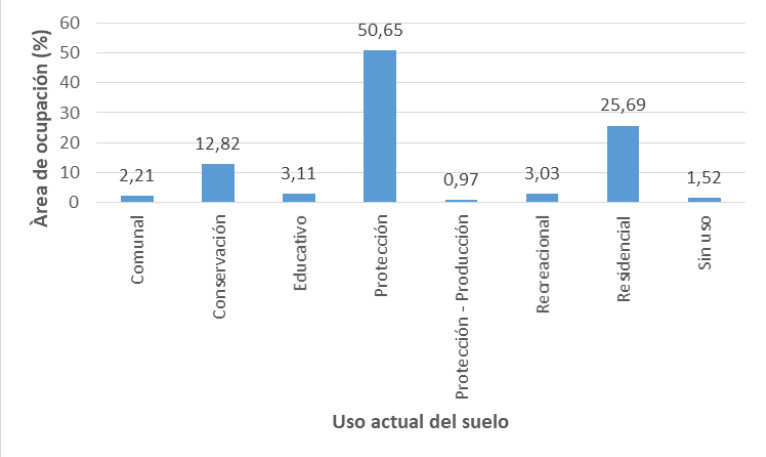


Ilustración 7-12 Uso actual del suelos de las coberturas terrestres que hacen parte del área de estudio
Fuente: Consorcio GEOJAM LACHES 2017

Como se aprecia, al interior del área el uso dominante corresponde al de protección (50,65%), el cual corresponde a las coberturas terrestres de Pastos limpios, Pastos enmalezados, Arbustal denso alto y Arbustal denso bajo.

Seguidamente, el uso residencial (25,69%) y de conservación (12,82%) ocupan el 38,51% del área de estudio.

7.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la zona de estudio, durante la perturbación antrópica, se presentan cambios en la estructura y función de los ecosistemas naturales. Actualmente, el proceso de recuperación de la función ecosistémica, es muy difícil y limitada, por lo que no hay una rehabilitación de la función ecosistémica. Este proceso se observa a lo largo de la quebrada El Chorrerón, la cual no posee vegetación riparia que cumpla, ecosistémicamente, con las funciones protectoras productoras.

El comportamiento de las coberturas vegetales existentes en la zona de estudio, demuestran que el proceso de sucesión ha avanzado a través del tiempo y que depende de la disminución de los agenten tensionantes.

Se recomienda implementar los programas de conservación y protección propuestos por la Consultoría, con el fin de mejorar las características ecosistémicas (edáficas, hidrológicas, forestales) de las coberturas vegetales que hacen parte del área de estudio.

8 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

8.1 PLANTEAMIENTO DE LA EXPLORACIÓN

El planteamiento de la exploración se realizó con base a la información secundaria analizada, la visita de reconocimiento y de lo solicitado en los términos de referencia. Se busca conocer la distribución de materiales en toda el área de estudio, haciendo especial énfasis en:

- Conocer las características y ubicación de los rellenos antrópicos.

- Conocer la distribución de materiales en la ladera Sur oriental donde se ubica el Colegio Los Pinos

- Validar el modelo geológico, la ubicación en el subsuelo del depósito fluvio torrencial y de la formación Guaduas.

- Encontrar diferencias de comportamiento que explique la existencia de procesos de remoción en masa activos e inactivos.

Lo cual permitirá formular el modelo geológico geotécnico. Para esto, se planteó exploración directa por medio de sondeos mecánicos, sondeos manuales, apiques y trincheras; y exploración indirecta por medio de líneas de refracción sísmica.

Como complemento a los ensayos directos e indirectos realizados, sobre las muestras extraídas en los sondeos se están llevando a cabo pruebas de laboratorio para clasificación básica de materiales y ensayos enfocados a la determinación de parámetros de clasificación y resistencia que permitan clasificar y determinar el comportamiento geomecánico de los materiales presentes en profundidad.

Es necesario mencionar que parte de la exploración tuvo enfoque particular a la ladera donde se ubica colegio Los Pinos; por esta razón se busca determinar el espesor correspondiente a suelos de relleno y/o suelos residuales a los cuales se encuentre asociado el proceso de remoción en masa que actualmente se está presentando en la zona de estudio.

Colegio los Pinos

De la exploración planteada, se realizaron 5 sondeos y 2 líneas de refracción sísmica (LRS) en los alrededores del Colegio Los Pinos (Sondeos S9, S10, S11, S12, SB) para verificar las intervenciones analizadas en la información secundaria (análisis multitemporales cartográficos): implantación del colegio en corte – relleno, lo cual implica una diferencia de rigidez en el material de fundación de los bloques del colegio, específicamente del bloque oriental los cuales se ubica según análisis preliminar sobre rellenos de espesor máximo de 5 m. Los resultados se explican más adelante.

En esta zona los sondeos tuvieron las mayores profundidades de exploración, hasta 20 m de profundidad a fin de identificar el espesor de los estratos de subsuelo e identificar si el colegio se encuentra sobre suelos de relleno, tal como se supuso inicialmente mediante el análisis cartográfico multitemporal de los perfiles con las diferentes épocas.

Resto del área

Para el resto de la zona de estudio y según lo observado en la visita de reconocimiento, donde se evidencian movimientos localizados de las laderas adyacentes a la quebrada, la exploración planteada buscó verificar las características físicas y de resistencia de los suelos y rellenos presentes en el área de estudio.

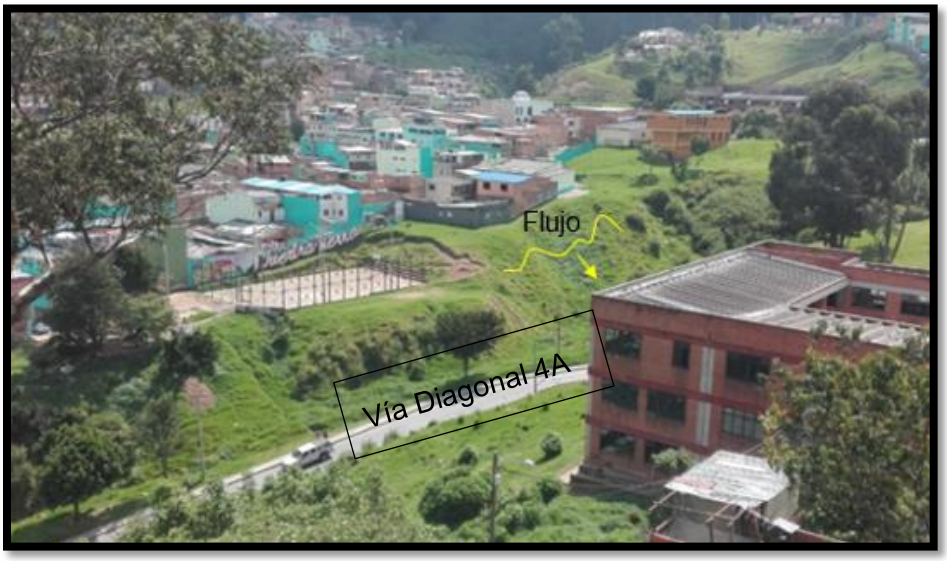


Ilustración 8-1. Localización de flujo al margen izquierdo de la quebrada Chorrerón
Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 8-1, presenta una vista general del área de estudio, en donde se presentan algunos movimientos de ladera como es el caso del flujo localizado en la margen derecha de la quebrada el Chorrerón, para conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo en estos sectores, se distribuyeron los sondeos por las laderas de toda el área de estudio para posterior análisis de estabilidad en el polígono de estudio. Los sondeos alcanzaron profundidades entre 10 m y 20 m, en todos se sobrepasó los materiales de relleno o suelo residual profundizándose mínimo 3 m en roca o depósito fluvioglaciar, según correspondía.

En el mapa 9, Mapa de exploración geotécnica, se presenta la localización de los sondeos junto con un cuadro de coordenadas y profundidad de cada uno de ellos.

8.2 EXPLORACIÓN DIRECTA Y PRUEBAS DE CAMPO

Mecánicas con equipo que permite avance por percusión, lavado y rotación, 1 sondeo con equipo manual, 15 apiques y 1 trinchera. La exploración se llevó a cabo en dos fases, de la siguiente forma:

- Primera fase: 21 sondeos y (1) una trinchera inicialmente planteados en las laderas del área de estudio para conocer la distribución de materiales.

- Segunda fase: 15 apiques para toma de muestra y 4 sondeos mecánicos para verificación de la posibilidad de existencia de un depósito de pendiente.

Las profundidades de exploración fueron inicialmente planteadas en 18 m, esta profundidad varió en la actividad de campo, dependiendo directamente de la profundidad a la cual se encontró el material rocoso, es decir una vez se identificó la roca en cada una de las perforaciones, se avanzó aproximadamente 5 m adicionales.

El criterio usado para identificación de materiales rocosos fue el rechazo en el ensayo de SPT más el recobro de muestras continuas; si dicho rechazo se encontraba antes de los 6 metros de profundidad, se procedía a avanzar mínimo 3 metros en roca o hasta encontrar aumento del recobro.

La Tabla 8.1, presenta la ubicación de los sondeos, apiques, líneas sísmicas (Ver Mapa 9, Mapa de exploración Geotécnica. El anexo 2, presenta los registros de perforación individuales para los sondeos en mención.

Tabla 8.1. Coordenadas localización de sondeos y observaciones

Nombre	Tipo	Coordenadas (origen Bogotá)		Profundidad (m)	Nivel freático
		Este	Norte		
S 01	MECÁNICO	101075,11	98959,87	15	Nivel Freático = 4.5 m
S 02	MECÁNICO	101135,50	98994,33	15	Nivel Freático = 2.5 m
S 03	MECÁNICO	101159,27	99031,12	9	Nivel Freático = 3.7 m
S 04	MECÁNICO	101151,36	99072,48	10	Nivel Freático = 3.0 m
S 05	MECÁNICO	101124,88	99099,71	11	Nivel Freático = 4 m
S 06	MECÁNICO	101121,33	99070,77	11	Nivel Freático = 2 m
S 07	MECÁNICO	101092,82	99062,84	8.8	No se reportó
S 08	MECÁNICO	101073,92	99025,70	13	No se reportó
S 09	MECÁNICO	100997,50	99027,20	15.5	Nivel Freático = 4.5 m
S 10	MECÁNICO	101006,46	99064,87	19.5	No se reportó
S 11	MECÁNICO	101027,39	99086,87	19.5	No se reportó
S 12	MECÁNICO	101041,56	99079,98	20	No se reportó
S 13	MECÁNICO	101050,40	99099,10	14.5	No se reportó
S 14	MECÁNICO	101065,24	99156,99	19	No se reportó
S 15	MECÁNICO	101044,22	99140,25	16.5	Nivel Freático = 12 m
S 16	MECÁNICO	101035,63	99126,81	11	Nivel Freático = 0.1 m
S 17	MECÁNICO	101006,30	99114,35	11	Nivel Freático = 5.5 m
S 18	MECÁNICO	100974,80	99086,75	14	No se reportó
S 19 - M1	S. MANUAL	100926,57	99058,48	5	No se reportó
S 20	MECÁNICO	101046,39	99179,65	11	No se reportó
S 21	MECÁNICO	101091,38	99114,29	10.5	Nivel Freático = 2 m
S A	MECÁNICO	101019,00	98993,26	10	No se reportó
S B	MECÁNICO	100996,99	98960,46	11	No se reportó
S C	MECÁNICO	100960,48	98949,82	11	No se reportó
S D	MECÁNICO	101014,69	99076,11	9	Nivel Freático = 3 m
T 1	T1 Trinchera	100968	99055,7	1.5	No se reportó
A1	A1 Apique	101040,2	99173,9	1.5	No se reportó
A2	A2 Apique	101022,2	99139	0.25	No se reportó
A3	A3 Apique	101014,9	99119,2	1.5	No se reportó
A4	A4 Apique	101038,2	99116,5	1.5	No se reportó
A5	A5 Apique	101040,4	99083,8	1.5	No se reportó
A6	A6 Apique	101063,6	99153,6	1.5	No se reportó
A7	A7 Apique	101090,5	99111,4	1.5	No se reportó
A8	A8 Apique	101077,8	99029,5	1.5	No se reportó
A9	A9 Apique	101113,1	99048,7	1.5	No se reportó
A10	A10 Apique	101163,7	99051,3	1.5	No se reportó
A11	A11 Apique	101141,1	98999,8	1.5	No se reportó
A12	A12 Apique	101075,8	98962,2	1.5	No se reportó
A13	A13 Apique	100932,2	99061,6	1.5	No se reportó
A14	A14 Apique	100972,1	99095,2	1.5	No se reportó
A15	A15 Apique	101003,2	99043,7	1.5	No se reportó

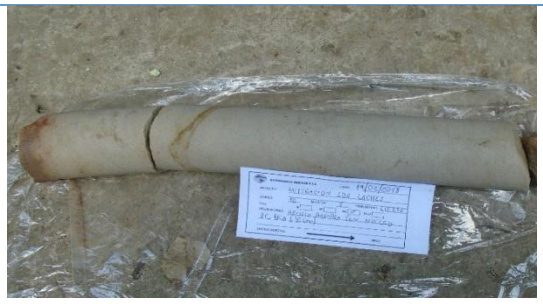
Fuente: Elaboración propia

Nota: El nivel freático registrado corresponde a una acumulación superficial de agua, por tanto, conforme avanza la exploración este se disipa.

NR= No se reportó nivel freático.

A continuación, la Tabla 8.2, presenta el valor de RQD de los materiales de roca encontrados, así como un registro fotográfico de los mismos.

Tabla 8.2.Registro RQD

ID	RQD (%)	Registro Fotográfico
S 02	M3 = 11 %	
	M5 = 42 %	
S 10	M8= 72 %	

S 14	M6 = 19 %	
S 15	M3 = 13 %	
	M6 = 75 %	
S 16	M6 = 69.5 %	
S 20	M3 = 19 %	

Fuente: Elaboración propia

En las perforaciones se prestó especial atención en registrar y reconocer las características y diferencias de espesor y distribución de los suelos superficiales, rellenos, roca altamente meteorizada y roca; diferencias de características mecánicas entre los materiales expuestos en el talud y los no expuestos; ubicación de niveles freático 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 8,8 m y los 20.0 m y sobre ellas se realizó el registro continuo de perfil estratigráfico (Ver Mapa 11), 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.

La descripción de campo de los materiales rocosos incluyo, textura, color, RQD, tal como se presenta en el anexo 2.

Además, se cuenta con la exploración de información secundaria de ejecutada por JAM, (2009), e IGR (2006), la cual permite complementar la información primaria. En la Tabla 8-3, se presenta un resumen de los sondeos de información secundaria.

En total, se cuenta con 8 sondeos, los cuales se muestran en la Ilustración, y los cuales se considera que la información obtenida es adecuada para el análisis de amenaza por movimientos en masa del presente estudio. (Ver Mapa 9 de exploración geotécnica).

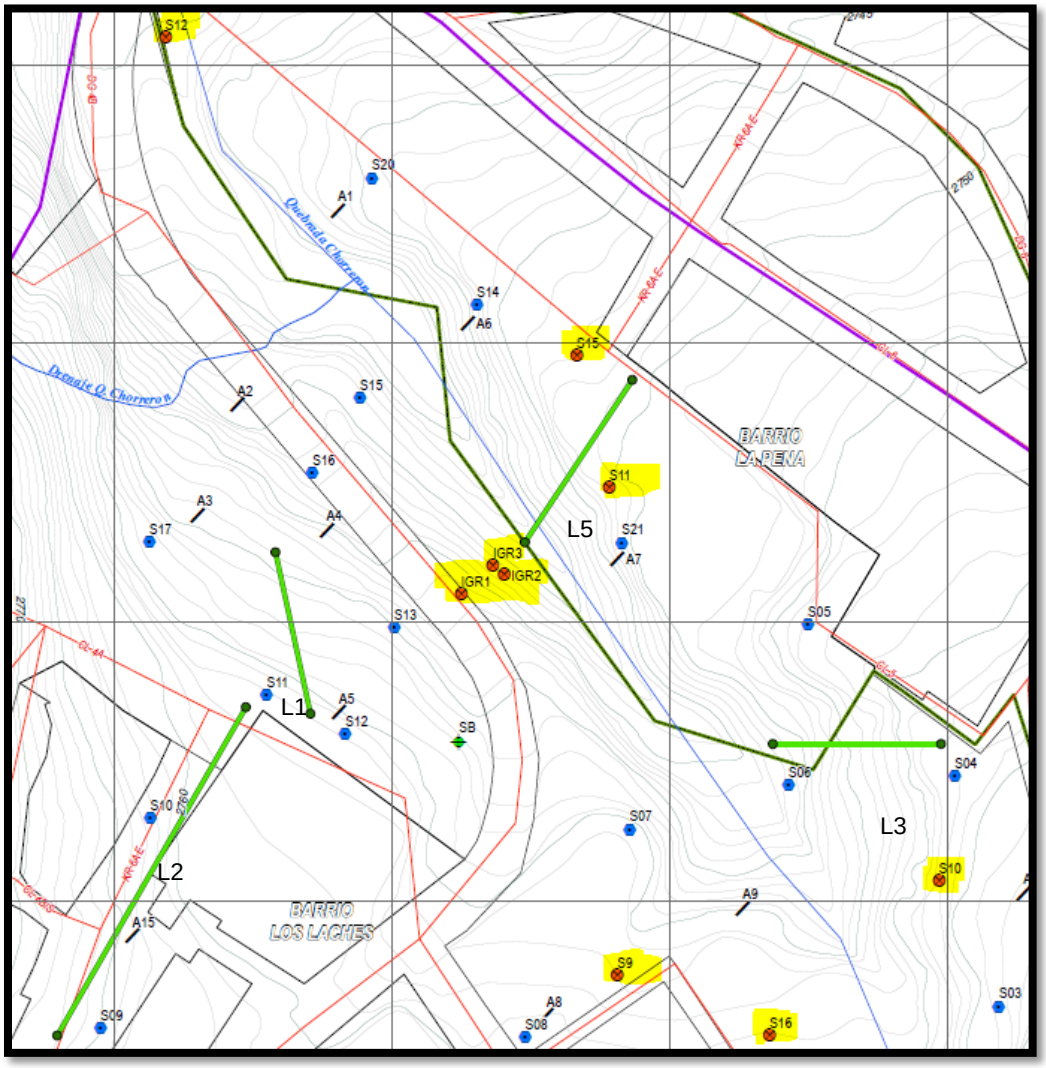


Ilustración 8-2. Localización Sondeos información secundaria IGR 2006, JAM 2009.

En los 8 sondeos de información secundaria, no se reporta nivel freático y se identifican 3 tipos de materiales los cuales corresponden a:

- Relleno arcilloso
- Depósito Fluviotorrencial
- Suelo residual compuesto por arcilla de color café y amarillo

Estos materiales que se identificaron, para efectos del presente estudio, corresponde a la nomenclatura M1, M3 y M4 respectivamente.

Tabla 8.3. Sondeos información secundaria.

SONDEO	Prof. Promedio [m]	ID MATERIAL	MATERIAL	SPT, N(1)60 [golpes/pie]
IGR 1	1,23	1	Relleno arcilloso	5
IGR 1	2,23	1	Relleno arcilloso	11
IGR 1	3,23	1	Relleno arcilloso	6
IGR 1	4,23	3	Depósito fluvio - torrencial	39
IGR 1	4,75	3	Depósito fluvio - torrencial	
IGR 1	5,65	3	Depósito fluvio - torrencial	
IGR 1	6,90	3	Depósito fluvio - torrencial	
IGR 2	1,23	1	Relleno arcilloso	5
IGR 2	2,23	1	Relleno arcilloso	8
IGR 2	3,23	1	Relleno arcilloso	9
IGR 2	4,65	3	Depósito fluvio - torrencial	
P - 9	0,70	1	Relleno café arcilloso con fragmentos de arenisca	
P - 9	1,03	1	Relleno café arcilloso con fragmentos de arenisca	20
P - 9	1,48	4	Relleno café arcilloso con fragmentos de arenisca	31
P - 9	1,93	4	Arcilla café con manchas de oxido	19
P - 9	2,38	4	Arcilla café con manchas de oxido	15
P - 9	2,83	4	Arcilla de color amarillo con manchas de oxido	25
P - 9	3,28	4	Arcilla de color amarillo con manchas de oxido	33
P - 9	3,73	4	Arcilla café con manchas de oxido	39
P - 9	4,18	4	Arcilla café con manchas de oxido	
P - 10	0,80	1	Relleno café arcilloso con vetas habanas	
P - 10	1,13	4	Arcilla café clara habana	44
P - 10	1,58	4	Arcilla café clara habana	
P - 10	2,03	4	Arcilla café clara habana	60
P - 10	2,48	4	Arcilla café clara habana	63
P - 10	2,93	4	Arcilla café clara habana	75
P - 10	3,38	4	Arcilla café clara habana	
P - 11	0,90	1	Relleno café arcilloso con fragmentos de arenisca	
P - 11	1,23	1	Arcilla rojiza manchas habanas	5
P - 11	1,68	1	Arcilla rojiza manchas habanas	
P - 11	2,13	1	Arcilla rojiza manchas habanas	
P - 11	2,50	1	Arcilla rojiza manchas habanas	
P - 11	2,88	4	Arcilla café clara con manchas grises	
P - 11	3,33	4	Arcilla café clara con manchas grises	
P - 11	3,78	4	Arcilla café clara con manchas grises	20

SONDEO	Prof. Promedio [m]	ID MATERIAL	MATERIAL	SPT, N(1)60 [golpes/pie]
P - 11	4,23	4	Arcilla café clara con manchas grises	15
P - 11	4,68	4	Arcilla café clara con manchas grises	12
P - 11	5,58	4	Arcilla gris con vetas amarillas	32
P - 11	6,28	4	Arcilla gris con vetas amarillas	
PT- 12	0,70	1	Relleno café arcilloso	
PT- 12	1,03	1	Relleno café arcilloso	30
PT- 12	1,43	1	Relleno café arcilloso	38
PT- 12	1,83	4	Arcilla café	
P - 15	0,23	1	Arcilla habana limosa	17
P - 15	0,68	1	Arcilla habana limosa	13
P - 15	1,15	1	Arcilla habana limosa	
P - 15	1,65	4	Arcilla habana limosa - gris oscura	
P - 15	2,13	4	Arcilla gris oscura	12
P - 15	2,58	4	Arcilla gris oscura	14
P - 15	3,05	4	Arcilla habana vetas cafés	
P - 15	3,55	4	Arcilla habana vetas cafés	
P - 15	4,05	4	Arcilla habana - gris oscura	
P - 15	4,45	4	Arcilla gris oscura	54
P - 15	5,10	4	Arenisca habana	
P - 16	0,23	1	Relleno café limoso	7
P - 16	0,68	1	Relleno café limoso	12
P - 16	1,13	1	Relleno café limoso	12
P - 16	2,58	1	Arcilla habana vetas grises	14
P - 16	4,03	1	Arcilla habana vetas grises	20
P - 16	5,30	3	Gravas de arenisca	

Fuente: IGR – JAM INGENEIRÍA

A continuación, en la Ilustración 8-3 se presenta el registro fotográfico de algunos de los materiales identificados que se relacionan en la Tabla 8-3.

	
Afloramiento de areniscas de la formación Cacho.	Relleno antrópico
	
Afloramiento depósito Fluvio torrencial	Afloramiento depósito Fluvio torrencial

Ilustración 8-3. Registro fotográfico Materiales identificados Información secundaria. Fuente: IGR 2006.

8.2.1 Verificación de cantidades de sondeos

Los sondeos ejecutados involucraron materiales tipo suelo, depósito y roca. La profundidad fue determinada por el avance de la perforación y los materiales encontrados: como mínimo se profundizó tres (3) metros en roca meteorizada y en su mayoría se profundizó hasta encontrar la roca en mejor estado. En la Tabla 8-4 se presenta un resumen de los metros de perforación en suelo y roca.

Tabla 8.4. Cantidades de exploración directa

Sondeo	Suelo	Depósito o Roca	Total
S 01	4,0	11,0	15,0
S 02	3,75	11,25	15,0
S 03	3,5	5,5	9,0
S 04	1,0	9,0	10,0
S 05	2,0	9,0	11,0
S 06	3,0	8,0	11,0
S 07	5,0	3,8	8,8
S 08	6,5	6,5	13,0
S 09	10,5	10	20,5
S 10	8,0	11,5	19,5
S 11	17,0	2,4	19,4
S 12	17,0	3,3	20,3
S 13	9,9	4,6	14,5
S 14	4,5	14,5	19
S 15	2,1	14,4	16,5
S 16	2,0	9,0	11,0
S 17	6,5	6,0	12,5
S 18	4,5	10,5	15,0
S 19-M1	5,0	0,0	5,0
S 20	1,5	9,5	11,0
S 21	4,5	6,0	10,5
S A	3,0	7,0	10,0
S B	5.2	5.5	10.7
S C	5,0	6,0	11.0
S D	4,0	5,0	9,0
TOTAL	**138,95**	**189,25**	**328,2**

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 Resultados de la exploración directa

La información recopilada en campo fue analizada a la luz de la existencia de suelos superficiales antrópicos o residuales, depósitos de pendiente, y roca (modelo geológico). En la ilustración 8-4 se resumen los materiales encontrados en las perforaciones. La descripción y características de los materiales se presentan en el numeral de caracterización geotécnica.

Es importante especificar que el material cuya nomenclatura es M1, corresponde a todos los materiales que se encontraron en superficie, por tanto, se identificaron diferentes tipos de relleno y se zonificaron con base a su descripción en campo y a sus características geomecánicas, como se muestra a continuación.

DESCRIPCIÓN DE RELLENOS Y MATERIALES		
M 1.1	Relleno	Relleno: Basura, escombros, ladrillo, bolsas y/o caucho.
M 1.2	Relleno	Arcilla limosa color café
M 1.3	Relleno	Arcilla limosa color pardo con oxidación
M 1.4	Relleno	Arena limo arcillosa con tierra negra y raices
M 1.5	Relleno	Limo arenoso oscuro y cambia a limo arcilloso color café claro
M 1.6	Relleno	Arcilla limo arenosa color gris con tonos rojos y oxidación.
M2	Suelo arenoso	Arena color blanco con presencia de suarzo
M3	Depósito Fluviotorrencial (Arenisca cuarzosa)	Bloques de arenisca de color blanco con cuarzo en matriz arenosa.
M4	Suelo residual	Arcilla limosa de color café oscuro de plasticidad media, humedad baja y de consistencia medianamente firme.
M5	E1g. Arcillolita Formación Guaduas	Arcillolita de color rojizo, con algunas vetas gris y verdes e intercalaciones de gravas de arenisca.
M6	E1c. Arenisca de la formación Cacho	Arenisca de color blanco con cuarzo.
M7	Depósito de pendiente	Limo arenoso color café claro, con niveles ocasionales de arenisca de menor tamaño y vetas de oxidación.
M8	Depósito de pendiente	Arena arcillosa y arcilla limosa con intercalaciones de bloques de arenisca
M9	E1c. Suelo arcilloso con niveles ocasionales de arenisca de la formacion Cacho	Arcilla de color amarillo con vetas color gris con niveles ocasionales de arenisca de menor tamaño.
M10	Depósito Fluviotorrencial, con arenisca color café	Bloques de arenisca color café oscuro con vetas blancas y de oxidación.
M11	E1c. Suelo limoso de la formación cacho	Limo orgánico color café claro, con gravas finas, pocas raíces, sin humedad, sin plasticidad, y consistencia blanda
M12	E1c. Suelo limo arenoso de la formación cacho	Limo arenoso color amarillo con vetas de color gris, vetas de oxidación, humedad baja, plasticidad baja y compacidad densa.

Ilustración 8-4. Descripción de materiales.
Fuente: Elaboración propia.

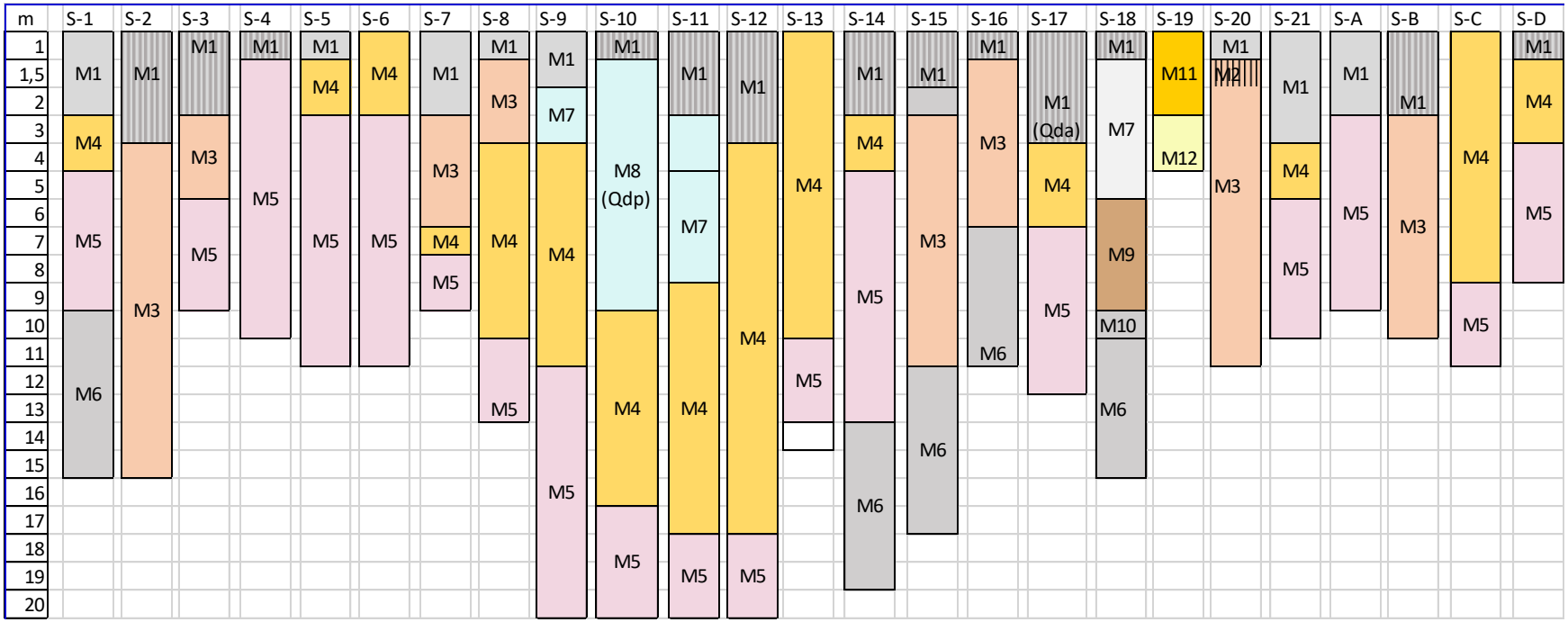


Ilustración 8-5. Resultados exploración directa- Materiales
Fuente: Elaboración propia.

8.2.3 Ensayo de penetración estándar SPT

Los resultados del ensayo de campo SPT obtenidos de los sondeos realizados, son analizados para determinar un valor de referencia de la resistencia de los materiales presentes en el subsuelo dentro del polígono de estudio, La ilustración presenta los valores obtenidos de N campo (golpes/pie) con la profundidad para aquellas muestras donde N campo < 50 (golpes / pie).

8.2.3.1 N CAMPO (Golpes/pie) – Ladera Colegio los Pinos

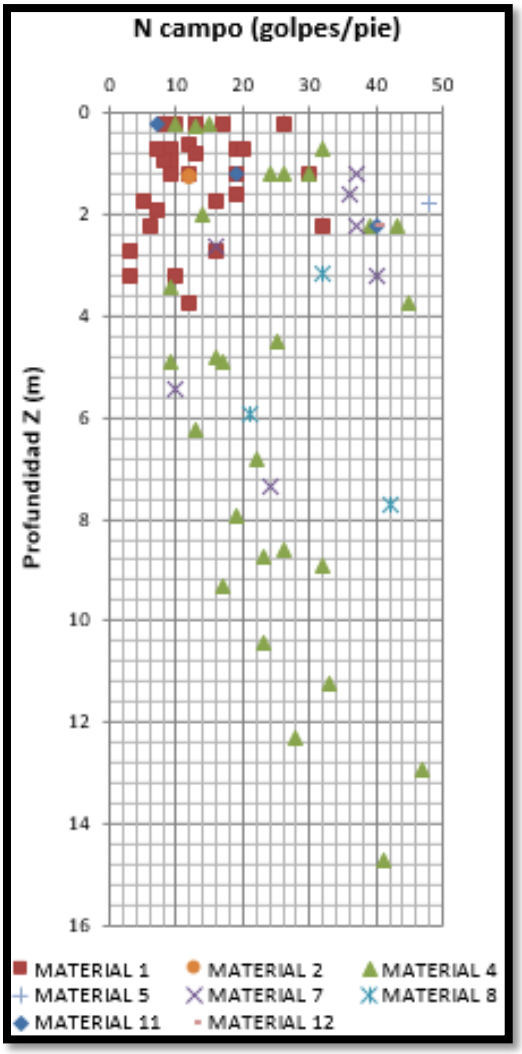


Ilustración 8-6. N campo (Golpes/pie)
Fuente: Elaboración propia.

Material 1. Relleno compuesto por limo orgánico.

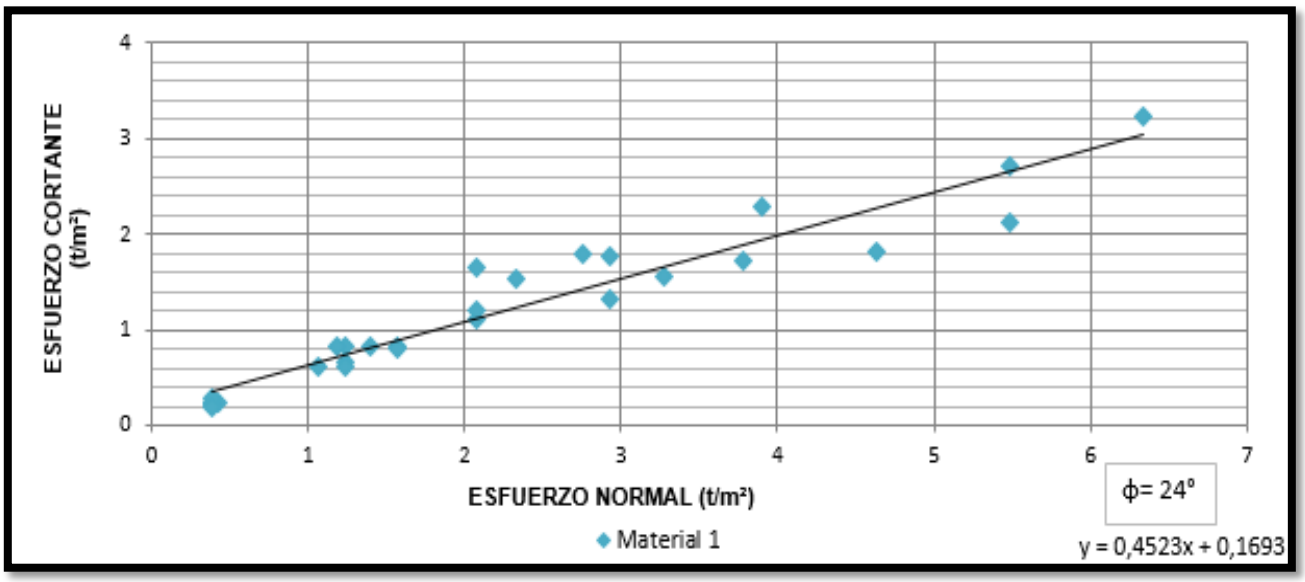


Ilustración 8-7. Determinación parámetros de resistencia Material 1.
Fuente: Elaboración propia.

Material 4, Suelo residual compuesto por arcilla limosa de color café oscuro.

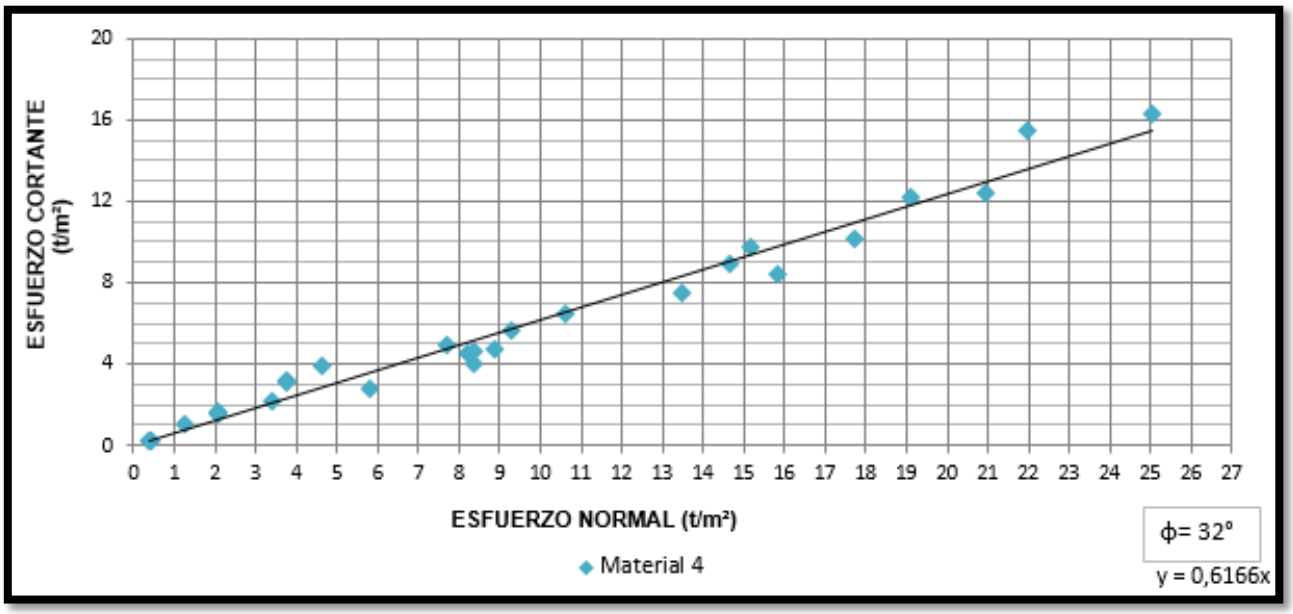


Ilustración 8-8 Determinación parámetros de resistencia Material 4
Fuente: Elaboración propia.

Material 7. Limo arenoso color café claro.

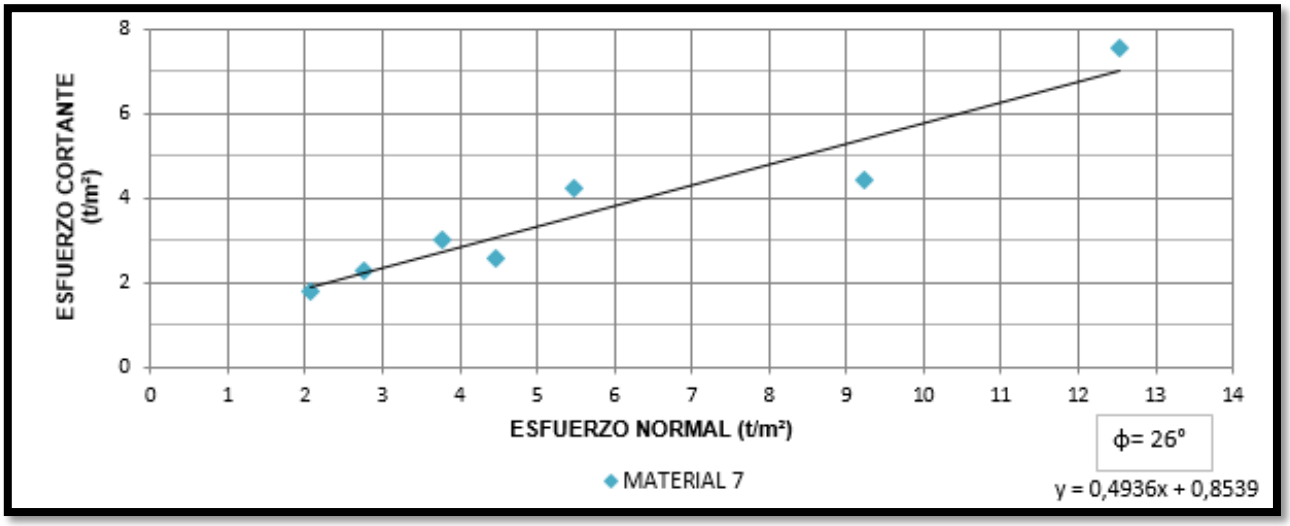


Ilustración 8-9 Determinación parámetros de resistencia Material 7.
Fuente: Elaboración propia.

Material 8. Arena arcillosa con intercalaciones de bloques de arenisca.

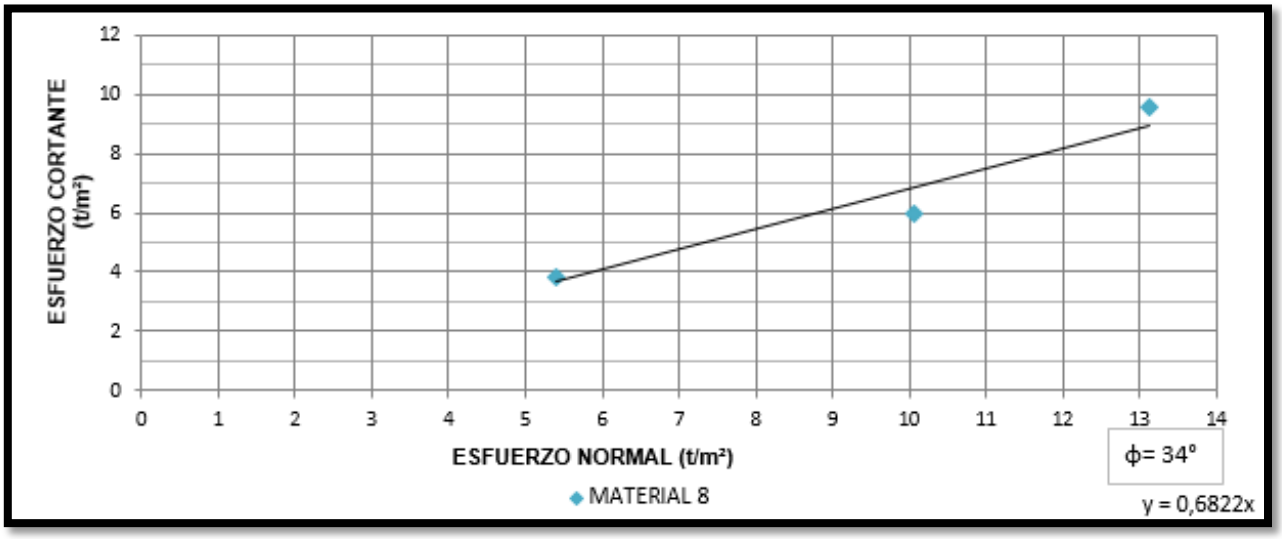


Ilustración 8-10 Determinación parámetros de resistencia Material 8.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta los valores de resistencia encontrados por medio de la metodología con SPT.

Tabla 8.5. Resumen parámetros de resistencia

Material	Ángulo de fricción (°)	Cohesión (kN/m^2)
Material 1	24 °	1.7
Material 4	32 °	6.2
Material 7	26 °	8.5
Material 8	34 °	0

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 8.5, presenta los valores de resistencia en términos de los parámetros de resistencia al corte (ángulo de fricción ϕ'), y en función del N campo (golpes/pie) usando la metodología de González (1999), con el propósito de tener un valor de referencia de la resistencia al corte obtenido del ensayo de penetración estándar SPT.

Estos valores determinados se validan con información de ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas en el trabajo de exploración de campo. Se observa que en el caso del material 4, el cual corresponde a suelo residual compuesto por arcilla limosa de color café y de consistencia medianamente firme, el ángulo de fricción obtenido con la metodología corresponde a 32°.

En el presente análisis se aclara que aunque en la literatura el parámetro de resistencia más representativo de los suelos arcillosos es la cohesión y el de las arenas es el ángulo de fricción, al implementar la metodología de Gonzales (1999) el parámetro representativo de la resistencia de los materiales está en función de la resistencia de campo N (golpes/pie); y debido a que las correlaciones propuestas en la metodología fueron obtenidas con materiales granulares para los cuales c'=0, el parámetro representativo de la resistencia del material es el ángulo de fricción.

En el **anexo 3 Memorias de cálculo,** se presenta la tabla resumen de corrección de N del ensayo de penetración estándar y los diagramas de esfuerzo normal vs esfuerzo cortante donde se infirió la resistencia de los materiales en términos del ángulo de fricción del material.

8.2.4 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 del ensayo de penetración estándar, muestras bloque de los apiques, núcleos de la roca altamente o parcialmente meteorizada con un grado de meteorización de II a IV en la escala ISRM 1981. La arcillolita presentó un grado de meteorización II (Ligeramente meteorizada), en donde se presentaron arcillolitas abigarradas producto de la decoloración debida a la presencia de agua; la arenisca presentó un grado de meteorización I y II, siendo I (Roca Fresa), en los sondeos donde inclusive se logró extraer núcleos de longitud aproximadamente a 2 m de roca intacta; respecto al depósito fluviotorrencial presentó un grado de meteorización alto IV, donde se encontraron núcleos de roca arenisca embebidos en una matriz areno arcillosa.

Las muestras obtenidas se identificaron visualmente y con base en la estratigrafía se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, el cual consistió en la ejecución de pruebas para clasificación (límites de consistencia, granulometrías y lavado sobre tamiz No 200), determinación del contenido de humedad natural, peso unitario, compresión simple, corte directo, carga puntual y consolidación. En la Tabla 8.6, se presentan las cantidades de ensayos.

Tabla 8.6. Cantidades ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	Términos	Realizados
PESO UNITARIO PESO/VOLUMEN	20	53
HUMEDAD NATURAL	44	52
GRAVEDAD ESPECÍFICA	25	7
LIMITES DE ATTERBERG	30	48
GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	15	11
LAVADO SOBRE TAMIZ 200		15
CONSOLIDACIÓN	15	0
CARGA PUNTUAL	10	7
CORTE DIRECTO	15	15
COMPRESIÓN INCONFINADA Y SIMPLE EN ROCA	30	8 y 2

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 4, se presenta los ensayos de laboratorio y el anexo 5 presenta la Tabla de caracterización con la compilación de ensayos realizados.

Es importante resaltar, que una vez realizado el modelo geológico geotécnico, se encontró similitud entre los materiales inicialmente descritos y presentes en la Ilustración 8-5, por tanto, los materiales identificados inicialmente como M8 (Limo arenoso color café claro con intercalaciones de bloques de arenisca.) y M9 (Arena arcillosa con intercalaciones de bloques de arenisca.), corresponden a la unidad denominada depósito de pendiente Qdp que se encuentra presente en la parte de atrás de la institución educativa los Pinos. (Ver Mapa 2)

Por otro lado, el material M10 correspondiente a “Bloques de arenisca color café oscuro con vetas blancas y de oxidación”, encontrado en el sondeo No 18 y que se ilustra más adelante en el Perfil geotécnico No 8, se encuentra sobre la arenisca de la formación Cacho, (Unidad E1C en Mapa 2), y por ello, ésta arenisca del material M10, corresponde a la arenisca M6.

A continuación, se presenta en la Ilustración 8-11, el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados y presentados en el anexo 4 y anexo 5, para cada uno de los materiales identificados en los sondeos que se presentan en la Ilustración 8-5.

De igual forma, en la Ilustración 8-12, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio de los rellenos superficiales encontrados en la zona de estudio y que se zonifican más adelante en la Tabla 8-8.

Nota Aclaratoria de anexo 5: En el anexo 5, en la casilla de material, el material se identifica con un numero entero entre 1 a 12, los cuales corresponde a los materiales M1 a M12, descritos en la ilustración 8-4 e ilustración 8-5, ahora bien, para brindar mayor claridad a las tablas resumen que se muestran en la Ilustración 8-11 e Ilustración 8-12, se ha colocado no solo a que material corresponde M1 – M12. Sino una leve descripción, por ejemplo, M4, corresponde a suelo residual de arcillolita.

Ilustración 8-11 Resumen de parámetros de materiales identificados en exploración.

														Inconfinada	Corte directo		Compresión Simple	Carga Puntual
Suelo	Prof. [m]	ωn [%]	γt [t/m³]	γd [t/m³]	T200	LL [%]	LP [%]	IP [%]	CU	Gs	% Finos	S (%)	e	qu [t/m²]	Ø'	C	qu [t/m²]	qu [t/m²]
M2, Suelo Arenoso	1.18	19.25	1.91	1.67		57.0	20.5	36.5										
M3, Qft	5.86	23.16	2.07	1.70	12	68.0	21.0	47.0			11.2							8880
M4, Suelo Residual	7.2	25.34	2.01	1.64	80.3	60.5	20.3	40.3	7.2	2.77	64.47	96.14	0.66	14.40	26.05	3.4		
M5, Arcillolita	10.1	18.04	2.17	1.86		56.89	19.0	37.9	6.6	2.81	36.65	91.86	0.73	13.23			2390	9929
M6, Arenisca	12.5																	16371
M7, Qdp	2.8	13.81	1.67	1.47	56						44.45							
M8, Qdp	5.6	21.15			50.5	78	22.0	56.0									10670	
M9, Suelo Arcilloso	7.0	20.5	2.00	1.60	94	27	18.0	9.0										
M 10,	12																	4754
M11, Suelo limoso	0.73		1.96												31	1.9		
M12, Suelo Limo arenoso	3.23		1.96												31	1.9		

Ilustración 8-12 Resumen de parámetros de los rellenos.

Se identificaron 6 tipos de rellenos, cuyos parámetros se resumen a continuación.

TABLA RESUMEN, RESISTENCIA DE RELLENOS		C	Ø'[º]	γt (kN/m3)
M 1.1	Relleno: Basura, escombros, ladrillo, bolsas y/o caucho.	1.64	28	1.8
M 1.2	Arcilla limosa color café	1.9	31	1.96
M 1.3	Arcilla limosa color pardo con oxidación	3.2	29.40	1.93
M 1.4	Arena limo arcillosa con tierra negra y raices	1.2	34	1.9
M 1.5	Limo arenoso oscuro y cambia a limo arcilloso color café claro	3.4	25.00	1.90
M 1.6	Arcilla limo arenosa color gris con tonos rojos y oxidación.	3.7	17	1.9

8.3 EXPLORACIÓN INDIRECTA

Se ejecutaron 5 líneas de refracción sísmica que permitieron obtener información de los materiales existentes en el subsuelo, relacionando la velocidad de las ondas P medida en campo de las materiales in situ con la condición geológica existente en la zona. Dichas líneas se ubicaron estratégicamente para conocer la distribución de materiales con profundidad, y tuvieron longitudes entre 30 y 70 metros en arreglo de geófonos cada 2 a 4 metros para garantizar el detalle del perfil de velocidades.

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 compresión 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 8.7, 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 8.7. Exploración del subsuelo por métodos indirectos

LINEA	Coordenadas				Longitud (m)
	Este	Norte	Este	Norte	
L1	101029,00	99112,55	101035,33	99083,57	35
L2	100989,75	99025,89	101023,67	99084,79	65
L3	101148,89	99078,16	101118,59	99078,16	35
L4	100980,49	99063,21	100965,61	99094,74	35
L5	101073,96	99114,33	101093,27	99143,42	35

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de cambios de velocidad de cuerpo en el perfil se correlaciona con los materiales observados en los sondeos y trincheras y con las unidades geológicas superficiales como se muestra a continuación. Vale la pena resaltar que dada la precisión de la línea sísmica se presentan diferencias en espesores del orden de 0,5 m.

En el Mapa 9, Mapa de exploración geotécnica, se presenta el plano de localización de las líneas sísmicas, y el **anexo 6** presenta el informe de geofísica.

8.3.1 Línea L1

Esta línea está ubicada en la ladera del Colegio Los Pinos y muestra una sucesión de capas blandas sobre rígidas, la línea de refracción sísmica 1, se ubicó cerca de los sondeos S11 y S16, donde se puede observar los primeros metros asociados posiblemente al relleno antrópico, seguido de una delgada capa limo arenosa que se ubicada sobre suelos arcillosos de consistencia media a firme, finalmente se encuentra la Arcillolita a 18 m aproximadamente desde la abscisa cero del perfil de la Ilustración 8-13.

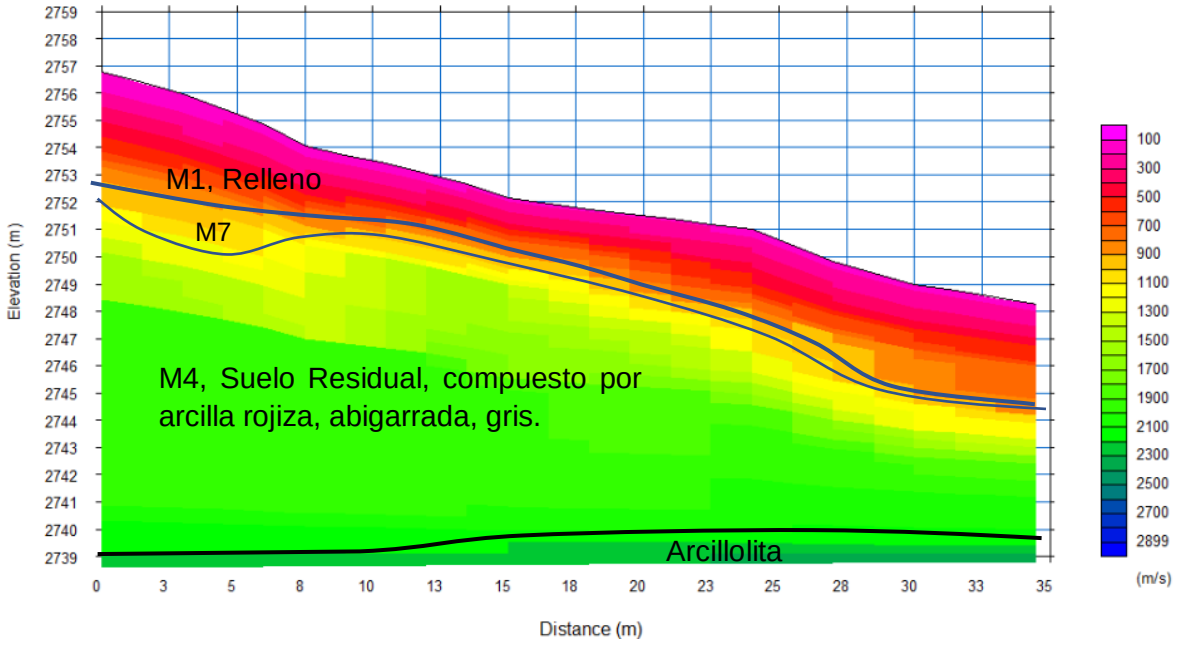


Ilustración 8-13. Línea de refracción sísmica 1
Fuente: Elaboración propia.

8.3.2 Línea L3

Esta línea se ubica en la parte oriental del área de estudio, en la margen derecha de la quebrada Chorrerón y muestra suelos superficiales de baja rigidez posiblemente asociados a relleno o suelos residuales, ubicados sobre arcillolita meteorizada de color gris, con intercalaciones de arenisca de espesores variable. Se denota además zonas de mayor dureza en la roca, posiblemente asociada a areniscas (donde el espesor de suelo es menor).

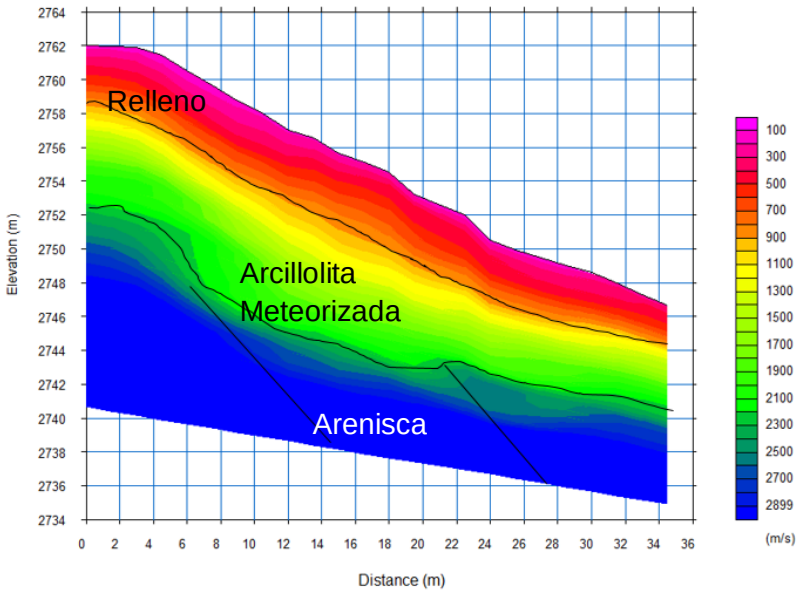


Ilustración 8-14. Línea de refracción sísmica 3
Fuente: Elaboración propia.

8.3.3 Línea L4

En esta línea se observa un cambio importante de rigidez en vertical, ya que esta línea se ubica en cercanías al cambio entre la formación cacho y la formación Guaduas.

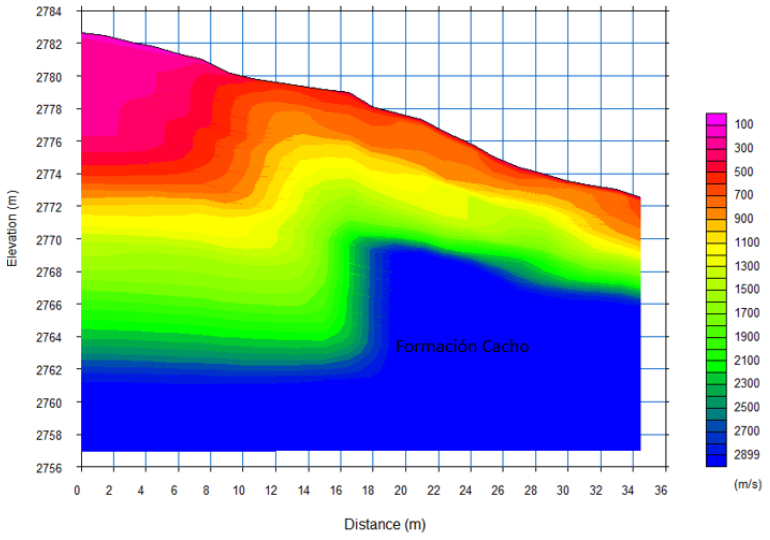


Ilustración 8-15. Línea de refracción sísmica 4
Fuente: Elaboración propia.

8.3.4 Línea L5

En esta línea se observa la presencia de suelos superficiales: rellenos en magenta y residuales en rojo, para luego encontrar una capa de Arcillolita de rigidez media que suprayace a una capa de arenisca (azul) vidente a 6 metros aproximadamente por debajo del nivel actual en el que se encuentra el cauce de la quebrada Chorrerón.

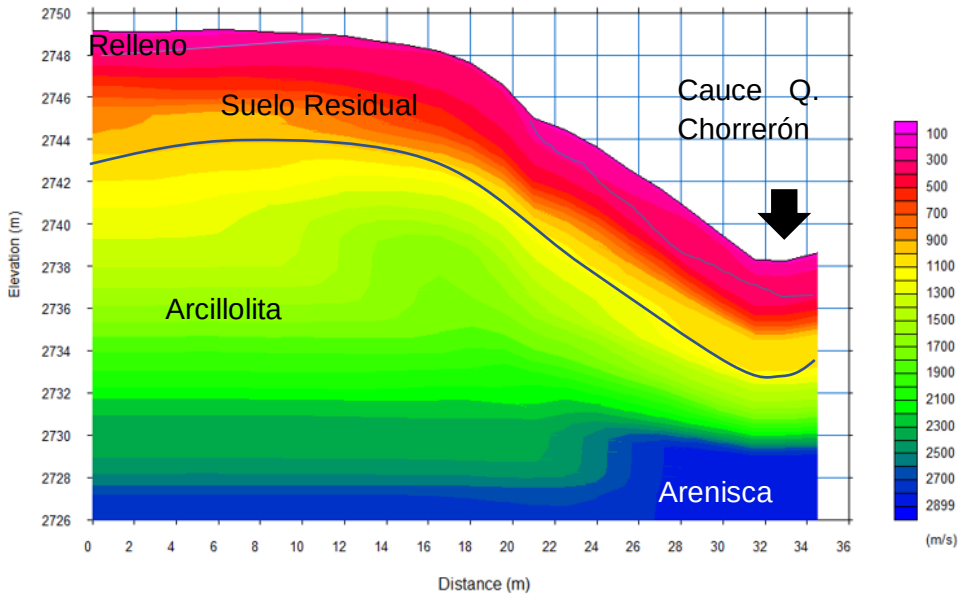


Ilustración 8-16. Línea de refracción sísmica 5
Fuente: Elaboración propia.

Nota: El espesor del relleno es de 1 m a 2 m y suelo residual de hasta 5 m de espesor.

8.4 NIVELES DE SUELO IDENTIFICADOS Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Basados en toda la información recolectada y producida en el presente estudio, teniendo en cuenta principalmente los resultados de laboratorio realizados, se realizó la clasificación de los materiales existentes en profundidad. En total se encontraron 12 materiales, los cuales reciben la nomenclatura de M1 a M12. A continuación en la Tabla 8.8, se presenta la descripción de los geomateriales identificados.

Tabla 8.8. Listado nomenclatura de los geomateriales.

Geo mat		Descripción
M1	Suelo arenoso	Relleno compuesto por limo orgánico de alta humedad, con intercalaciones de gravas finas.
M2	Depósito Fluviotorrencial (Arenisca cuarzosa)	Suelo residual compuesto por arena de color blanco, con presencia de cuarzo y mica.
M3	Suelo residual	Depósito Qft compuesto por bloques de arenisca de color blanco con cuarzo en matriz arenosa.
M4	E1g. Arcillolita Formación Guaduas	Suelo residual compuesto por arcilla limosa de color café oscuro de plasticidad media, humedad baja y de consistencia medianamente firme.
M5	E1c. Arenisca de la formación Cacho	Arcillolita de color rojizo, con algunas vetas gris y verdes e intercalaciones de gravas de arenisca.
M6	Depósito de pendiente	Arenisca de color blanco con cuarzo.
M7	Depósito de pendiente	Limo arenoso color café claro, con niveles ocasionales de arenisca de menor tamaño y vetas de oxidación.
M8	E1c. Suelo arcilloso con niveles ocasionales de arenisca de la formación Cacho	Arena arcillosa y arcilla limosa con intercalaciones de bloques de arenisca
M9	Depósito Fluviotorrencial, con arenisca color café	Arcilla de color amarillo con vetas color gris con niveles ocasionales de arenisca de menor tamaño.
M10	E1c. Suelo limoso de la formación cacho	Bloques de arenisca color café oscuro con vetas blancas y de oxidación.
M11	E1c. Suelo limo arenoso de la formación cacho	Limo orgánico color café claro, con gravas finas, pocas raíces, sin humedad, sin plasticidad, y consistencia blanda
M12	Suelo arenoso	Limo arenoso color amarillo con vetas de color gris, vetas de oxidación, humedad baja, plasticidad baja y compacidad densa.

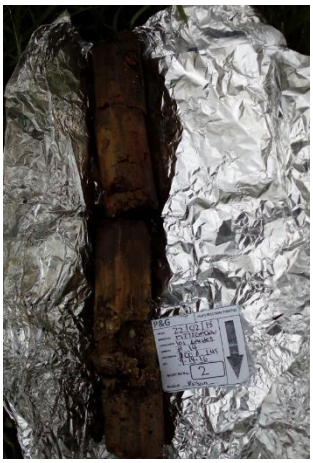
Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 8 17, se presenta un registro fotográfico de los geomateriales encontrados y descritos en la Tabla 8.8. En el anexo 7 se presenta un registro fotográfico.

Sondeo 9 - Muestra 1	Sondeo 9 - Muestra 11	Sondeo 9 - Muestra 15
		

Sondeo 10, Muestra 4	Sondeo 10, Muestra 10	Sondeo 10, Muestra 17
		

Sondeo 11, Muestra 1	Sondeo 11, Muestra 4	Sondeo 11, Muestra 7
		

Sondeo 14, Muestra 2	Sondeo 14, Muestra 3	Sondeo 14, Muestra 6
		

Sondeo 16, Muestra 1	Sondeo 16, Muestra 5	Sondeo 16, Muestra 7
		

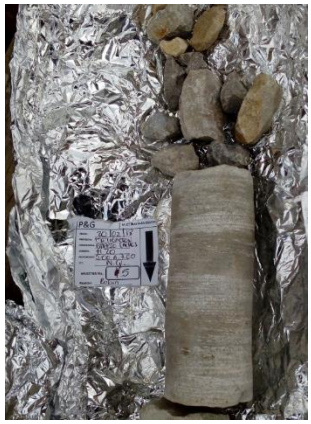
Sondeo 20, Muestra 1	Sondeo 20, Muestra 3	Sondeo 20, Muestra 5
		

Ilustración 8-17. Registro fotográfico geomateriales.
Fuente: Elaboración propia.

8.5 Propiedades básicas ladera colegio los Pinos

Las propiedades básicas fueron analizadas de forma individual (registros) y conjunta para verificar la validez de los mismos y su relación con los suelos encontrados. En la Ilustración 8-18, se presenta la variación de las propiedades físicas con la profundidad con el siguiente comportamiento.

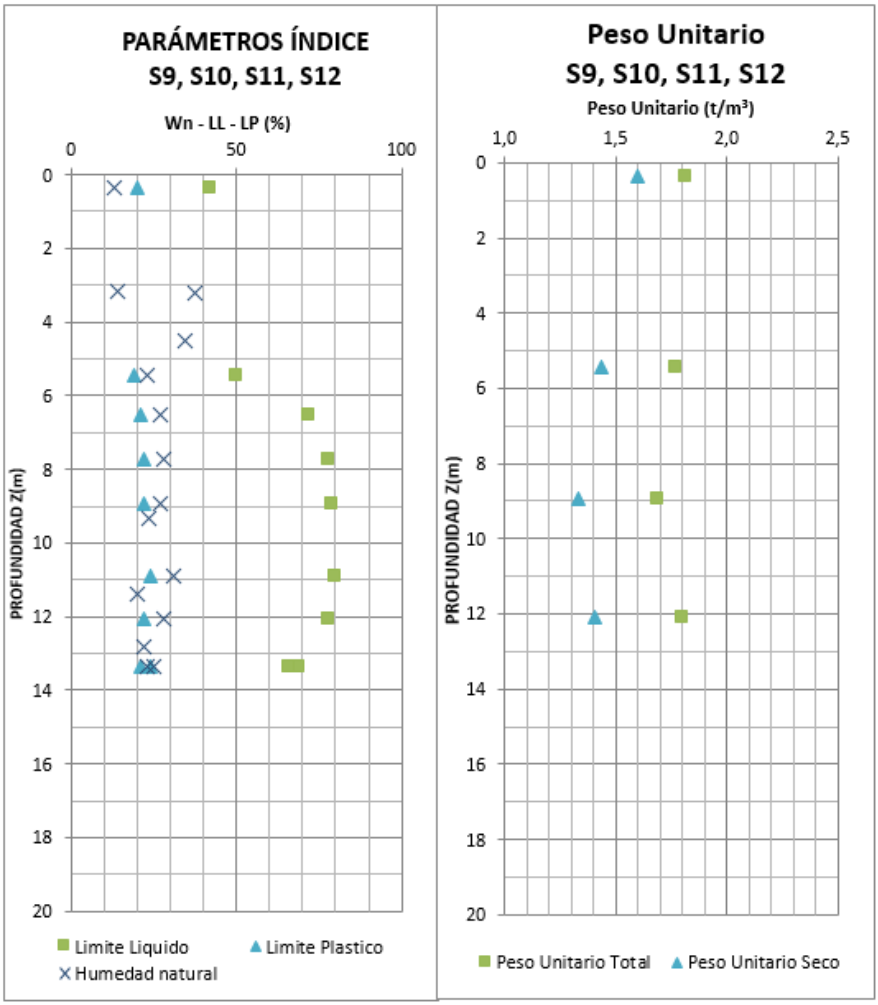


Ilustración 8-18 Características de los suelos – propiedades índice
Fuente: Elaboración propia.

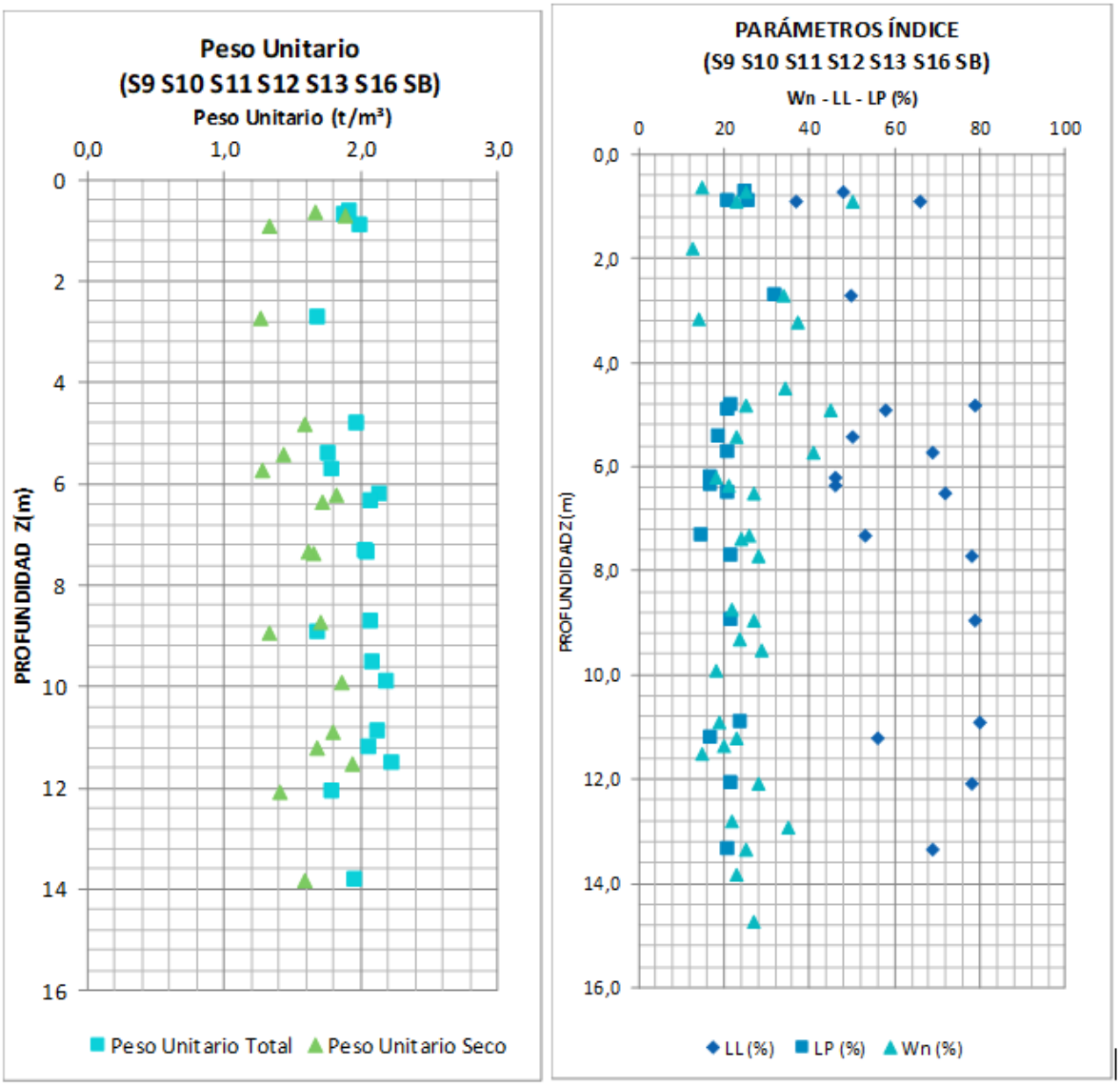


Ilustración 8-19 Características de los suelos – propiedades índice
Fuente: Elaboración propia

De la Ilustración se observa que la humedad natural se encuentra entre el 13 % y el 37 %, en los primeros 5 m, posteriormente tiene un comportamiento constante que oscila entre 20% y 30 %, el límite líquido varía entre el 40 % y el 80 %, y el límite plástico entre el 20 % y el 25 %, donde se resalta que la humedad natural es cercana al límite plástico, indicando permanencia del suelo en estado parcialmente saturado.

El peso unitario del material es constante con la profundidad y varía de 1.6 t/m3 a 1.8 t/m3.

En la Ilustración 8-20 se aprecia la carta de plasticidad de Casagrande con los resultados de los límites de consistencia, donde se resalta la presencia en su mayoría de arcillas de alta plasticidad.

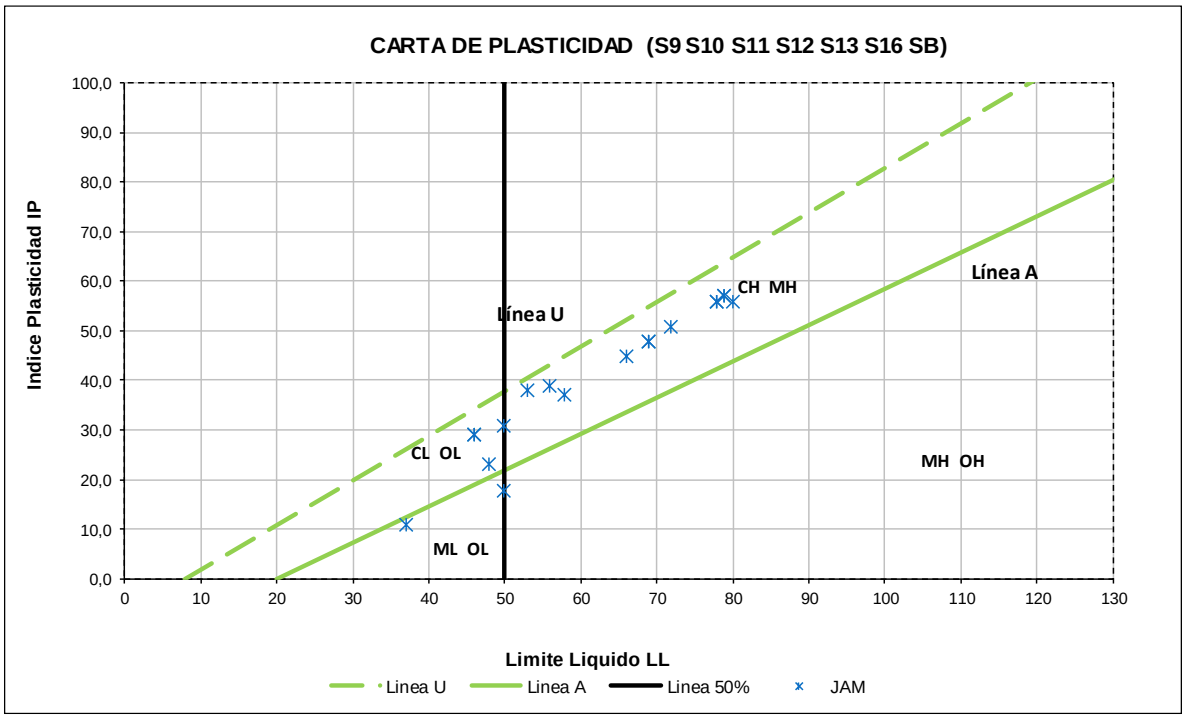


Ilustración 8-20 Carta de plasticidad
Fuente: Elaboración propia.

8.5.1.1 Propiedades básicas en el resto del área

El resto del área con la información de ensayos de laboratorio correspondientes de las perforaciones S 14 S 15 y S 16.

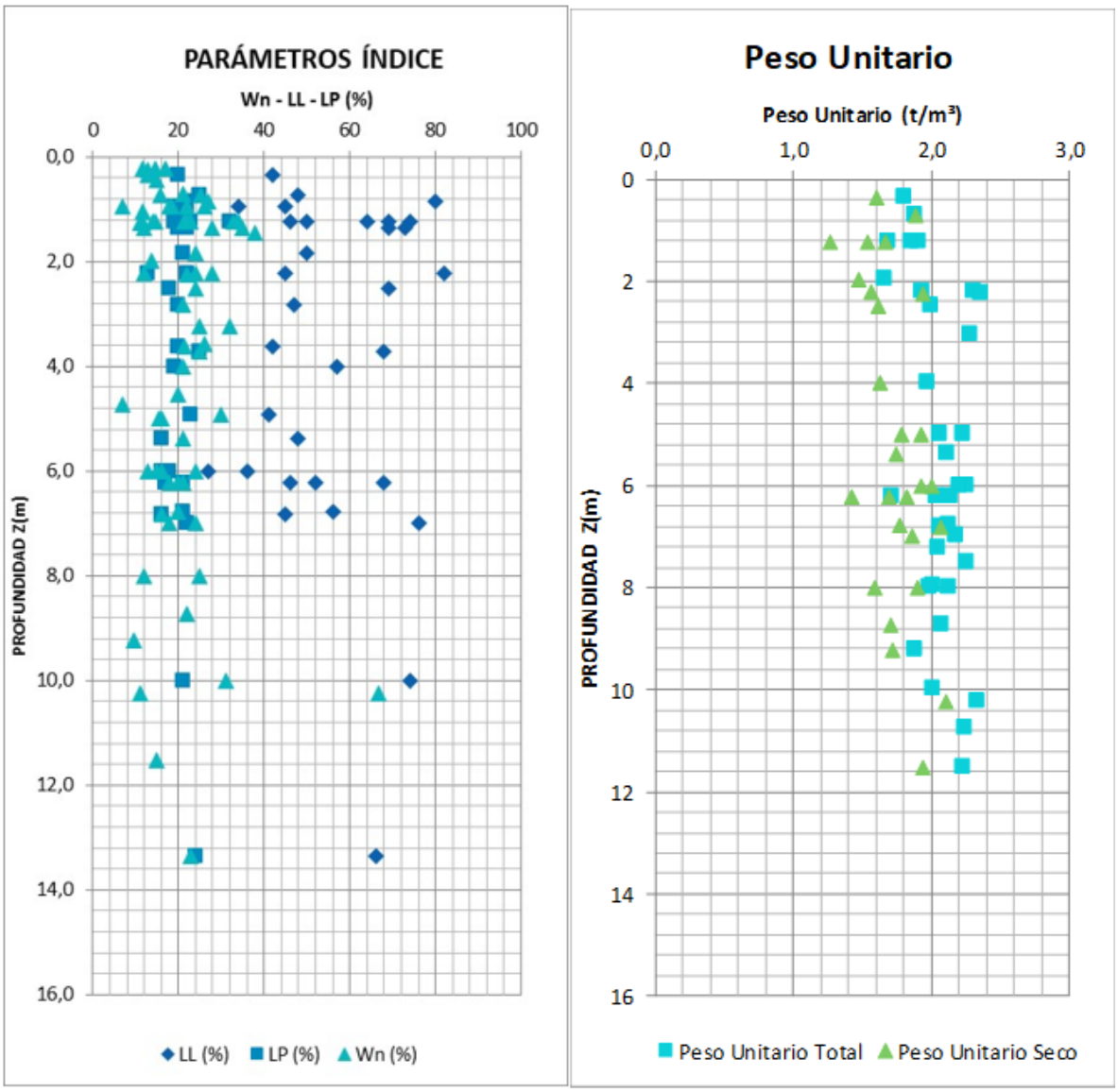


Ilustración 8-21. Parámetros índices y peso unitario
Fuente: Elaboración propia.

De la Ilustración se observa que la humedad natural se encuentra entre el 10 % y el 35 %, el límite líquido se encuentra en el 70 % a 80 %, y el límite plástico el 20 %, donde se resalta que la humedad natural es cercana al límite plástico, indicando permanencia del suelo en estado parcialmente saturado.

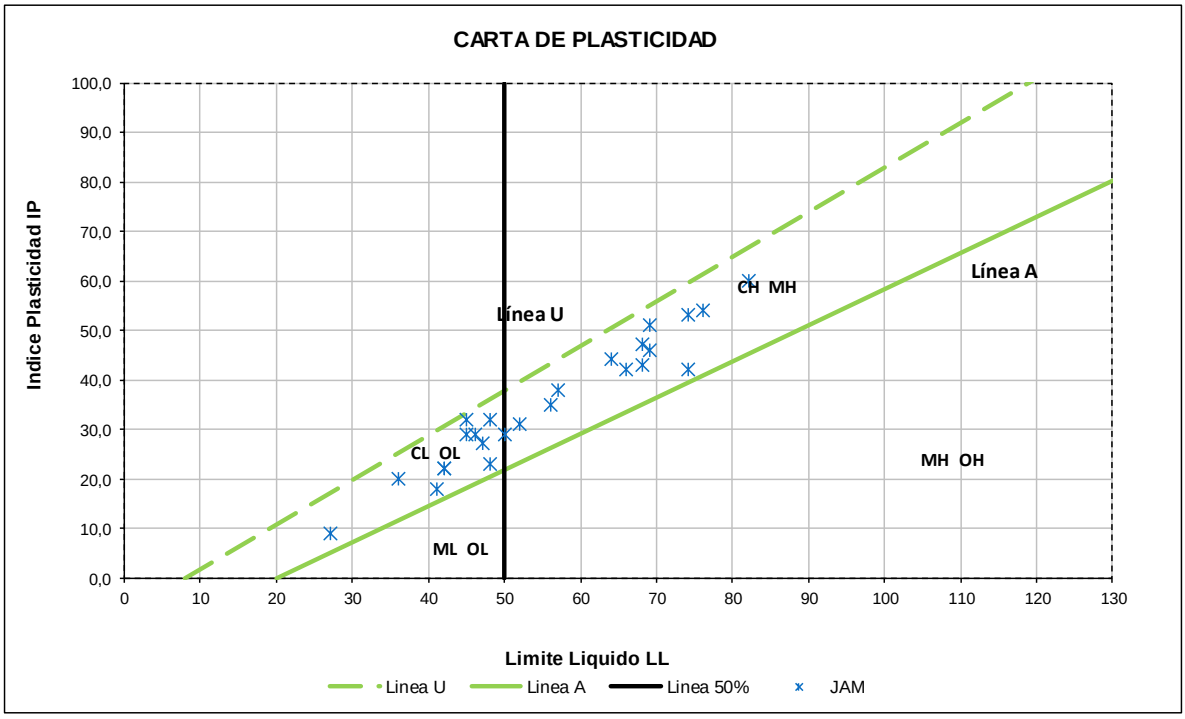


Ilustración 8-22. Carta de plasticidad.
Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 8-22, se aprecia la Carta de Plasticidad de Casagrande con los resultados de los límites de consistencia, donde se resalta la presencia en su mayoría de arcillas de alta plasticidad.

8.5.1 Resistencia al corte Suelos.

La resistencia al corte de suelos, se determinó por medio de ensayos de laboratorio de corte directo los cuales se realizaron a los suelos de relleno superficial y a los suelos arcillosos residuales. (Tabla 8-11).

Preliminarmente a esta actividad, con el fin de obtener valores de referencia de la resistencia de los suelos, se determinaron parámetros de resistencia provenientes de otras fuentes de información; por ejemplo, se revisó los parámetros determinados en estudios anteriores (Tabla 8-10), así como los encontrados por medio de la metodología de Álvaro Gonzales con el SPT anteriormente descrita (Numeral 8.2.3 Tabla 8.5), y adicionalmente se verificó los parámetros de resistencia determinados con varias correlaciones (Tabla 8-9).

La Tabla 8.9, presenta los parámetros de resistencia obtenidos por medio de correlaciones, vale la pena aclarar que estos valores no son usados para diseño sino como parámetros de contrastación con las características del suelo.

Tabla 8.9. Propiedades por correlaciones

	Jam 2018 (Álvaro Gonzales)		Terzaghi Peck, Mesri 1996
M 1 - Relleno	**c (t/m2)**	**Phi (°)**	**Phi (°)**
M 2 - Suelo arenoso	0,16	24	30
M 3 - Depósito fluviotorrrencial	1,04	30	
M 4 - Suelo residual			25
M 5 - Arcillolita		32	25
M 7 - Depósito de pendiente			25
M 8 - Depósito de pendiente	0,85	26	28
M 11 - Suelo limoso de la formación cacho		34	25
M 1 - Relleno		33	

Fuente: Elaboración propia

Como ya se mencionó, otra validación realizada fue con base a los ensayos de laboratorio realizados en estudios anteriores en el área de estudio, por IGR y Jam 2009, los cuales en su respectivo momento se realizaron los ensayos de clasificación y resistencia que se citan en la Tabla 8 10.

Tabla 8.10. Resistencia al corte información secundaria

MUESTRA					Peso Unitario			Límites Atterberg			Corte directo		Compresión Inconfinada
SONDEO	No.	Prof. prom. [m]	MATERIAL		γ_t [t/m³]	γ_d [t/m³]	ω_n [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	c (t/m2)	Phi °	qu [t/m²]
IGR 1	1	1.23	1		1.78	1.52	17.40	27	17	10			
IGR 1	2	2.23	1				19.20						
IGR 1	3	3.23	1		1.90	1.75	8.50	17	12	4			
IGR 1	4	4.23	3				7.80						
IGR 1	6	5.65	3		2.34								4635.51
IGR 2	1	1.23	1				19	27	16	11			
IGR 2	2	2.23	1				20.30	29.00	16.00	13			

MUESTRA					Peso Unitario			Límites Atterberg			Corte directo		Compresión Inconfinada
SONDEO	No.	Prof. prom. [m]	MATERIAL		γ_t [t/m³]	γ_d [t/m³]	ω_n [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	c (t/m2)	Phi °	qu [t/m²]
IGR 2	3	3.23	1				15.90	29.00	15.00	11			
IGR 2	4	4.65	3										
IGR 2	1	1.23	1		1.74	1.46	19	25	15	10	27.3	9	
P - 9	1	0.70	1										
P - 9	2	1.03	1		1.99	1.70	17.30						
P - 9	3	1.48	4										
P - 9	4	1.93	4		1.73	1.28	35.60						
P - 9	5	2.38	4										
P - 9	6	2.83	4		1.94	1.59	21.90	35.30	17.00	18.30			
P - 9	7	3.28	4				20.80						
P - 9	8	3.73	4		1.95	1.53	27.30	41.82	20.20	21.62			
P - 9	9	4.18	4		2.03			47.10	25.40	21.70			
P - 10	1	0.80	1										
P - 10	2	1.13	4		2.05	1.70	20.70	38.60	17.70				
P - 10	3	1.58	4				20.50	37.84	18.10		0.8	18.4	
P - 10	4	2.03	4		2.03	1.66	22.50						
P - 10	5	2.48	4										
P - 10	6	2.93	4		1.99	1.60	24.20	38.20	17.30				
P - 10	7	3.38	4										
P - 11	1	0.90	1				18						
P - 11	2	1.23	1		1.95	1.67	16.50						
P - 11	3	1.68	1										
P - 11	4	2.13	1		1.90	1.46	30.20	43.10	19.90				
P - 11	5	2.50	1		1.78	1.32	34.35				0.3	18.4	
P - 11	6	2.88	4		1.82	1.36	33.90	42.11	20.80				
P - 11	7	3.33	4		1.91	1.37	39.40	39.07	17.90				
P - 11	8	3.78	4										
P - 11	9	4.23	4		1.87	1.37	36.80	37.52	19.10				
P - 11	10	4.68	4										
P - 11	11	5.58	4		1.88	1.51	24.10	38.04	19.00				
P - 11	12	6.28	4										
PT- 12	1	0.70	1										
PT- 12	2	1.03	1				16.00						
PT- 12	3	1.43	1										
PT- 12	4	1.83	4		2.02	1.671	11.00	26.61	8.90				
P - 15	1	0.23	1		1.9	1.5	27						
P - 15	2	0.68	1										
P - 15	3	1.15	1		1.89	1.45	30.00	51.00	25.60				
P - 15	4	1.65	4										

MUESTRA					Peso Unitario			Límites Atterberg			Corte directo		Compresión Inconfinada
SONDEO	No.	Prof. prom. [m]	MATERIAL		γ_t [t/m³]	γ_d [t/m³]	ω_n [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	c (t/m2)	Phi °	qu [t/m²]
P - 15	5	2.13	4										
P - 15	6	2.58	4		1.97	1.53	28.50	42.20	19.30				
P - 15	7	3.05	4										
P - 15	8	3.55	4		1.69	1.16	45.70	51.50	18.30				
P - 15	9	4.05	4										
P - 15	10	4.45	4		1.97	1.56	26.50						
P - 15	11	5.10	4										
P - 16	1	0.23	1										
P - 16	2	0.68	1										
P - 16	3	1.13	1										
P - 16	4	2.58	1				12.60						
P - 16	5	4.03	1		1.56								
P - 16	6	5.30	3				24.30	37.90	14.70				
TOTAL													

Fuente: Estudio EG-01, IGR 2006, y Estudio 237/87, Jam 2009.

- Parámetros de resistencia al corte determinado con ensayos de laboratorio.

Finalmente, después de revisar la información disponible anteriormente descrita, se presentan los parámetros de resistencia de cohesión y ángulo de fricción, los cuales fueron obtenidos a partir de ensayos de laboratorio de corte directo para los materiales arcillosos presentes en la zona de estudio.

La Tabla 8-11, presenta el resumen de los parámetros de resistencia determinados en los suelos de relleno y los suelos residuales.

Tabla 8.11. Resistencia al corte

SONDEO	Muestra No.	Prof. prom. [m]	Descripción	C [t/m²]	Ø' [º]
S8	7	7,95	Arcilla arenosa color gris con bloques de arenisca	44,2	24,5
S12	10	9,53	Arcilla color rojizo	24,2	27,6
A1	1	1,45	Limo arcilloso con arena color pardo	34,8	29,5

SONDEO	Muestra No.	Prof. prom. [m]	Descripción	C [t/m²]	Ø' [º]
A3	1	1,35	Limo arcilloso color café con bloques de arenisca	19,2	31,2
A4	1	0,85	Arcilla limo arenosa color pardo con oxidación	41,2	30,5
A5	1	1,35	Arena limo arcillosa color claro con restos de basura	22,2	27
A6	1	1,05	Arena limo arcillosa color café claro con escombro y basura	14,40	24,9
A7	1	0,95	Limo arcilloso con escombros y basura	17,4	28
A8	1	0,95	Arcilla limo arenosa color pardo con oxidación	35	3.2
A9	1	1,25	Arcilla limo arenosa color pardo con raíces	27	23
A10	1	1,35	Arcilla limo arenosa color gris con tonos rojos y oxidación.	37	17
A12	1	1,35	Limo arenoso oscuro y cambia a limo arcilloso color café claro	34	25
A13	1	1,35	Arena limo arcillosa con tierra negra y raíces	12	34
A14	1	1,10	Arena limosa con vetas de arcilla color rojo claro, con restos de escombro y basura.	12	33
A15	1	1,35	Arcilla limosa con vetas de arcilla color pardo y raíces	26	34

Fuente: Elaboración propia.

8.5.2 Resistencia al corte de Rocas

Los parámetros de resistencia al corte para el material rocoso encontrado correspondiente a la arcillolita y a la arenisca, se determinaron con del criterio de rotura de Hoek y Brown, por medio del software RocLab teniendo en cuenta las condiciones geo ambientales, el índice de calidad, la resistencia del tipo de la roca presente, y la alteración de la misma
La metodología de Hoek y Brown permite estimar los parámetros de resistencia de materiales rocosos teniendo en cuenta el grado de alteración los mismos, es por ello que para obtener los parámetros de resistencia de la roca arcillolita y arenisca, es necesario

realizar ensayos compresión simple de la roca, y considerar el índice de resistencia geológica GSI, y el grado de alteración de la misma.
Para el depósito Fluviotorrencial, se adopta el criterio de Hoek y Brown como un mecanismo para obtener parámetros indicativos de resistencia de cohesión y ángulo de fricción de los bloques que se encuentran dentro del depósito, de esta manera se aplicó el criterio de Hoek Brown en los bloques de arenisca del depósito fluviotorrencial, entendidos como elementos que fueron parte de un macizo rocoso antes del transporte.

8.5.3 Resistencia obtenida con información secundaria

Para los materiales rocosos, así como para el suelo, también se recopila los parámetros de resistencia obtenida con información secundaria teniendo en cuenta el valor de la resistencia a la compresión de un bloque de arenisca, el cual corresponde a 4690 t/m2 (IGR, 2006). Vale la pena aclarar que este valor no es usado para diseño sino como parámetro de referencia.

8.5.4 Resistencia obtenida con ensayos de laboratorio

Los resultados de la resistencia a la compresión determinada a partir de ensayos de carga puntual, se resumen en la siguiente Tabla 8-12.

Tabla 8.12. Resistencia al corte

SONDEO	Muestra No.	Prof. prom. [m]	Descripción	Carga Puntual [t/m²]
S2	8	11,25	Bloques de arenisca de color blanco con vetas de oxidación, cuarzo, intercalado con arena fina de color blanco.	13586
S8	2	4,13	Arcilla limosa color gris claro con oxidación y arenisca	9323
S13	10	11,25	Núcleo de roca color gris oscuro y gris claro	9929
S14	11	16,00	Gravas de arenisca color blanco, con cuarzo, (Arenisca fracturada)	16371
S18	10	14,00	Bloques de arenisca fracturada de color café claro, con vetas de color blanco, vetas de oxidación presencia de cuarzo y mica.	4754
S20	4	4,00	Bloques de arenisca color blanco, con cuarzo, salen 2 RQD cada uno de 13 cm	5042
SB	3	4,33	Bloques de arenisca color gris claro.	7569

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 8-13, se resumen, para la arcillolita y arenisca, los parámetros utilizados con el criterio de Hoek Brown.

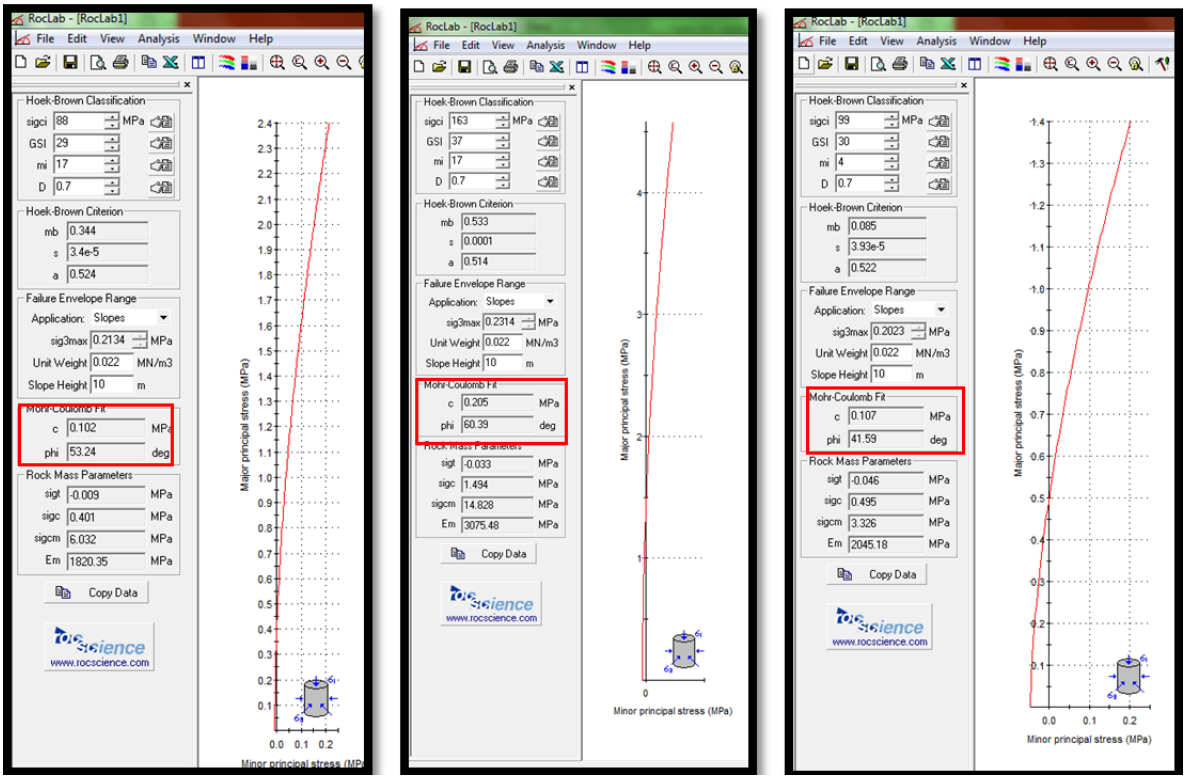


Ilustración 8-23. Parámetros de resistencia a) Bloques de arenisca en depósito Qft, b) Arcillolita, c) Arenisca
Fuente: Elaboración propia.

En resumen para la, arcillolita y arenisca, se obtienen los parámetros de resistencia los cuales se resumen en la tabla 8-13

Tabla 8.13. Resistencia al corte

Geo material	Cohesión [MPa]	Phi (°)	γt [t/m³]
Arcillolita (M5)	0.205	60.39	2.18
Arenisca (M6)	0.107	41.59	2.2

Fuente: Elaboración propia

8.5.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El criterio de Hoek Brown es ampliamente utilizado por ser práctico y presentar resultados satisfactorios pese a las incertidumbres que pueda tener en la estimación de los parámetros fiables de resistencia; es por ello que para reducir esta incertidumbre se implementa el criterio mediante un programa denominado roclab. Para determinar la envolvente de rotura de Hoek Brown en el espacio de tensiones principales se varía los parámetros (SIGCI, mi, GSI, y D) que se determinan a partir del tipo de roca “arenisca o arcillolita”.

Tabla 8.14. Resistencia al corte

Material	Compresión Simple promedio	
Arenisca	123.2	Mpa
Arcillolita	23.9	MPa

Fuente: Elaboración propia

Se determina por medio del criterio de rotura de Hoek y Brown la resistencia de los bloques de arenisca que se encuentran dentro del depósito fluviotorrencial, los cuales corresponde a c= 10.2 t/m2 y phi= 53.224 °.

8.5.6 Compilación y análisis de propiedades de resistencia de los materiales

A continuación, se presenta la compilación de los parámetros representativos en el análisis de estabilidad; para esto, se tomó la información confiable de los resultados de los ensayos de resistencia específicamente del ensayo de corte directo.

En la selección de datos confiables, los datos de resistencia obtenidos por medio de la prueba de campo SPT implementando la metodología de Álvaro Gonzales, así como los obtenidos por medio de correlaciones no se tomaron en cuenta.

Una vez establecidos los parámetros de resistencia de fuentes de información confiable (ensayos de laboratorio), se calculó el promedio, valores máximos y mínimos de los parámetros de resistencia y posteriormente se determinó la desviación estándar.

En el cálculo de la desviación estándar, se exceptuaron los materiales para los cuales se obtuvo datos únicos, específicamente los materiales M2, M9, M10, M11 y M12, los cuales corresponden principalmente a los suelos arcillosos de la formación cacho localizados en

la zona geotécnica Z5, y se realizó especial énfasis, en la zona geotecnia Z3, que corresponde a la zona donde se encuentra localizado la institución educativa los Pinos.

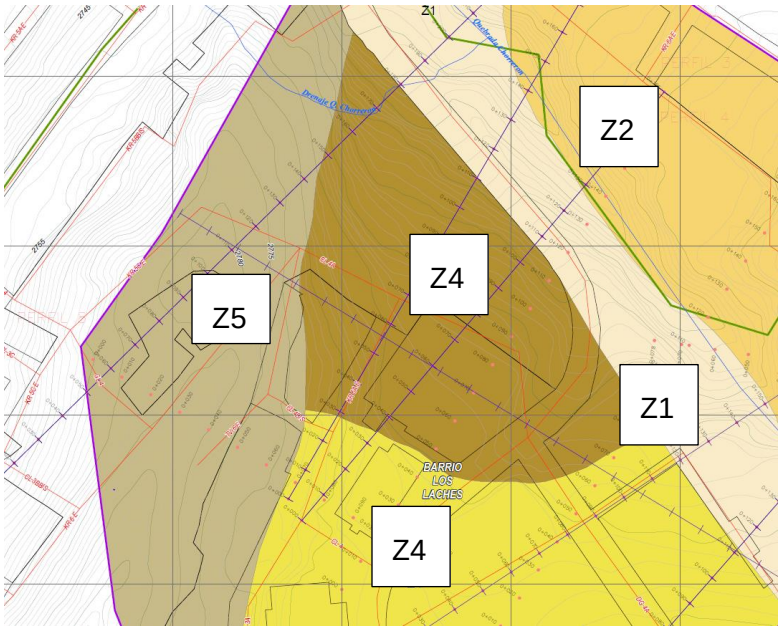


Ilustración 8-24. Zonas geotécnicas.
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 8-15, resume los resultados de ensayos de laboratorio, y la Tabla 8-16, resumen el promedio, valores máximos, mínimos y la desviación estándar

Tabla 8.15. Resistencia al corte

	HOEK BROWN 2018			Laboratorio 2018				Laboratorio IGR 2006			Laboratorio Jam 2009		
Etiquetas de fila	**c (t/m²)**	**Phi (°)**	**γt [t/m³]**	**c (t/m²)**	**Cu (t/m²)**	**Phi (°)**	**γt [t/m³]**	**c (t/m²)**	**Phi (°)**	**γt [t/m³]**	**c (t/m²)**	**Phi (°)**	**γt [t/m³]**
1	-	-	-	2.471	-	28.142	1.86	0.2	28	1.85	0.4	18	1.92
2	-	-	-	-	-	-	1.91	-	-	-	-	-	-
3	10.2	53	-	-	-	-	2.07	2	30	1.92	2	30	1.96
4	-	-	-	3.4	7.2	26.05	2.01	-	-	-	1	22	1.98
5	17	41	-	-	6.6	-	2.17	-	-	-	4.6	39	2.2

	HOEK BROWN 2018			Laboratorio 2018				Laboratorio IGR 2006			Laboratorio Jam 2009		
6	20	60	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	39	2.2
7 -8	-	-	-	-	-	-	1.83	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	1.996	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.16. Desviación Estándar

	PROM	MIN	MÁX	PROM	MIN	MÁX	PROM	MIN	MÁX	Parámetros de diseño				Desviación Estándar	
Etiquetas de fila	C [t/m2]			Phi °			γt [t/m³]			c t/m2	Phi (°)	γt [t/m³]	ru	c (t/m2)	Phi (°)
1	1.02	0.2	2.47	24.71	18	28	1.88	1.85	1.92	1.02	26.39	1.88	0.43	1.61	5.81
2	1.91						1.91	1.91	1.91			1.91	0.15		
3	4.73	2.0	10.2	37.67	30	53	1.98	1.92	2.07	4.73	37.67	1.98	0.00	5.80	13.28
4	2.20	1.0	3.40	24.03	22	26	2.00	1.98	2.01	2.20	24.03	2.00	0.30	1.70	2.86
5	10.80	4.6	17.0	40.00	39	41	2.18	2.17	2.20	10.8	40.0	2.18	0.08	8.77	1.41
6	12.30	4.6	20.0	49.50	39	60	2.20	2.20	2.20	12.3	49.5	2.20	0.0	10.89	14.85
7, 8	16.40			28.00			1.83	1.83	1.83	0.85	27.0	1.83	0.18	-	-
9										1.20	34.0	2.00	0.18	-	-
10										10.8	40.0	2.18	0.2	-	-
11										1.20	33	1.90	0.2	-	-
12										1.20	33.0	1.90	0.2	-	-

Fuente: Elaboración propia

Los datos de desviación estándar que se presentan en la Tabla 8-16, para los parámetros de resistencia c y phi, se obtuvieron teniendo una muestra mínima de 3 valores, obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados, así como los extraídos de la información secundaria que se describió anteriormente.

8.5.7 Nivel de agua

Como se describió en el numeral 3.6 se determinó que el nivel de agua registrado, corresponde a una acumulación superficial de agua proveniente de la precipitación, en los estratos que están caracterizados en su mayoría por materiales arcillosos de alta y media plasticidad.

La precipitación promedio anual de la zona de interés es de 1093 mm, y de esta totalidad existe un porcentaje que se evapotranspira, otro se escurre y/o se infiltra, como se indica en la Ilustración 8 22, en ese orden de ideas el agua que se infiltra corresponde a agua subsuperficial acumulada que define una condición de saturación parcial en el suelo dependiendo de las características del mismo.

La acción del agua modifica los parámetros de resistencia de los materiales y las condiciones de equilibrio de las laderas, por ello se considera para el análisis de estabilidad la condición de agua en estado actual y en una condición crítica donde el agua que entra en el terreno se define en periodos lluviosos extremos cuando genera saturación de los materiales.

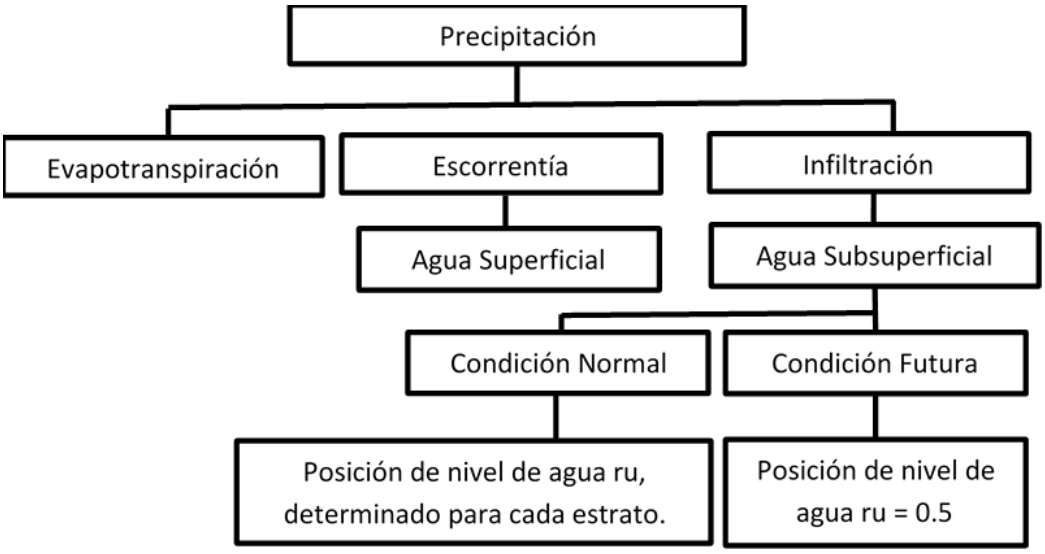


Ilustración 8-25. Balance hídrico
Fuente: Elaboración propia.

Los cambios en el régimen de aguas subterráneas actúan como detonantes de procesos de remoción en masa. Se relacionan con la lluvia y la hidrología superficial. La intensidad y duración de la lluvia necesaria para disparar el movimiento depende de las condiciones iniciales de humedad y la posición del nivel piezómetro de la zona; estas variables guardan una estrecha relación con la precipitación precedente a que ha estado sometido un talud.

Específicamente se tienen dos características en la zona que influyen en el comportamiento de aguas subterráneas en los taludes de análisis, la primera, hace referencia a que la pluviosidad en la zona según el estudio hidrológico con una precipitación anual de 1093 mm, la segunda son las características geomorfológicas, en las zonas de la ladera el agua lluvia presenta escurrimiento e infiltración, y en las zonas bajas y a los costados de la quebrada el Chorrerón se presenta infiltración de agua.

Para incluir los efectos del agua en los análisis de estabilidad, se utilizó el concepto de ru (relación de presión de poros y esfuerzo total).

$$ru = \frac{\mu}{\gamma_t * H}$$

- DEFINICIÓN DE POSICIONES DE NIVELES DE AGUA EN CONDICIÓN NORMAL

Teniendo en cuenta que el valor de ru se encuentra entre 0 y 0.5, y teniendo en cuenta el peso unitario del suelo el cual se obtuvo con ensayos de laboratorio, se estableció una dimensión de la lámina de agua conforme el nivel de saturación presente para cada estrato. Dicha saturación se obtuvo con relaciones de fase y datos registrados de Gs, Peso unitario y humedad.

Como ejemplo ilustrativo se muestra la tabla resumen de valores de altura de agua para cada estrato de algunos sondeos de interés.

Tabla 8.17. Relación de presión de poros y fuerzo total

Sondeo	Material	S (%)	H_w (m)	$H_{estrato}$	γ (t/m³)	σ□	ru
S 18	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M7	57%	2,28	4	1,83	9,12	0,25
	M9	78%	3,12	4	2	17,1	0,18
	M10	100%	6	6	2,18	30,2	0,20
S 17	M1	77%	2,31	3	1,8	5,4	0,43
	M4	100%	3	3	2	11,4	0,26
	M5	100%	6,986	7	2,18	26,6	0,26
S 20	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M2	84%	0,42	0,5	1,91	2,75	0,15
	M3	0%	0	9,5	1,98	21,5	0,00
S 10	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M8	28%	2,38	8,5	1,83	17,3	0,14
	M4	99%	5,94	6	2	29,3	0,20
	M5	100%	3,5	3,5	2,18	36,9	0,09
S11	M1	78%	1,56	2	1,83	3,66	0,43
	M4	100%	15	15	2	33,6	0,45
	M5	99%	2,97	3	2,18	40,2	0,07
S15	M1	77%	0,77	1	1,8	1,8	0,43
	M7	63%	0,315	0,5	1,83	2,71	0,12
	M3	0%	0	8,5	1,98	19,5	0,00
	M6	0%	0	6	2,2	32,7	0,00

Fuente: Elaboración propia.

- DEFINICIÓN DE POSICIÓN DE AGUA CONDICIÓN CRÍTICA

Dada la cobertura vegetal de la zona, se puede establecer que las áreas construidas generan una capa impermeable superficial donde la escorrentía predomina mientras en las zonas verdes tipo pastos la infiltración es la predominante. Esta última condición es la que se toma como crítica y dado que las capas superficiales tienen un Ru actual mayor a 0.4, se tomará como Ru de condición futura el valor máximo equivalente a 0.5 a 0.55.

Para las capas inferiores con suelos arcillosos se tomará como condición máxima el valor Ru de 0,3 (o hasta el doble del actual) y en los suelos con algún componente arenoso o de bloques se tomará los mismos Ru de la condición actual debido a su buen drenaje. Estos valores son correspondientes al modelo generar de saturación y textura de los materiales que se muestra en el numeral 8.4.4.2.

8.5.8 Resumen de características de los materiales

A continuación, se presenta la compilación de los parámetros estimados para el análisis de estabilidad; se tomaron los resultados de los ensayos de resistencia específicamente del ensayo de corte directo, para el análisis los datos de resistencia obtenidos por medio de la prueba de campo SPT implementando la metodología de Álvaro Gonzales no se tomaron en cuenta. En el análisis se zonificaron los rellenos o materiales de la capa superior que todos los materiales de relleno tal como se presenta en la Tabla 8 17.

A continuación, se presenta en la Tabla 8-18, con los parámetros de diseño, para los estratos donde se tenía varios valores se determinó la desviación estándar.

Tabla 8.18. Parámetros de diseño relleno

DESCRIPCIÓN DE RELLENOS		c´ (t/m2)	ϕ (°)	γt (t/m3)	ru	Zona Geotécnica
M 1.1	Relleno: Basura, escombros, ladrillo, bolsas y/o caucho.	1,64	28	1,8	0.43	Z3 Z2 (NE)
M 1.2	Arcilla limosa color café	1,9	31	1,96	0.43	Z3
M 1.3	Arcilla limosa color pardo con oxidación	3,2	29,40	1,93	0.43	Z1
M 1.4	Arena limo arcillosa con tierra negra y raíces	1,2	34	1,9	0.43	Z5
M 1.5	Limo arenoso oscuro y cambia a limo arcilloso color café claro	3,4	25,00	1,90	0.43	Z4
M 1.6	Arcilla limo arenosa color gris con tonos rojos y oxidación.	3,7	17	1,9	0.43	Z2 (NW)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta los parámetros de diseño, para los materiales que suprayacen los suelos de relleno anteriormente descritos.

Tabla 8.19. Parámetros de diseño materiales encontrados

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL		c´ (t/m2)	ϕ (°)	γt (t/m3)	ru
M2	Suelo arenoso	3.20	29.4	1.91	0.15
M3	Depósito Fluviotorrencial (Arenisca cuarzosa)	4.73	37.7	1.98	0
M4	Suelo residual	2.2	24.0	2.00	0.3
M5	E1g. Arcillolita Formación Guaduas	10.8	40	2.18	0.08
M6	E1c. Arenisca de la formación Cacho	12.3	49.5	2.20	0.18
M7	Depósito de pendiente	0.85	27	1.83	0.18
M8	Depósito de pendiente	0.85	27	1.83	0.14
M9	E1c. Suelo arcilloso con niveles ocasionales de arenisca de la formación Cacho	1.2	34	2.00	0.18
M10	Depósito Fluviotorrencial, con arenisca color café	10.8	40	2.18	0.2
M11	E1c. Suelo limoso de la formación cacho	1.2	33	1.90	0.2
M12	E1c. Suelo limo arenoso de la formación cacho	1.2	33	1.90	0.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.20. Parámetros de diseño

Material	Desviación Estándar	
	c (kPa)	Phi (°)
M1	16,1	5,81
M2	0,00	0,00
M3	58,0	13,28
M4	17,0	2,86
M5	87,7	1,41
M6	108,9	14,85

Fuente: Elaboración propia

- Permeabilidad

Dentro de la zona de estudio se definieron unidades hidrogeológicas como Acuitardos, Acuíferos y Acuicluidos, los cuales se describen detalladamente en el capítulo de hidrogeología, éstas unidades hidrogeológicas se definieron teniendo en cuenta la velocidad con la que fluye el agua a través del suelo o roca y la cual está en función de su capacidad de drenar, almacenar y transmitir agua.

A continuación, se presenta un resumen de la permeabilidad de suelo y unidades de roca con base a las condiciones anteriormente descritas y teniendo en cuenta el tamaño del grano, los materiales arcillosos presentan una menor permeabilidad que los arenosos condición debida a la baja capacidad de drenar y transmitir agua.

Tabla 8.21. Parámetros de diseño

Unidad	Descripción	Unidad Hidrogeológica	Capacidad de Drenaje	Capacidad de almacenar	Capacidad de transmitir	Permeabilidad k (m/s)
Suelo de Relleno	Materiales arcillosos con desechos de construcción	Acuitardo	Baja - Semipermeable	Alta	Baja	10^{-6}
Suelo residual	Arcillas de media a alta plasticidad	Acuitardo	Baja– Semipermeable	Alta	Baja	10^{-6}
Depósito de pendiente	Niveles de arenas y limos y fragmentos de bloques de arenisca en matriz areno arcillosa	Acuífero Pobre	Bueno	Alta	Media	10^{-4}
Depósito fluvio torrencial	Cantos a bloques de arenisca en una matriz limo arenosa	Acuitardo	Media	Baja	Baja	10^{-4}
Depósito Aluvión	Gravas arenas y limos	Acuitardo	Media	Alta	Baja	10^{-3}
E1g (Suelo - Alteración de arcillolitas)	Alteración de arcillolitas	Acuitardo	Baja - Semipermeable	Alta	Baja	10^{-9}
E1g (Roca Arcillolita)	Arcillolita fresca	Acuicludo	Casi impermeable	Alta	Nula	10^{-9}
E1c (Roca arenisca Cuarzosa)	Arenisca cuarzosa de grano medio a grueso	Acuífero	Bueno	Alta	Alta	10^{-1}

Fuente: Elaboración propia

- Zonas de saturación del suelo

Las condiciones de saturación de suelo, se determinan con base a la topografía, el uso de suelo y propiedades de los materiales en superficie, es así como en las zonas de alta pendiente se establece que la mayor parte del agua de precipitación se escurre por la ladera tal como se muestra en la Ilustración 8 - 24, además se identifica que dentro del polígono de estudio hay zonas urbanizadas y vías pavimentadas que representan una superficie impermeable que impide la infiltración de agua lluvia.

La Ilustración 8-24, muestra las zonas de saturación de suelo donde se distinguen 4 zonas:

1. Zona de saturación por infiltración de agua: Corresponde a las zonas de mayor recarga de agua donde se encuentran rellenos superficiales compuestos principalmente por materiales arcillosos de alta plasticidad localizados al margen izquierda y derecha de la quebrada el Chorrerón.

Otro sector de recarga y saturación de suelo corresponde a la ladera del colegio los Pinos, en donde no solo la mayor parte del agua lluvia se infiltra, sino que adicionalmente las aguas que se recolectan en la parte superior de la ladera, se depositan en la misma.

2. Zonas de escurrimiento e infiltración de agua: Zona con pendientes mayores a 25%, en donde la mayor parte del agua de precipitación se escurre y una pequeña porción se infiltra, en donde se presentan materiales limo arenoso de la formación Cacho.

3. Zonas de no retención de agua de infiltración: Pertenece al depósito fluviotorrencial en el cual el agua que ingresa una parte es retenida por la matriz arcillo arenosa, pero luego se disipa entre los bloques de arenisca.

4. Zonas impermeables o condición de agua seca: Se distinguen como zonas impermeables las vías que no permiten en paso de agua al suelo, y la unidad de roca como lo es el caso de la arcillolita que es prácticamente impermeable.

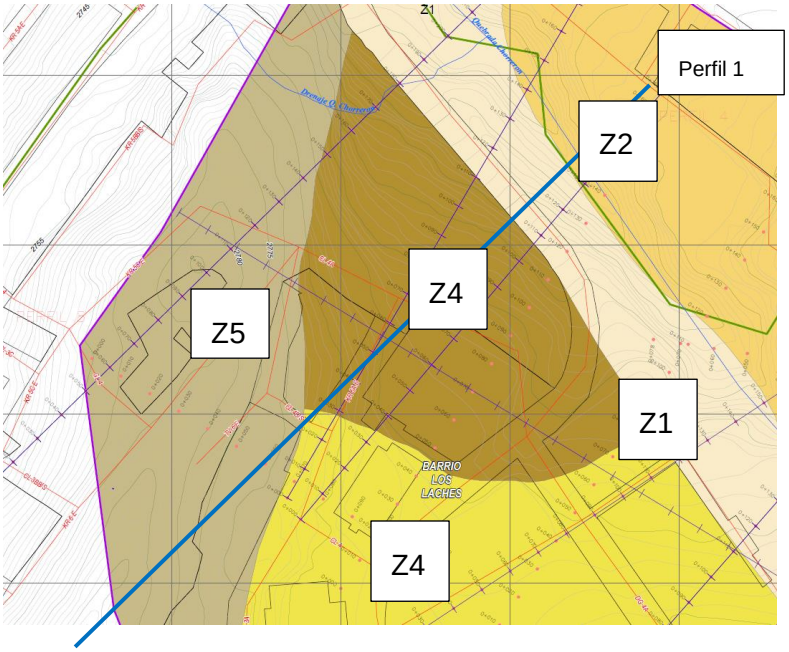


Ilustración 8-26. Leyendas zonas de saturación y suelo
Fuente: Elaboración propia

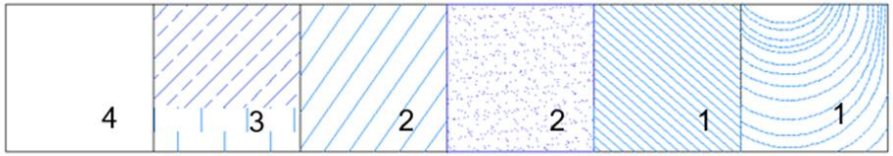


Ilustración 8-27. Leyendas zonas de saturación y suelo
Fuente: Elaboración propia.

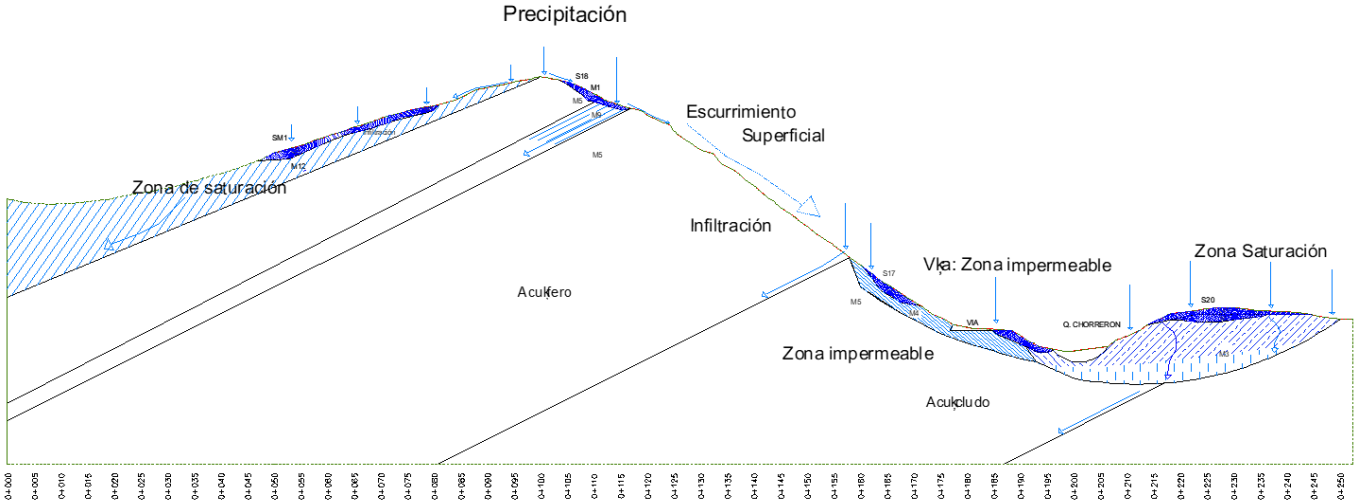


Ilustración 8-28. Zonas de saturación y suelo
Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

	Zona de saturación por infiltración de agua
	Zona de escurrimiento e infiltración de agua
	Zona de no retención de agua de infiltración
	Zona impermeable

8.6 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Con la información de exploración del subsuelo, se definieron zonas geotécnicamente homogéneas en función de la sucesión de materiales encontrados y de las pendientes del terreno. El área de estudio se divide en 5 zonas geotécnicas como se muestra en el Mapa 10 y con características como muestra la Tabla 8.22.

Tabla 8.22. Descripción zonas geotécnicas

ZONA	MATERIALES	MORFOLOGÍA	PROCESOS MORFODINÁMICOS	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS
Z1	Zona ubicada en inmediaciones a la quebrada Chorrerón, donde se encuentran materiales de relleno de espesor de hasta 4 m, compuestos de arcillas limosa color pardo de baja plasticidad, que suprayacen al depósito fluviotorrencial que tiene un espesor variable de 2 m a 10 m, y el cual alcanza su mayor profundidad en la zona norte del área de estudio, bajo el depósito anteriormente mencionado, se encuentran Areniscas blancas de la formación guaduas.	Corresponden a la ladera derecha de la quebrada Chorrerón, y predomina las pendientes mayores al 25%, típicas de un valle en V.	Se presentan procesos erosivos y hay signos de procesos inactivos con espesor no mayor a 1,5 m.	Relleno c = 3.2 t/m^2 ϕ = 29.4 ° γt = 1.93 t/m^3
Z2	Zona ubicada en la margen izquierda de la quebrada Chorrerón, donde se encuentran materiales de relleno de espesor menor a 2 m, éste relleno está compuesto por arcilla gris con presencia de basura y en algunos casos escombros y/o restos de ladrillos. Dentro del análisis realizado, se encontró que a la altura de la Carrera 64 E, el relleno se encuentra sobre un suelo residual de la formación guaduas con un espesor aproximado de 2 m que y posteriormente se encuentra una Arcillolita abigarrada; en el resto de la zona geotécnica 2 el relleno suprayace sobre la arcillolita abigarrada de la formación guaduas.	Las pendientes del terreno son variables: desde menor a 7% en el lomo de la ladera hasta mayores a 45% en cercanías al cauce. La ladera es ondulada	Hay procesos tipo flujo, con actividad estacional (suspendido) asociados a acumulaciones superficiales de agua.	Relleno c = 1.64 t/m^2 ϕ = 28 ° γt = 1.83 t/m^3

ZONA	MATERIALES	MORFOLOGÍA	PROCESOS MORFODINÁMICOS	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS
Z3	Zona donde se ubica el colegio Los Pinos, se encuentran materiales de relleno de hasta 3 m de espesor sobre suelos arcillosos de alta plasticidad de consistencia media a blanda. Estos suelos presentan espesores de hasta de 17 m, bajo los cuales se ubica una arcillolita abigarrada.	Predominan las pendientes entre 12 y 35%, con aumentos en cercanía a la vía. La ladera es ondulada.	Se observan flujos superficiales de espesor no mayor a 2,0 m asociadas a acumulación superficial de agua	Relleno c = 1.64 t/m^2 ϕ = 28 ° γt = 1.83 t/m^3
Z4	Zona donde se ubica la infraestructura recreativa del área de estudio, donde se reconocen materiales de relleno de espesor hasta 2,5 m, sobre suelos arcillosos de consistencia firme o compacidad densa. La base es arcillolita abigarrada.	Dada la intervención antrópica del área, las pendientes del terreno no superan el 25%, predominando aquellas menores a 12%.	No se observan procesos morfodinámicos	Relleno c = 3.4 t/m^2 ϕ = 25 ° γt = 1.9 t/m^3
Z5	Se reconoce la presencia de rellenos y suelos residuales, de espesor de 5,0 m o menos, ubicados sobre roca meteorizada de Arenisca de la Formación Cacho.	Pendientes mayores a 25% hasta verticales, asociadas a macizo rocoso.	No se observan procesos morfodinámicos.	Relleno c = 1.2 t/m^2 ϕ = 34 ° γt = 1.9 t/m^3

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales que subyacen estos rellenos superficiales se identifican en los perfiles geotécnicos de la sección 8.7, y sus propiedades se presentaron en la Ilustración 8-11.

8.7 PERFILES GEOTÉCNICOS

A partir de los niveles identificados, y combinando la información de las zonas geotécnicas, se generaron perfiles geotécnicos que incluyen tanto información geológica como análisis de propiedades básicas. Estos perfiles configuran el modelo geológico geotécnico que se presenta en el Mapa 11.

En estos perfiles se muestra la estratificación de los suelos y una aproximación de la disposición de los estratos rocosos según los datos estructurales tomados en sitio, que según el alineamiento de los perfiles estaría en contrapendiente.La Ilustración 8-29, presenta la ubicación en planta del perfil estratigráfico I, y la Ilustración 8-33 , presenta el

perfil del subsuelo 4, con la topografía correspondiente, en donde se proyectaron los sondeos cercanos, los cuales corresponden a S10, S11, S16, S15 y S14.

En el Mapa 11, se presenta las secciones del modelo geotécnico.



Ilustración 8-29. Perfil Geotécnico I, vista en planta
Fuente: Elaboración propia.

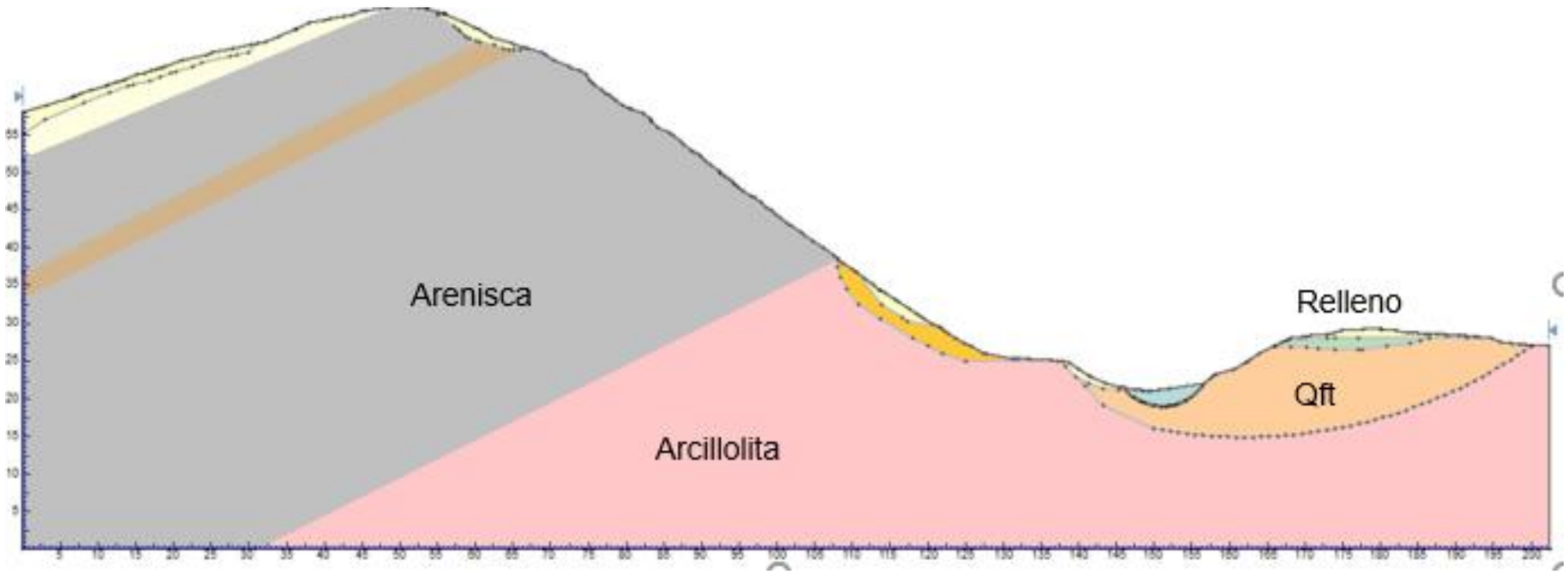


Ilustración 8-30. Perfil Geotécnico 1.
Fuente: Elaboración propia

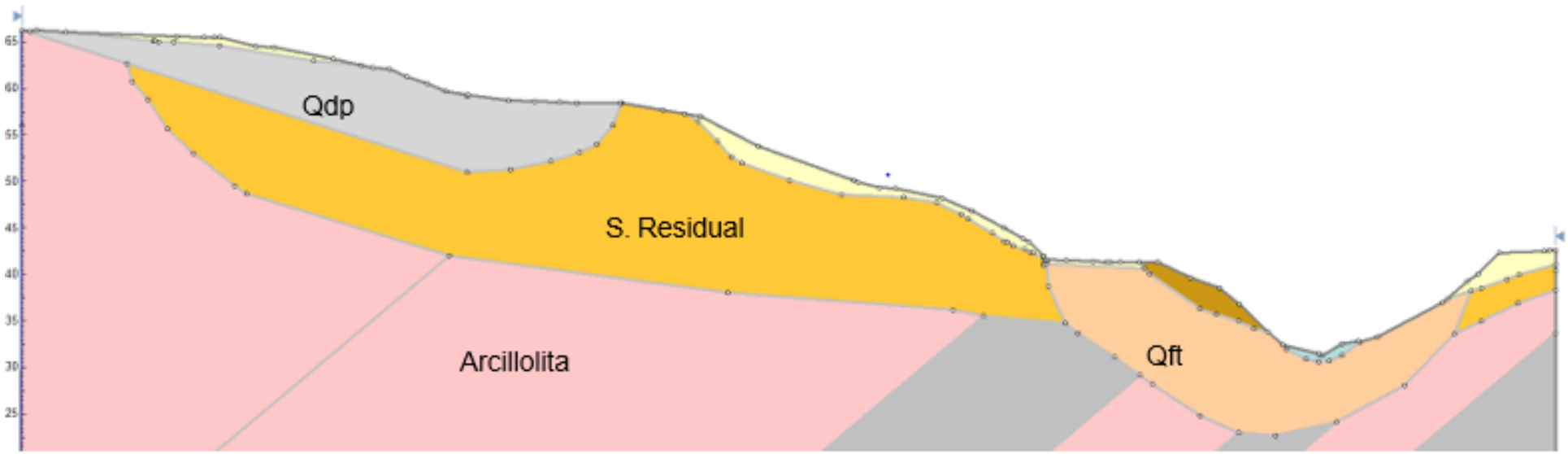


Ilustración 8-31. Perfil Geotécnico 2.
Fuente: Elaboración propia

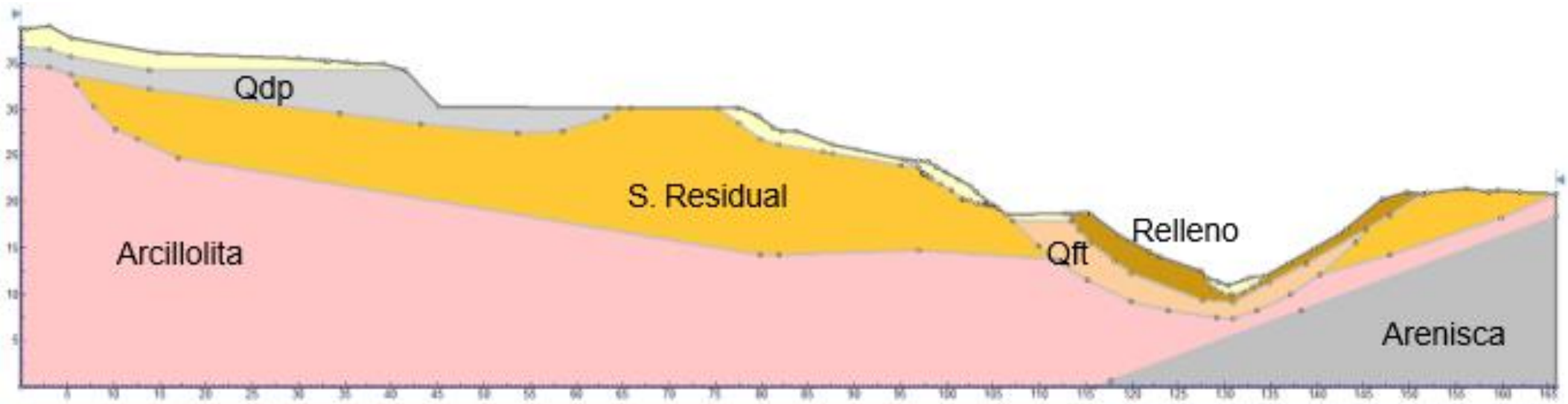


Ilustración 8-32. Perfil Geotécnico 3.
Fuente: Elaboración propia

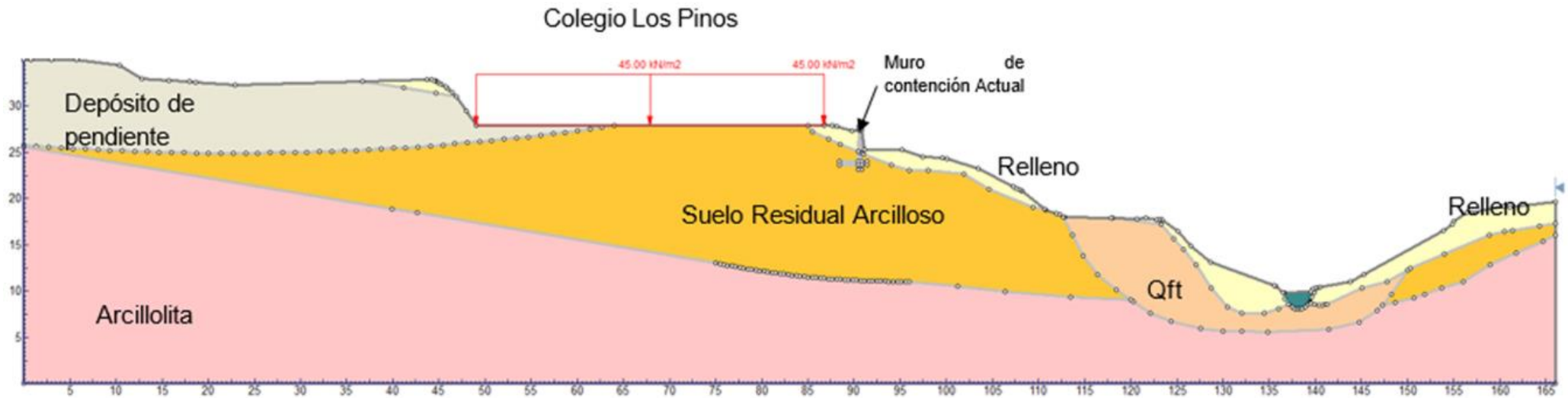


Ilustración 8-33. Perfil Geotécnico 4.
Fuente: Elaboración propia

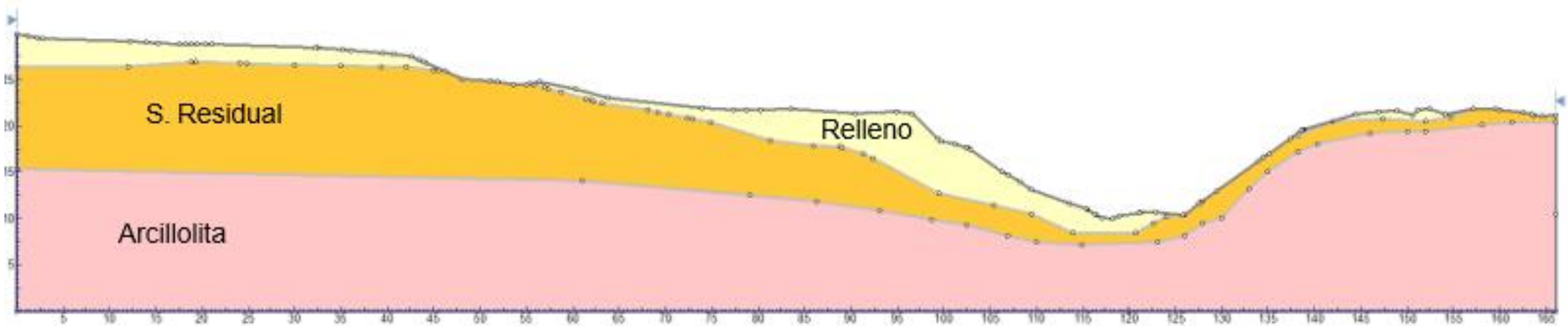


Ilustración 8-34. Perfil Geotécnico 5.
Fuente: Elaboración propia

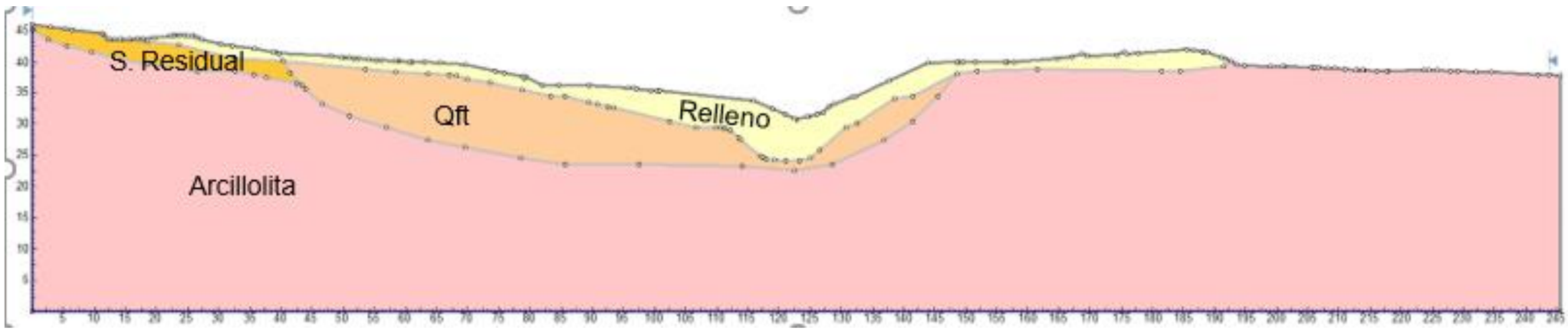


Ilustración 8-35. Perfil Geotécnico 6.
Fuente: Elaboración propia

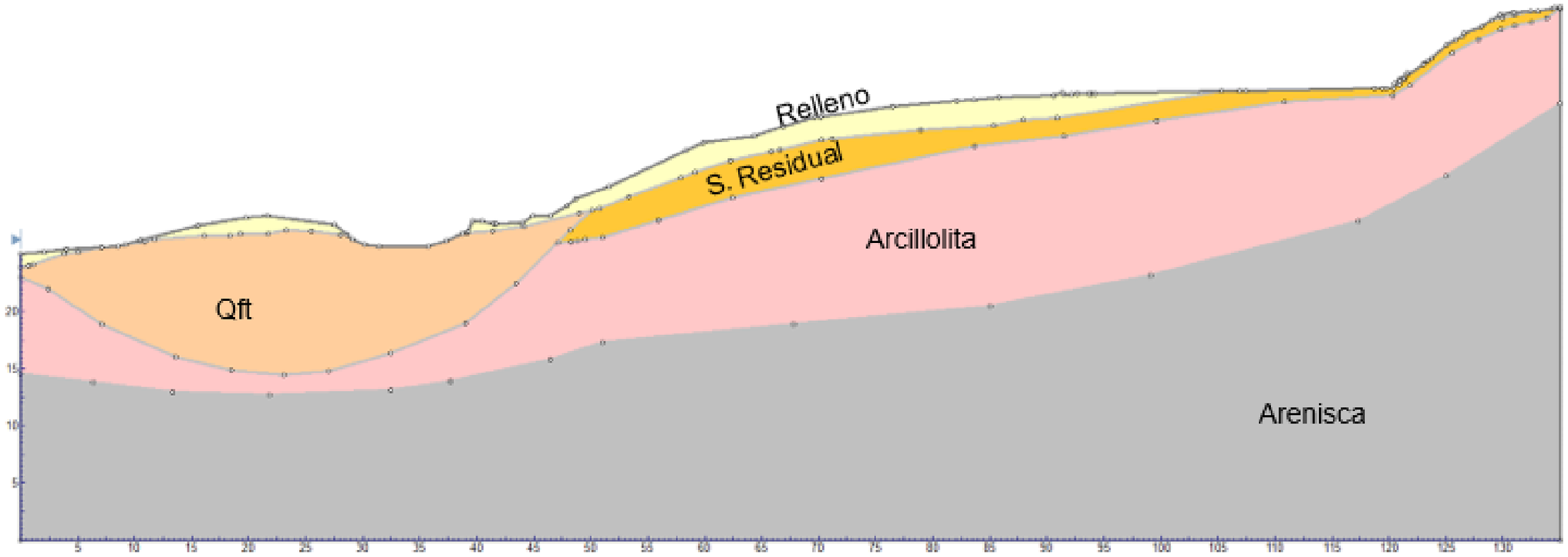


Ilustración 8-36. Perfil Geotécnico 7
Fuente: Elaboración propia

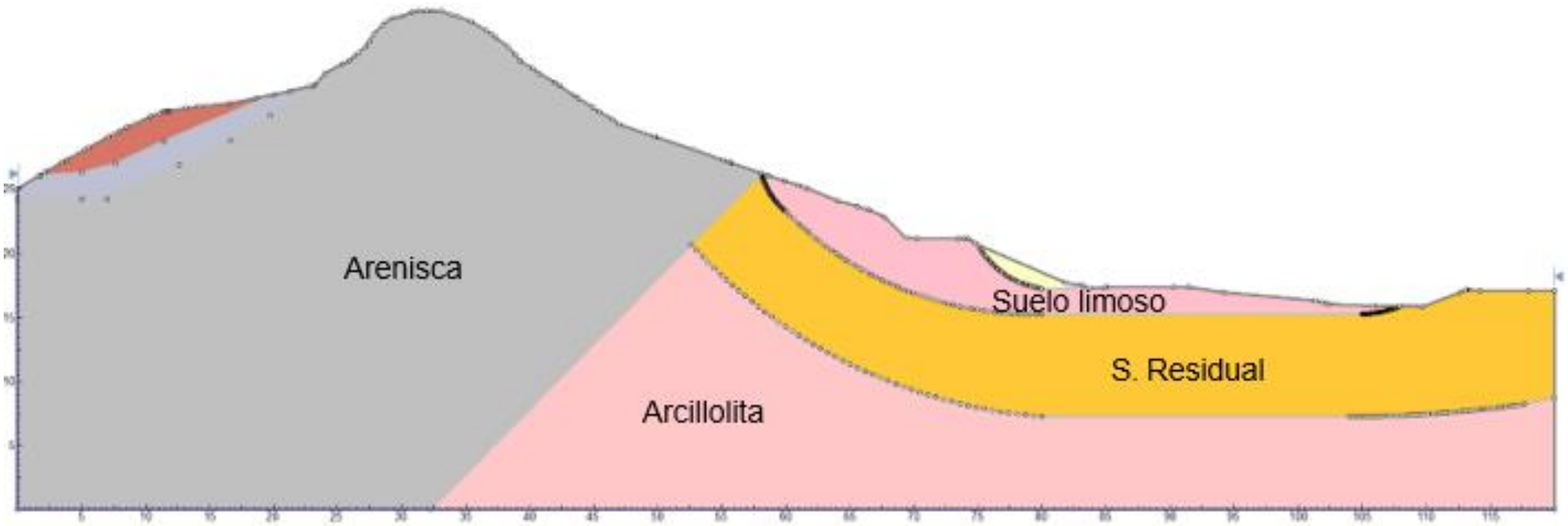


Ilustración 8-37. Perfil Geotécnico 8
Fuente: Elaboración propia

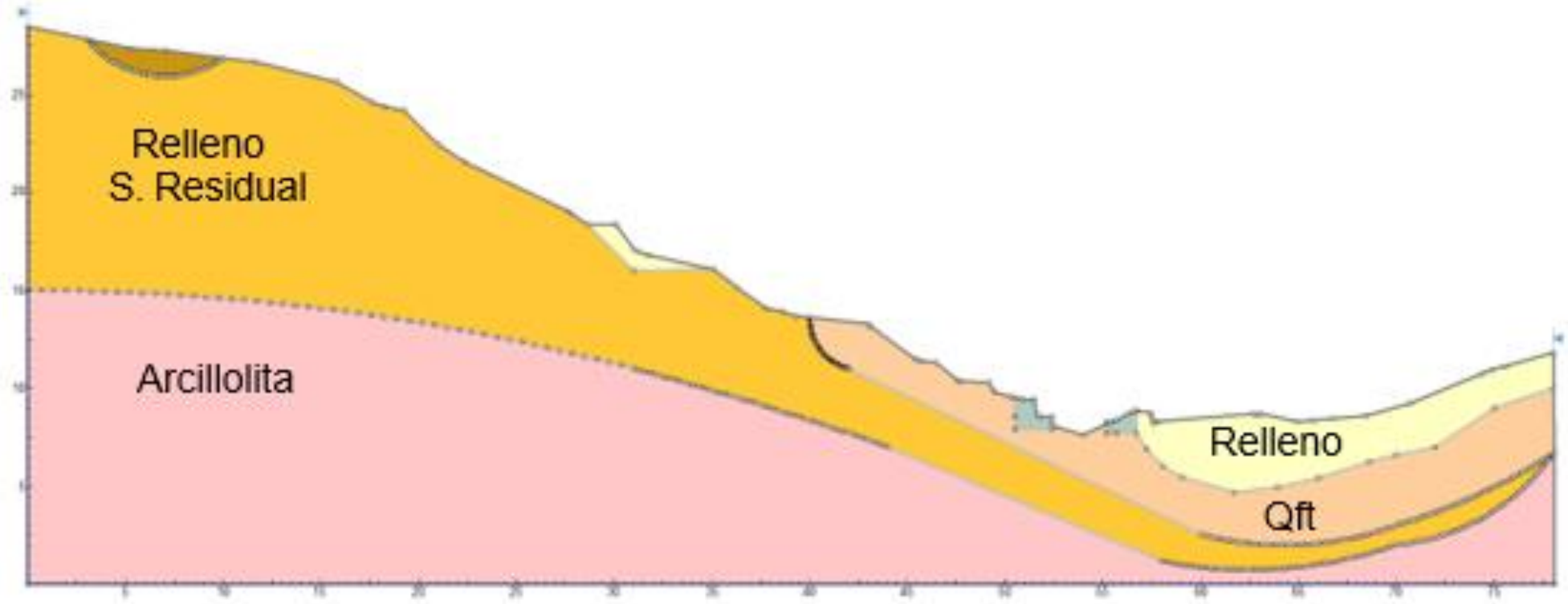


Ilustración 8-38. Perfil Geotécnico 9
Fuente: Elaboración propia

8.8 ACELERACIÓN SÍSMICA

Para el aspecto sismo se revisó la información de mayor detalle que existe en la ciudad correspondiente al estudio de respuesta sísmica del Subsuelo – Microzonificación sísmica de Bogotá, incluido en el decreto 523 de 2010 (Ilustración 8-39). En el área de estudio se presentan dos zonas: Cerros y Depósito de ladera, con aceleraciones máximas en superficie de 0,18 g y 0,22 g respectivamente, que corresponde a la aceleración pico efectiva del terreno en un periodo de análisis de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10%.

Tabla 8.23. Parámetros de respuesta sísmica

ZONA	F_a	F_V	Aa (g)	A_0
Cerros	1.35	1.3	0,15	0.18g
Depósito de ladera	1.65	1.7	0,15	0.22g

Fuente: Decreto 523 de 2010. Microzonificación sísmica de Bogotá, 2010.

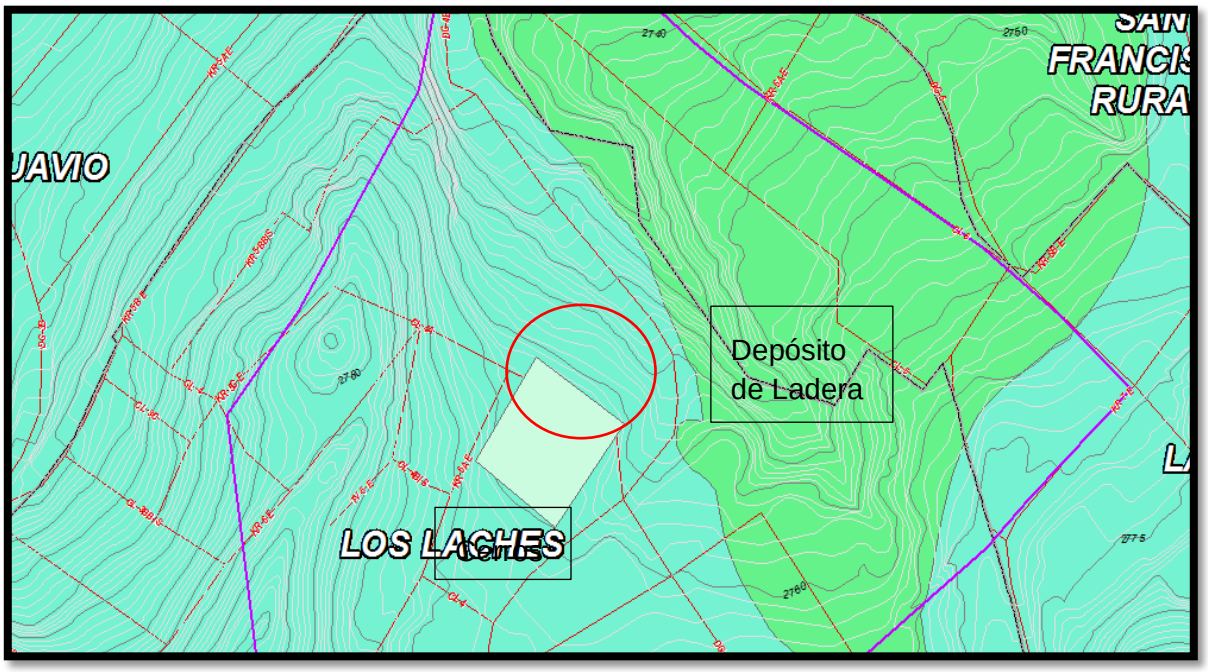


Ilustración 8-39 Respuesta sísmica del área de estudio
Fuente: Microzonificación sísmica de Bogotá, 2010.

El cambio de zona está dado en su mayoría en la vía diagonal 4A, donde hay un cambio topográfico definido. En todo caso y como lo describe el decreto 523 de 2010, al colindar con límites de zona se verificó la pertinencia de una u otro zona en función del modelo geológico geotécnico local, el cual indica que la mayoría del área hay presencia de suelos sobre roca meteorizada, inclusive de más de 6 m en la ladera del colegio Los Pinos, lo que se asocia de mejor forma a la descripción de la zona de respuesta sísmica Depósito de ladera, resultando en una aceleración para diseño para la zona de estudio de A_o=0,22g.

A partir de esta aceleración, se determina el coeficiente pseudoestático de taludes K mínimo como:

$$K = \frac{2}{3} * A0 = 0.146$$

Se revisa la determinación del coeficiente de aceleración sísmica para el análisis de estabilidad conforme al título H de la NSR-10, por tanto

$$Kh = 0.8 * A0 = 0.176$$

Por tanto, se toma para los análisis el valor de Kh = 0.176.

9 INVENTARIO FORESTAL

El presente capítulo, presenta las características físicas y sanitarias de los individuos arbóreos que se encuentran al interior del polígono definido para el "ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D. C.".

Para ello se tuvo en cuenta el decreto 1791 del 4 de octubre de 1996; por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal", en especial el artículo 10 del mismo. Además, se tuvo en cuenta tanto el Decreto Distrital 531 del 2.010 en cuanto al manejo del arbolado urbano, como la Resolución 7615 del 4 de noviembre de 2.009, expedida por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), la cual prohíbe especímenes considerados como propagadores de los incendios forestales en los cerros orientales; así mismo, se tuvo en cuanta lo mencionado en el Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital.

Igualmente, el inventario forestal se complementó con lo establecido en el Manual de Arborización para Bogotá D.C. publicado por el Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis" -JBB-.

Finalmente, en los sitios donde se identificaron árboles, arbustos, palmas o helechos arborescentes y que pueden ser afectados por el desarrollo del proyecto, se dará cumplimiento tanto a las obligaciones como a lo establecido por la autoridad ambiental competente.

Es importante mencionar, que de acuerdo con los objetivos del proyecto, el inventario forestal, al ciento por ciento, no estuvo encaminado a una caracterización ecológica de la comunidad forestal; por lo tanto, no se presenta un análisis estructural (horizontal y vertical), composición florística y diversidad de las coberturas vegetales.

El presente informe, aplica para el polígono definido y que hace parte del área de influencia del proyecto "ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D. C.".

Por último, el presente informe describe el desarrollo del inventario forestal para el área en mención y los resultados finales del mismo, lo anterior con el fin de tramitar ante la Secretaría del Medio Ambiente la Resolución de Aprovechamiento Forestal para el proyecto.

9.1 OBJETIVOS

Durante la etapa de estudios y diseños y con base en los objetivos del proyecto "ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D. C.", se presenta a continuación los objetivos que se buscan con la realización del inventario forestal para el presente estudio.

9.1.1 Objetivo general

Realizar el inventario de los individuos arbóreos que se localizan al interior del polígono definido para llevar cabo los "ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D. C.".

9.1.2 Objetivos específicos

- Identificar la totalidad de la vegetación arbórea existente en el área definida.
- Levantar los datos de campo que permitan realizar el registro general e individual de todas las especies arbóreas.
- Identificar el tratamiento silvicultural recomendado para cada individuo arbóreo existente de acuerdo con las condiciones técnicas y necesidades del proyecto.
- Generar planos de ubicación de las especies arbóreas del inventario forestal mediante georeferenciación con GPS.
- Consolidar la información requerida por la Autoridad Ambiental para otorgar el permiso de aprovechamiento forestal en el sitio específico de intervención.

9.2 LOCALIZACIÓN

El área sobre la cual se desarrolla el "ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN", se localiza en el barrio Los Laches de la localidad Ciudad Bolívar de la ciudad de Bogotá D. C. El área de estudio corresponde al polígono delimitado en los estudios técnicos entre la diagonal 4B y la carrera 6 Este, de acuerdo a los requerimientos técnicos emitidos por el IDIGER que hacen parte del contrato 482 de 2017 (Ilustración 9-1).



Ilustración 9-1 Poligono de estudio
Fuente: Elaboración propia

Dentro del polígono de estudio se encuentra el Colegio Los Pinos, el centro de salud adyacente, infraestructura deportiva, colegio La Peña; además, hacia el costado norte del polígono, corre en sentido SE-NW la Quebrada Chorrerón, la cual incluye su zona de ronda, algunos parques y zonas verdes.

En la Tabla 9-1, se presentan las coordenadas del polígono de estudio.

Tabla 9.1.Coordenadas de polígono de estudio

Punto	N	E	Punto	N	E
1	100946,74	99103,68	14	101200,72	99102,44
2	100986,63	99174,43	15	101224,38	99078,47
3	100999,60	99237,36	16	101190,72	99043,54
4	101011,97	99231,03	17	101175,96	99027,51
5	101029,27	99223,88	18	101104,52	98966,71
6	101043,56	99217,69	19	101088,17	98946,86
7	101058,96	99207,53	20	101080,39	98949,88
8	101078,64	99190,07	21	101015,66	98960,87
9	101095,15	99177,05	22	101003,38	98958,75
10	101105,79	99196,75	23	100950,12	98949,27
11	101122,14	99159,11	24	100932,92	98992,13
12	101149,76	99141,01	25	100922,87	99070,18
13	101175,16	99123,71	26	100946,74	99103,68

Fuente: Elaboración propia

Igualmente, la Tabla 9-2 muestra la localización geográfica o catastral de cada uno de los individuos arbóreos inventariados para el área de estudio.

Tabla 9.2. Localización geográfica o dirección catastral de los individuos arbóreos inventariados

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Localización geográfica o Dirección urbana
1	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
2	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
3	*76*	*Carica pubescens*	Papayuelo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
4	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
5	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
6	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
7	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Localización geográfica o Dirección urbana
8	*24*	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
9	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
10	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
11	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
12	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
13	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
14	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
15	*79*	*Tecoma stans*	Chicalá, chirlobirlo, flor amarillo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
16	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
17	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
18	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
19	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
20	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
21	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
22	*44*	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
23	*131*	*Croton magdalenensis*	Sangregado	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
24	*131*	*Croton magdalenensis*	Sangregado	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
25	*60*	*Ligustrum lucidum*	Jazmín de la china	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
26	*350*	*Myrcia popayanensis*	Endrino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
27	*5*	*Pinus patula*	Pino pátula	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
28	*35*	*Quercus humboldtii*	Roble	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
29	*5*	*Pinus patula*	Pino pátula	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Localización geográfica o Dirección urbana
30	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
31	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
32	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
33	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
34	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
35	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
36	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
37	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
38	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
39	*44*	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
40	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
41	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
42	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
43	*61*	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
44	*61*	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
45	*76*	*Carica pubescens*	Papayuelo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
46	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
47	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
48	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
49	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
50	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
51	*61*	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Localización geográfica o Dirección urbana
52	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
53	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
54	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
55	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
56	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
57	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
58	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
59	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
60	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
61	*24*	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
62	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
63	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
64	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
65	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
66	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
67	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
68	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
69	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
70	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
71	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
72	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
73	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Localización geográfica o Dirección urbana
74	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
75	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
76	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
77	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)
78	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	Individuo localizado en zona verde (Ver Coordenadas)

Fuente: Elaboración propia

9.3 DEFINICIONES

Para los efectos del inventario forestal, se adoptarán las definiciones propuestas en el Decreto Distrital 531 del 2010:

- **Arbolado urbano**: Conjunto de plantas de las especies correspondientes a los biotipos: árbol, arbusto, palma o helecho arborescente, ubicados en suelo urbano.

- **Fustal**: Árbol con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm y más de 1,5 metros de altura.

- **Manejo Silvicultural**: Son todas aquellas prácticas técnicas requeridas para el establecimiento, atención integral y tala de árboles.

- **Silvicultura Urbana**: Es un sistema múltiple de ordenación de la cobertura que incluye el sistema hídrico urbano, los hábitats de las especies animales presentes en la ciudad, el diseño del paisaje urbano, establecimiento, atención integral y tala de árboles, en forma aislada o en arreglos especiales como parte del mobiliario urbano, con el fin de potenciar la generación de servicios ambientales.

- **Tratamientos especializados**: Conjunto de prácticas técnicas especializadas que incluyen procedimientos no convencionales para la conservación y rehabilitación del arbolado urbano tales como bloqueo, traslado, cirugía, descope, empernados, instalación de tensores, manejo fitosanitario, poda aérea, confinamiento y poda de raíz, entre otros.

De otro lado, se entiende como:

- **Inventario Forestal**: Proceso de recolección de información, análisis y ordenamiento de datos de un conjunto de especies arbóreas con Diámetro a la Altura del Pecho -DAP- mayor a 0,10 m., con el fin de ser evaluadas según tratamientos silviculturales dispuestos.

9.4 PROCEDIMIENTO

Teniendo en cuenta la importancia de la identificación de la vegetación existente y el conocimiento previo del manejo silvicultural que se tendrá durante la ejecución de las obras de mitigación, se adelantó la evaluación minuciosa de la vegetación relacionada con árboles, arbustos, palmas o helechos arborescentes que se presentaran en el área de estudio.

Es importante mencionar, que el levantamiento forestal está dirigida a individuos vegetales con Diámetro a la Altura del Pecho -DAP- mayor a 0,10 m.; sin embargo, se realizó la caracterización física y sanitaria de las especies arbustivas que en la actualidad presentan algún tratamiento especial por parte de la Autoridad Ambiental.

La realización del inventario forestal comprendió tres (3) etapas, a saber:

- Etapa de planeación
- Etapa de evaluación y valoración individual
- Etapa de elaboración de las fichas establecidas para desarrollar el inventario forestal

9.4.1 Etapa de planeación

Consiste en programar las actividades y recursos necesarios, de manera continua y ordenada, para adelantar las actividades pertinentes a la revisión y levantamiento de la información del inventario forestal (toma y registro de la información necesaria) en el área específica a adecuar.

Específicamente, esta etapa comprende las siguientes labores:

- Identificación de los límites del proyecto en procura de incorporar la vegetación que en un momento específico podrá interferir en la construcción del proyecto.
- Identificación y selección de criterios, lineamientos y formatos vigentes relacionados con el levantamiento de vegetación en espacio urbano.

- Programación y recopilación de información de campo.

- Tramitar los formatos para recopilación de datos en campo que permitan diligenciar Formatos No. 1 y 2 de la Secretaría del Medio Ambiente (SDA, 2010), acogido por la Decreto Distrital 531/2010 (126PM04–PR30-F-3-V 6.0), y adelantar la valoración, ecológica y ambiental solicitada (Anexos 8- 1 y 8-2).

- Recepción de observaciones provenientes de la Interventoría para adelantar el Inventario Forestal.

9.4.2 Etapa de evaluación y valoración

Esta etapa, consistió en realizar un estricto recorrido en el área del Proyecto, con el propósito de conocer la vegetación existente y registrar los datos que permitieron desarrollar la evaluación fitosanitaria de cada individuo y la valoración ecológica y ambiental; y así identificar los posibles tratamientos silviculturales a solicitar ante la Autoridad Ambiental.

9.4.3 Criterios para la evaluación y valoración individual

Dentro de la evaluación de cada uno de los individuos arbóreos, se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- El estado fitosanitario y la fisiología de las especies, determinó la posibilidad de permanencia en el sitio o tratamiento silvicultural de poda, tala, bloqueo y traslado, conservar y tratamiento integral dependiendo de su papel frente al diseño geotécnico, geométrico y paisajístico (Anexo 8- 1).

- El valor estético a asignar, en la Ficha de registro individual (Anexo 8-2), se escogió de acuerdo con las definiciones del Manual de Arborización Urbana del Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis” -JBB-, donde se indica, que desde el punto de vista paisajístico y en lo referente a la evaluación estética, se debe integrar el papel que desempeña el árbol dentro del contexto espacial, es decir su volumetría y representatividad en el espacio donde está localizado. Por ejemplo: un árbol que no sea ostensiblemente destacado ni llamativo, puede jugar un papel espacial importante si es el único dentro del área y su conservación será fundamental.

Por otra parte, en un grupo numeroso de árboles bien desarrollados y formalmente atractivos, la conservación de uno en particular de ellos puede no ser tan importante como en el caso anterior; como sí lo es la conservación de la imagen de grupo, en donde la adición o sustracción de un individuo no tiene efecto contundente.

Es importante aclarar, que en esta etapa de evaluación individual pretendió esclarecer el estado actual de la vegetación existente sin requerir aún la superposición del diseño, estos criterios mencionados anteriormente determinaron las potencialidades de la vegetación en el espacio público que ocupan.

Los problemas y riesgos del árbol, en el sitio identificado, en el documento Complemento del Manual Verde, también son contemplados dentro del proceso de valoración ambiental y ecológica, con los siguientes criterios:

- Si el problema o riesgo es bajo y solucionable mediante la poda o con alguna medida mínima o pequeña como el corte de raíces o se requiere la construcción o la reparación de alguna estructura pequeña, se asignarán valores bajos.

- Si el problema o riesgo es mediano, y requiere medidas más costosas pero aún se puede salvar el árbol podrían asignarse valores intermedios.

- Para casos en los cuales el peligro es mayor y el riesgo más obvio, deben asignarse valores más altos.

- Para casos en los cuales el riesgo sea inminente, se debe proceder a documentar fotográficamente y sustentar por escrito.

Los parámetros que se valoraron en cuanto a los riesgos y problemas son los siguientes:

- Viviendas, edificaciones o monumentos cercanos en riesgo o peligro (por posible caída del árbol).

- Daños existentes a infraestructura pública o privada, (por levantamiento o intrusión de raíces).

- Hundimiento de terrenos o vías asociados a extracción de agua por el árbol.

- Riesgo para actividades cercanas (juegos de niños, sitios de descanso, paraderos, etc.), por atracción de rayos.

- Riesgo para redes de fluido eléctrico, telefónicas, etc.
- Peligro de caída de ramas débiles o secas
- Excesiva Sombra o Humedad
- Contribución a Inseguridad personal o comunitaria
- Pérdida estética o de valor de la propiedad
- Obstáculo para visibilidad, movilidad y seguridad del tráfico

La decisión final, acerca del "Concepto técnico" del individuo forestal, es el resultado de sumar todas las anteriores consideraciones: el estado físico y estado sanitario (propias de la evaluación individual), las funciones y aportes del árbol y todos los riesgos y problemas asociados al individuo analizado, siguiendo las sugerencias del Documento Complemento del Manual Verde y por supuesto las consideraciones relacionados con los ajustes del diseño geométrico y paisajístico propio del proyecto.

Para efectuar la solicitud de tratamientos silviculturales recomendados, se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Se recomendó Bloqueo y Traslado, a las especies con posibilidad técnica y demostrada de sobrevivir; para el caso de los individuos que interfieran con el diseño pero que su condición fitosanitaria, valor estético, valoración económica, ecológica y ambiental justifican mantener vivo el árbol. Es de anotar, que para el proyecto en relación, no se recomendaron árboles para bloqueo y traslado dado que la ejecución física del traslado es inviable dado la topografía del terreno pues para los bloqueos y traslados se debe contar con una grúa hidráulica y no habría forma de accesibilidad hasta el sitio de interés.
- Viabilidad económica para ejecutar.
- La imposibilidad de desarrollar el proyecto constructivo, por la localización de los árboles o los objetivos de diseño paisajístico propuestos, serán razón para contemplar la eliminación o traslado de cualquier individuo.
- Resultado de la valoración económica, ecológica y ambiental realizada, la cual contribuyó a la toma de decisión.

Los tratamientos recomendados, corresponden a:

T:	Tala	PE:	Poda de estabilidad
Co:	Conservar	ES:	Poda de Mejoramiento estructura
Tra:	Traslado	SA:	Poda de Mejoramiento sanitaria
PRE:	Poda de formación realce	PR:	Poda radicular
PCA:	Poda de formación control de alturas	TE:	Tratamiento especial
		TI:	Tratamiento integral
PAC:	Poda de formación aclareo		

De igual forma, se indicaron en las fichas técnicas de registro, si el individuo se debe conservar o requerir algún otro tratamiento.

9.4.4 Elementos que se incluyen en las fichas establecidas para desarrollar el inventario forestal

Teniendo en cuenta que la información del inventario forestal debe ser minuciosa y precisa para diligenciar los anexos 8-1 y 8-2; se realizó un recorrido árbol por árbol a fin de adelantar una evaluación individual.

Con el propósito de identificar en terreno y planos cada uno de los individuos inventariados, se marcaron de forma consecutiva, cada uno de los árboles existentes con pintura. De igual forma, se georreferenció cada uno de ellos.

Los datos que se consignaron en las planillas, para toma de datos de campo, fueron los siguientes:

- Número de registro. Con este número se identificó cada individuo en la Ficha Técnica de Registro General e Individual y en el Plano de Arborización existente.
- Nombre vernáculo y científico de acuerdo a cada especie referida.
- Altura total: Es la medida entre el suelo o la base del árbol y el límite superior del follaje.

- Altura comercial: Es la medida entre el suelo o la base del árbol y la primera ramificación sin importar la altura del fuste.

- DAP: Se refiere al diámetro del tronco a la altura del pecho sin importar la altura del fuste.

- Diámetro de la copa: Se refiere al diámetro de la proyección de la copa.

- Densidad de Follaje: Se utilizó la siguiente clasificación:
  D: Densa = Deja pasar menos del 30% de la luz
  M: Media = Deja pasar del 30 al 70% de la luz
  R: Rala = Deja pasar más del 70% de la luz

9.4.5 Estado Físico

Se estableció el tipo de daño y el resumen del estado en porcentaje:

COPA:

ER:	Excesiva ramificación	RP:	Ramas pendulares
PAA:	Podas antitécnicas anteriores	RPC:	Ramas peligro de caída
PAT:	Podas técnicas anteriores	DDR:	Desgarre de rama
RS:	Ramas secas	Des:	Descope
RB:	Rebrotes	NO:	Normal
CA:	Copa asimétrica		

FUSTE:

B:	Bifurcado	SB:	Socavamiento basal
Bb:	Bifurcación basal	AG:	Afectación por guadañadora
BB:	Bifurcaciones basales	PO:	Presencia de objetos extraños
FR:	Fuste Recto	PE:	Presencia de encerramientos
I:	Inclinado	DM-L:	Daño mecánico leve
GDI:	Grados de inclinación	DM-G:	Daño mecánico grave
MI:	Muy inclinado	DM-M:	Daño mecánico medio

To:	Torcido	Gri:	Grietas
C:	Compartimentalizado	Fis:	Fisura
Rv:	Madera revirada	Cav:	Cavidad
Ac:	Acanalado	AP:	Arquitectura pobre
An:	Anillado	CI:	Corteza incluida
Dc:	Descortezado		

RAIZ:

RD:	Raíces descubiertas	PRAFR:	Poda raíz antitécnica fuera del radio crítico
PRADR:	Poda raíz antitécnica dentro del radio crítico	Res:	Raíces estranguladoras
PRT:	Poda raíz técnica	Ren:	Raíces entorchadas
Na:	No apreciable	Mon:	Montículo

9.4.6 Estado Sanitario

Se determinó la presencia o no de plagas o enfermedades y el resumen del estado en porcentaje:

COPA:

He:	Herbivoría	Mi:	Mildeos
An:	Antracnosis	C:	Carbones
Ag:	Agallas	Ro:	Royas
Ne:	Necrosis	Psu:	Puntos de succión
Tu:	Tumores	PT:	Puntos translucidos
Cl:	Clorosis	Pla:	Plasmólisis
Ma:	Marchitamiento	Pi:	Presencia de insectos
Ca:	Cáncer	Na:	Ninguna de las anteriores
PL:	Pudrición localizada en copa		

FUSTE:

Re:	Resinosis	Tu:	Tumores
Ch:	Chancros	Ag:	Agallas
PLF:	Pudrición localizada en fuste	Pi:	Presencia de insectos
Go:	Gomosis	Na:	Ninguna de las anteriores

RAÍZ:

PLR:	Pudrición localizada en la raíz	Na:	Ninguna de las anteriores

9.4.7 Causas de intervención

Se identificó la interferencia con obras civiles, daños a infraestructura, interferencia con redes, zonas pendientes entre otras.

ZP:	Zona de pendiente	PV:	Peligro de volcamiento
MA:	Mal anclado	ESV:	Especie susceptible de volcamiento
IIV:	Interferencia infraestructura vial	AUAI:	Árbol ubicado en área inundada
IE:	Interferencia infraestructura con edificaciones	ID:	Inadecuado distanciamiento
		DES:	Deficiente estado sanitario
IMU:	Interferencia infraestructura de mobiliario urbano	DI:	Daño a infraestructura
		DEF:	Deficiente estado físico
IRa:	Interferencia redes de acueducto	EIE:	Espacio insuficiente de emplazamiento
IRe:	Interferencia redes eléctricas		
HX:	Altura excesiva para el lugar de siembra	NI:	Ninguna

9.4.8 Afectación urbana y nivel de riesgo

Se calificó como ninguna (Ni), moderada (Mo) y severa (Se).

9.4.9 Registro fotográfico

Consistió en la toma una fotografía de vista en silueta en donde se puede observar la localización general del individuo y otra vista en detalle en donde se muestra tanto su número de identificación, como los problemas físicos o sanitarios presentes y las afectaciones que actualmente pueda estar causando el individuo a la infraestructura del sitio o viceversa.

Finalmente, en ésta etapa se consolidó el listado total de árboles a recibir tratamiento, por cuanto se contó con toda la información necesaria para la toma de decisión frente al manejo del arbolado encontrado.

9.5 RESULTADOS

9.5.1 Vegetación arbustiva

Al interior del polígono definido, se identificó un área o conjunto de individuos de porte arbustivo (la vegetación arbustiva, corresponde a la desarrollada en forma natural en diferentes densidades y estratos; con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida -IDEAM, 2010-), de retamo liso (*Cytisus monspessulanus* L.). Esta cobertura, cubre aproximadamente a 50 m2, la cual se localiza hacia el costado oriental del área de estudio.

El manejo de dicha vegetación, se presenta en una ficha de “Erradicación de la especie r retamo liso”, asociada al programa de manejo de cobertura vegetal (Anexo 8-3).





Ilustración 9-2 Panorámica de la cobertura de Cytisus monspessulanus L.
Fuente: Elaboración propia

9.5.2 Vegetación arbórea

El levantamiento de la vegetación arbórea, que se realizó para el área en donde se llevarán a cabo los "ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D. C.", contempló el inventario de 78 individuos vegetales, agrupados en 16 especies.

La Tabla 9-3, relaciona el nombre vernáculo, el nombre científico y la cantidad de individuos por especie.

Tabla 9.3.Vegetación arbórea inventariada

No. ÁRBOL																			Cantidad	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	
																					Nombre Científico	Nombre Vernáculo
30	31	32	40	63	66	72	74	75	76	77									11	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris
3	45																		2	76	*Carica pubescens*	Papayuelo
23	24																		2	131	*Croton magdalenensis*	Sangregado
11	12	14	16	41	42	46	47	71	73										10	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino ciprés, Pino
5	9	10	13	19	60	62	64	65	67	68	69	70							13	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común
20	21	33	34	35	36	37	38	49	50	52	53	54	55	56	57	58	59		18	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero
8	61																		2	24	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno
22	39																		2	44	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales
25																			1	60	*Ligustrum lucidum*	Jazmín de la china
26																			1	350	*Myrcia popayanensis*	Endrino
27	29																		2	5	*Pinus patula*	Pino pátula
43	44	51																	3	61	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito
6	17	18	48																4	323	*Prunus serotina*	Cerezo
28																			1	35	*Quercus humboldtii*	Roble

No. ÁRBOL	Cantidad	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	
			Nombre Científico	Nombre Vernáculo
1 2 4 7 78	5	94	*Sambucus nigra*	Sauco
15	1	79	*Tecoma stans*	Chicalá, chirlobirlo, flor amarillo

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, el 23,08% de los individuos arbóreos localizados al interior del área de estudio, corresponde al Caucho sabanero (*Ficus soatensis*), mientras que el 16,67% pertenece al Eucalipto común (*Eucalyptus globulus*); el 14,10% corresponde a la Acacia negra (Acacia decurrens) y el 12,82% pertenece al Ciprés (Cupressus lusitanica).

El volumen comercial de madera, se determinó a partir de lo descrito en la siguiente ecuación:

$$V= \pi/4 * (DAP)^2 * H* Ff;$$

Dónde:

π: Valor de pi,

DAP: Diámetro a la altura del pecho,

H: Altura comercial y,

Ff: Factor forma para la zona es de 0,6.

La Tabla 9-4, presenta un resumen del volumen total y comercial de los individuos inventariados.

Tabla 9.4. Volumen total y comercial por individuo

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vulgar	DAP (m)	PAP (m)	ALT. TOT. (m)	ALT. COM (m)	VOLUMEN COMERCIAL (m3)	DIAM. COPA POLAR (m)	DIAM. COPA ECUAT. (m)	Área Basal (m)
1	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	0,10	0,31	2,50	0,40	0,00	2,00	4,00	0,08
2	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	0,40	1,26	3,00	0,50	0,04	4,00	7,00	1,24
3	*76*	*Carica pubescens*	Papayuelo	0,80	2,51	2,50	0,70	0,21	2,00	4,00	4,96
4	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	0,45	1,41	4,00	0,50	0,05	4,00	6,00	1,57
5	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	1,10	3,46	14,00	8,00	4,56	6,00	14,00	9,38
6	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	0,14	0,44	10,00	70,00	0,65	3,00	4,00	0,15
7	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	0,20	0,63	4,50	30,00	0,57	2,00	5,00	0,31

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vulgar	DAP (m)	PAP (m)	ALT. TOT. (m)	ALT. COM (m)	VOLUMEN COMERCIAL (m3)	DIAM. COPA POLAR (m)	DIAM. COPA ECUAT. (m)	Área Basal (m)
8	24	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno	0,15	0,47	5,00	2,00	0,02	2,00	4,00	0,17
9	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,15	0,47	14,00	4,00	0,04	4,00	7,00	0,17
10	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,18	0,57	12,00	6,00	0,09	2,00	4,00	0,25
11	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,10	0,31	6,00	1,00	0,00	2,00	4,00	0,08
12	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,10	0,31	6,00	1,00	0,00	2,00	4,00	0,08
13	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,90	2,83	16,00	2,50	0,95	5,00	5,00	6,28
14	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,26	0,82	10,00	2,00	0,06	4,00	5,00	0,52
15	79	*Tecoma stans*	Chicalá, chirlobirlo, flor amarillo	0,10	0,31	4,00	1,00	0,00	2,00	3,00	0,08
16	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,12	0,38	12,00	2,00	0,01	4,00	10,00	0,11
17	323	*Prunus serotina*	Cerezo	0,10	0,31	10,00	2,00	0,01	4,00	6,00	0,08
18	323	*Prunus serotina*	Cerezo	0,10	0,31	6,00	2,00	0,01	3,00	4,00	0,08
19	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,25	0,79	10,00	4,00	0,12	7,00	8,00	0,48
20	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,33	1,04	8,00	1,70	0,09	6,00	8,00	0,84
21	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,23	0,72	5,00	1,00	0,02	4,00	6,00	0,41
22	44	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales	0,21	0,66	9,00	2,00	0,04	6,00	6,00	0,34
23	131	*Croton magdalenensis*	Sangregado	0,18	0,57	6,50	0,30	0,00	4,00	6,00	0,25
24	131	*Croton magdalenensis*	Sangregado	0,21	0,66	6,50	0,70	0,01	4,00	6,00	0,34
25	60	*Ligustrum lucidum*	Jazmín de la china	0,11	0,35	4,50	1,00	0,01	2,00	4,00	0,09
26	350	*Myrcia popayanensis*	Endrino	0,80	2,51	4,00	0,40	0,12	2,00	4,00	4,96
27	5	*Pinus patula*	Pino pátula	0,60	1,88	15,00	4,00	0,68	6,00	10,00	2,79
28	35	*Quercus humboldtii*	Roble	0,17	0,53	10,00	2,00	0,03	2,00	4,00	0,22
29	5	*Pinus patula*	Pino pátula	0,45	1,41	10,00	3,00	0,29	4,00	6,00	1,57
30	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,20	0,63	8,00	1,00	0,02	2,00	4,00	0,31
31	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,30	0,94	10,00	2,00	0,08	4,00	6,00	0,70
32	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,32	1,01	12,00	4,00	0,19	8,00	10,00	0,79
33	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,18	0,57	7,00	2,00	0,03	2,00	4,00	0,25
34	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,18	0,57	6,00	2,00	0,03	4,00	6,00	0,25
35	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,24	0,75	7,00	1,60	0,04	8,00	8,00	0,45
36	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,20	0,63	8,00	1,50	0,03	6,00	6,00	0,31
37	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,20	0,63	7,00	1,00	0,02	4,00	6,00	0,31
38	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,17	0,53	8,00	0,70	0,01	4,00	6,00	0,22
39	44	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales	0,18	0,57	6,00	1,50	0,02	4,00	6,00	0,25
40	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,57	1,79	12,00	1,00	0,15	6,00	8,00	2,52
41	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,18	0,57	10,00	1,20	0,02	6,00	8,00	0,25
42	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,40	1,26	10,00	1,20	0,09	6,00	8,00	1,24
43	61	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	0,35	1,10	8,00	0,50	0,03	6,00	8,00	0,95

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vulgar	DAP (m)	PAP (m)	ALT. TOT. (m)	ALT. COM (m)	VOLUMEN COMERCIAL (m3)	DIAM. COPA POLAR (m)	DIAM. COPA ECUAT. (m)	Área Basal (m)
44	61	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	0,15	0,47	8,00	1,00	0,01	6,00	8,00	0,17
45	76	*Carica pubescens*	Papayuelo	0,17	0,53	7,00	2,00	0,03	6,00	8,00	0,22
46	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,25	0,79	9,00	0,80	0,02	6,00	8,00	0,48
47	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,35	1,10	11,00	1,20	0,07	6,00	8,00	0,95
48	323	*Prunus serotina*	Cerezo	0,15	0,47	10,00	0,50	0,01	4,00	8,00	0,17
49	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,30	0,94	8,00	1,60	0,07	6,00	10,00	0,70
50	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,26	0,82	8,00	1,86	0,06	4,00	6,00	0,52
51	61	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	0,28	0,88	8,00	1,30	0,05	6,00	8,00	0,61
52	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,50	1,57	9,50	1,00	0,12	6,00	8,00	1,94
53	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,18	0,57	9,00	2,00	0,03	4,00	6,00	0,25
54	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,20	0,63	9,00	1,20	0,02	4,00	8,00	0,31
55	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,30	0,94	9,00	1,70	0,07	8,00	10,00	0,70
56	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,25	0,79	10,00	1,70	0,05	6,00	6,00	0,48
57	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,31	0,97	9,00	0,50	0,02	6,00	8,00	0,74
58	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,30	0,94	9,00	1,70	0,07	4,00	10,00	0,70
59	37	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	0,30	0,94	8,00	1,20	0,05	2,00	8,00	0,70
60	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,80	2,51	18,00	0,60	0,18	8,00	14,00	4,96
61	24	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno	0,23	0,72	7,00	1,00	0,02	4,00	4,00	0,41
62	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,50	1,57	18,00	6,00	0,71	8,00	14,00	1,94
63	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,20	0,63	18,00	1,20	0,02	8,00	14,00	0,31
64	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,35	1,10	18,00	3,00	0,17	8,00	14,00	0,95
65	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,28	0,88	15,00	4,00	0,15	4,00	6,00	0,61
66	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,12	0,38	18,00	2,00	0,01	4,00	6,00	0,11
67	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,58	1,82	18,00	6,00	0,95	8,00	14,00	2,61
68	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,40	1,26	18,00	6,00	0,45	8,00	14,00	1,24
69	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,46	1,45	18,00	5,00	0,50	8,00	14,00	1,64
70	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	0,57	1,79	18,00	6,00	0,92	8,00	14,00	2,52
71	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,17	0,53	10,00	0,60	0,01	4,00	6,00	0,22
72	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,28	0,88	8,00	1,20	0,04	2,00	6,00	0,61
73	3	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	0,25	0,79	8,00	1,00	0,03	2,00	4,00	0,48
74	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,17	0,53	9,00	1,00	0,01	2,00	4,00	0,22
75	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,12	0,38	9,00	0,20	0,00	2,00	4,00	0,11
76	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,22	0,69	9,00	1,00	0,02	2,00	4,00	0,38
77	26	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	0,16	0,50	6,00	1,70	0,02	4,00	10,00	0,20
78	94	*Sambucus nigra*	Sauco	0,11	0,35	4,00	1,00	0,01	4,00	4,00	0,09

Fuente: Elaboración propia

9.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.6.1 Vegetación arbustiva

Como ya se mencionó, este tipo de cobertura corresponde al retamo liso (*Cytisus monspessulanus* L.), localizado hacia el costado oriental del área de estudio. Ocupa un área aproximada 50 m2.

Es importante mencionar, que, de acuerdo con los objetivos del proyecto, la cobertura de arbustos, no estuvo encaminado a una caracterización ecológica de la comunidad de latizales; por lo tanto, no se presenta un análisis estructural (horizontal y vertical), composición florística y diversidad de dicha cobertura.

Sin embargo y de acuerdo con lo mencionado, el manejo de dicha vegetación, se presenta en una ficha de “Erradicación de la especie retamo liso”, asociada al programa de manejo de cobertura vegetal (Anexo 8-3).

9.6.2 Vegetación arbórea

Con base en lo mencionado anteriormente, la Tabla 9-5 muestra el concepto técnico para cada una de los individuos vegetales inventariados.

Tabla 9.5. Tratamientos silviculturales recomendados por individuo arbóreo

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	CONCEPTO TÉCNICO											
				Ta	Co	Tra	PRE	PCA	PAC	PE	ES	SA	PR	TE	TI
1	94	*Sambucus nigra*	Sauco	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	94	*Sambucus nigra*	Sauco	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	76	*Carica pubescens*	Papayuelo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	94	*Sambucus nigra*	Sauco	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	323	*Prunus serotina*	Cerezo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	94	*Sambucus nigra*	Sauco	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	24	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	13	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	CONCEPTO TÉCNICO											
				Ta	Co	Tra	PRE	PCA	PAC	PE	ES	SA	PR	TE	TI
10	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	*79*	*Tecoma stans*	Chicalá, chirlobirlo, flor amarillo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	*44*	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	*131*	*Croton magdalenensis*	Sangregado	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	*131*	*Croton magdalenensis*	Sangregado	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	*60*	*Ligustrum lucidum*	Jazmín de la china	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	*350*	*Myrcia popayanensis*	Endrino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	*5*	*Pinus patula*	Pino pátula	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	*35*	*Quercus humboldtii*	Roble	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	*5*	*Pinus patula*	Pino pátula	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	CONCEPTO TÉCNICO											
				Ta	Co	Tra	PRE	PCA	PAC	PE	ES	SA	PR	TE	TI
36	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	*44*	*Lafoensia acuminata*	Guayacán de Manizales	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	*61*	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	*61*	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	*76*	*Carica pubescens*	Papayuelo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	*323*	*Prunus serotina*	Cerezo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	*61*	*Pittosporum undulatum*	Jazmín del cabo, laurel huesito	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	*37*	*Ficus soatensis*	Caucho sabanero	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	*24*	*Fraxinus chinensis*	Urapán, Fresno	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No. ÁRBOL	CODIGO SIADAMA / NOMBRE	Nombre Científico	Nombre Vernáculo	CONCEPTO TÉCNICO											
				Ta	Co	Tra	PRE	PCA	PAC	PE	ES	SA	PR	TE	TI
62	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	*13*	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto común	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	*3*	*Cupressus lusitanica*	Ciprés, Pino Ciprés, Pino	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	*26*	*Acacia decurrens*	Acacia negra, gris	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78	*94*	*Sambucus nigra*	Sauco	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, los árboles con tratamiento de tala, afectan el 3,85% de los árboles inventariados (3 individuos), los cuales corresponden a aquellos que presentan deficiencias físicas y sanitarias, interferencias con infraestructura o redes, zonas de pendiente o individuo susceptible al volcamiento entre otras.

De igual manera, el 96,15% de los individuos se conservarán; esto debido a que se encuentran en buen estado físico y sanitario y la arquitectura paisajística del individuo da para su conservación; lógicamente con su respectivo tratamiento silvicultural.

De otro lado, la cantidad de árboles por clase de estrato y altura se presenta en la Tabla 9-6. Se observa que los individuos con alturas entre 5-12 metros (Grupo II) son los más representativos en el inventario, con un total de 51 individuos (65,38%); le sigue, los individuos pertenecientes al Grupo III (estrato arbóreo medio) con 18 individuos, lo que corresponde al 23,08%. Los individuos con mayor altura, corresponde tanto al Eucalipto común (60, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70) como a la Acacia negra (63, 66); cada uno con 18,0 metros de altura.

Tabla 9.6.Tratamientos silviculturales recomendados por individuo arbóreo

CLASES DE ALTURAS	ALTURA TOTAL (m)	NÚMERO DEL INDIVIDUO VEGETAL	ESTRATO	CANTIDAD
GRUPO I	0 - 5	1, 2, 3, 4, 7, 15, 25, 26, 78	Arbóreo suprimido	9
GRUPO II	5 - 12	6, 8, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77	Arbóreo inferior	51
GRUPO III	12 - 24	5, 9, 10, 13, 16, 27, 32, 40, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70	Arbóreo medio	18
GRUPO IV	>24	-	Arbóreo superior	0
TOTAL				**78**

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 9-7; muestra la cantidad de árboles por clases de diámetro, en ella se observa que el 37,18% de los individuos inventariados corresponden al Grupo I (diámetros entre 10-20 centímetros); el 26,92% (21 individuos) corresponde al Grupo II; y el 14,10% (11 individuos) corresponde al Grupo III. El individuo arbóreo con mayor diámetro, corresponde al árbol número 5 (*Eucalyptus globulus*) con 110 cm. de diámetro.

Tabla 9.7.Cantidad de árboles por clases de diámetro

CLASE DIAMÉTRICA	I (10-20 cm DAP)	II (20,1-30 cm DAP)	III (30,1-40 cm DAP)	IV (40,1-50 cm DAP)	V (50,1-60 cm DAP)	VI (60,1-70 cm DAP)	VII (>70 cm DAP)
CANTIDAD DE ÁRBOLES	29	21	11	6	5	1	5
NÚMERO INDIVIDUO VEGETAL	1, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 23, 25, 28, 33, 34, 38, 39, 41, 44, 45, 48, 53, 66, 71, 74, 75, 77, 78	7, 14, 19, 21, 22, 24, 30, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 54, 56, 61, 63, 65, 72, 73, 76	20, 31, 32, 43, 47, 49, 55, 57, 58, 59, 64	2, 4, 29, 42, 68, 69	40, 52, 62, 67, 70	27	3, 5, 13, 26, 60

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el Mapa 7 Inventario forestal muestra la distribución espacial de los individuos arbóreos inventariados.

9.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante el inventario forestal, no se identificaron especies vegetales, endémicas, en peligro, vedadas o en vía de extinción que pudiera restringir el desarrollo de los proyectos propuestos.

El ciento por ciento de los individuos carece de un adecuado manejo silvicultural, que garantice el normal desarrollo, físico, sanitario y escénico, de los individuos.

10 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

10.1 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 las laderas. La evaluación se hace para cada una de las secciones geológico - geotécnicas definidas que cubren la totalidad del área de estudio. En el presente capítulo se presenta la forma en que se evaluó 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 la misma

10.2 CONDICIONES ACTUALES (SIN OBRAS) Y MECANISMOS DE FALLA A ANALIZAR

El análisis de estabilidad se realizó por medio del método de equilibrio límite, analizando la superficie de falla rotacional por los métodos de Bishop Simplificado y Spencer, y con el criterio de resistencia de Mohr Coulomb, para ello, se utilizó el software Slide 6.0, con el método de escogencia de diversas superficies de falla a fin de determinar la superficie más crítica para todas las secciones geotécnicas, se realizó análisis determinísticos (factor de seguridad) y probabilísticos con el método de Monte Carlo utilizando los parámetros obtenidos y descritos en el numeral 8, en la Tabla 8-16, finalmente después de realizar las modelaciones, se presentan los menores resultados de factor de seguridad, obtenidos por el método de Bishop simplificado.

Respecto a las condiciones de agua, según las observaciones directas de la exploración del subsuelo, no se encontró nivel freático y los materiales tienen media humedad lo cual está asociado a la permeabilidad alta a media de los mismos. Esta condición conlleva a contemplar el escenario de corto plazo con una baja presión de poros que se incorpora en la modelación a través del coeficiente Ru. Tal como se describió en el numeral 3.6 y teniendo en cuenta que, según lo observado en los diagnósticos técnicos emitidos sobre el talud inferior, en los eventos de inestabilidad el detonante agua es de gran relevancia, con un aumento de la presión de poros y la consecuente disminución de los esfuerzos efectivos, lo cual se incorpora al modelo con un aumento del valor de Ru.

10.3 POSIBLES MECANISMOS DE FALLA

Los posibles mecanismos de falla se evaluaron dependiendo de la zona geotécnica y materiales presentes en cada uno de los perfiles geotécnicos realizados, para la zona geotécnica Z5, caracterizada principalmente por roca arenisca de la formación Cacho, el análisis de estabilidad se realizó teniendo en cuenta la posible caída de rocas que se describe más adelante, para las demás zonas geotécnicas, la estabilidad se evaluó con el mecanismo de falla rotacional.

Tabla 10.1. Mecanismo de falla Zonificación

Zona Geotécnica	Mecanismo de Falla
Z1	Rotacional
Z2	Rotacional
Z3	Rotacional
Z4	Rotacional
Z5	Falla en cuña

Fuente: Elaboración propia

10.4 ESCENARIOS A CONSIDERAR

Para evaluar las condiciones generales de estabilidad de las secciones geotécnicas, se realizó análisis de estabilidad a corto y largo plazo definidos como se indica a continuación:

- **Corto plazo: Incluye dos escenarios de modelación:**

  1) Estático y con saturación parcial, incluyendo un coeficiente Ru calculado para cada uno de los estratos y que representa el ascenso de nivel piezométrico en época de lluvias anuales. Cabe recordar que durante la ejecución del programa de exploración en la mayoría de los sondeos no se registraron niveles de agua a lo largo del área en estudio, pero para incluir un ascenso por lluvias típicas y en función de la media humedad de los materiales y su alta a media permeabilidad se considera un valor de Ru para cada uno de los materiales presentes.

  2) Escenario con sismo Pseudoestático y saturación parcial de lluvias típicas.

- **Largo plazo:** Considerando dos posibles escenarios en función de los detonantes:

1) el efecto de aumento del nivel piezométrico con un Ru equivalente de 0,5 y 0,3 como el más crítico por la permeabilidad alta a media de los materiales, sin sismo (análisis estático).

2) El efecto de la carga sísmica (análisis pseudoestático) y para condiciones de materiales con saturación Ru equivalente de 0,5 y 0,3 como el más crítico.

En síntesis, los escenarios a modelar son dos (2) de corto plazo y dos (2) de largo plazo, para un total de 4 escenarios por cada sección de análisis. De los dos escenarios de largo plazo se escogerá el más crítico para incluir en la zonificación de amenaza. Con estos escenarios además se cubren los requerimientos del anexo técnico.

10.5 GEOMETRÍAS Y CONSIDERACIONES

Se realizaron 9 modelos con las 9 secciones que se presentan en el modelo geotécnico.

Particularidades incluidas:

Para el perfil 3 se tuvo en cuenta en muro de contención en concreto reforzado sobre la margen izquierda de la quebrada el Chorrerón.

- En el perfil 4 se tuvo en cuenta el muro en concreto reforzado del colegio Los Pinos.

- En el perfil 3 y 4 se tuvo en cuenta la sobrecarga que representa el colegio los Pinos correspondiente a 3 niveles cada uno de 15 kN/m^2 que representan en total 45 kN/m^2.

- No se representa el muro de gavión de los perfiles 3 y 4 ya que este se encuentra en estado deteriorado y con deformaciones y falla de la malla hexagonal en algunos lugares.

- En el perfil 5 se representa el muro de gavión que se encuentra en la margen izquierda y derecha de la quebrada el Chorrerón.

- En todas las secciones se presenta la estratificación definida en el modelo geológico geotécnico.

En la siguiente tabla se describen los elementos tenidos en cuenta para cada sección.

Tabla 10.2. Geometría y consideraciones

Perfil	Geometría y consideraciones especiales	Detonantes
P1	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	Agua y sismo
P2	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	Agua y sismo
P3	Sobrecarga en la ladera superior la cual que representa el colegio los Pinos de 3 niveles; cada nivel equivale a 15 kN/m^2 para un total de 45 kN/m^2.	Agua y sismo
	Muro en concreto reforzado localizado en la parte inferior de la vía diagonal 4ª, y sobre la margen izquierda de la quebrada el Chorrerón.	
	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	
	No se representa el muro de gavión en la pata del talud del colegio los Pinos debido a que se encuentra en estado deteriorado y con deformaciones en la malla hexagonal.	
P4	Sobrecarga en la ladera superior la cual que representa el colegio los Pinos de 3 niveles; cada nivel equivale a 15 kN/m^2 para un total de 45 kN/m^2.	Agua y sismo
	Muro en concreto reforzado de Colegio Los Pinos.	
	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	
	No se representa el muro de gavión en la pata del talud del colegio los Pinos debido a que se encuentra en estado deteriorado y con deformaciones en la malla hexagonal.	
P5	Sobrecarga de colegio los Pinos correspondiente a 3 niveles cada uno de 15 kN/m^2 que representan en total 45 kN/m^2.	Agua y sismo
	Muro en concreto reforzado parte inferior de la vía sobre la margen izquierda de la quebrada el Chorrerón.	
	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	
P6	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	Agua y sismo

Perfil	Geometría y consideraciones especiales	Detonantes
P7	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	Agua y sismo
P8	Topografía y estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	Agua y sismo
P9	Topografía estratigrafía con espesores y propiedades mecánicas definidas según condiciones de sitio.	Agua y sismo
	Muro de Gavión en margen izquierda y derecha de Quebrada el Chorrerón.	Agua y sismo

Fuente: Elaboración propia

Además de estas secciones se generó un modelo del talud ubicado a sur del área de estudio donde se encuentra expuesto el macizo rocoso de la formación Cacho.

10.5.1 Análisis de estabilidad suelos

Los resultados de los análisis de estabilidad se presentan en las cartas de amenaza que se presentan en el **Anexo 9,** en donde para cada uno de los perfiles geotécnicos, se analizó el escenario normal y el escenario extremo con sismo, y con una condición crítica de agua.

A continuación, se presenta como ejemplo ilustrativo el Perfil 4, pero los resultados de los demás modelos realizados, se presentan en las cartas de amenaza del Anexo 9.

- **PERFIL 4: Sector colegio los Pinos y quebrada Chorrerón**

Análisis en condición estática y agua normal, se obtiene un factor de seguridad de 1.849 y no existe probabilidad de que ocurra esta falla profunda, en el material identificado como suelo residual.

Para la condición pseudoestática se obtiene para el mismo perfil un factor de seguridad de 1.237 con una probabilidad de falla de 0.8 %, este valor de factor de seguridad es inferior al mínimo establecido para que se produzca amenaza baja o fs > 1.3

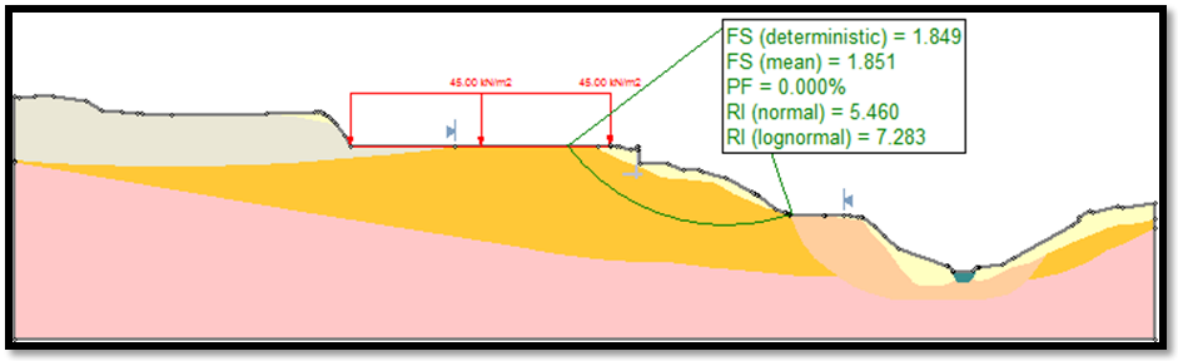


Ilustración 10-1 Perfil 4. Análisis en condiciones estáticas y en condición de agua normal.
Fuente: Elaboración propia

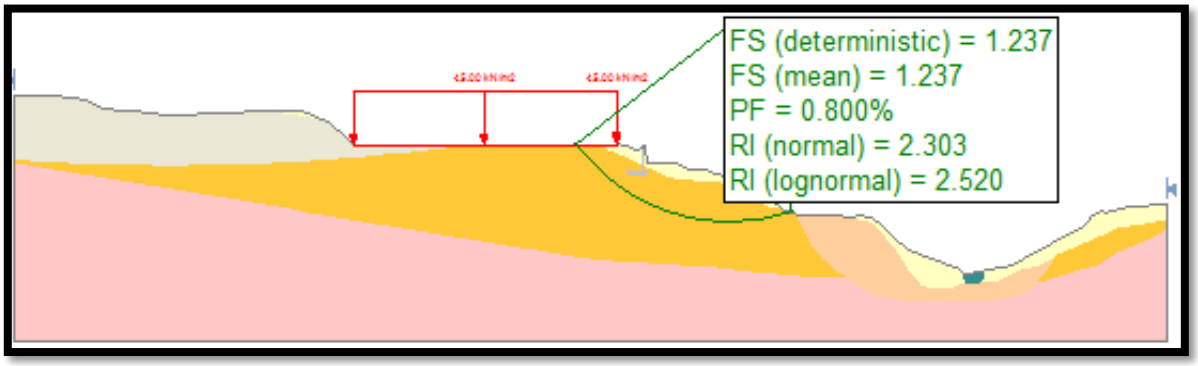


Ilustración 10-2 Perfil 4. Análisis en condiciones Pseudoestáticas en condición de agua normal.
Fuente: Elaboración propia

NOTA: Los análisis de estabilidad restantes, se presentan en el **anexo 8**, cartas de estabilidad.

10.5.2 Zonificación De La Amenaza En Suelos.

La categorización y especialización de la amenaza dentro de la zona de estudio se realizó a partir de la localización y alcance de las superficies de falla en la ladera, así como la inclusión de las distancias de viaje a partir de los eventos anteriores. Esto implica:

- Se tomaron las abscisas de inicio y fin de cada superficie de falla de la parte alta, parte media y talud inferior, información que fue dibujada en el mapa de amenaza. (Mapa 12 y Mapa 13), Si existían traslapos, se daba prevalencia al cubrimiento de la superficie de falla con categoría de amenaza más crítica.

- Posteriormente se delimitaron los cambios de categorías usando las cotas de las abscisas de cambio, previa verificación de encontrarse en la misma zona geotécnica.

- Se incluyó la distancia de viaje obtenida para el talud inferior, escenario de largo plazo, con la misma categoría de amenaza alta.

- Por último, se ajustaron los límites considerando que entre categorías baja y alta exista una franja de amenaza media de al menos 5 metros (transición).

- Se incluyeron los resultados de factores de seguridad tanto de macizo rocoso como de análisis de suelos.

Como resultado se cubrió toda el área de estudio.

Tal como lo solicita el IDIGER, tanto para los escenarios de corto como largo plazo se utilizaron tres categorías de Amenaza (Alta, media y baja) asociadas al factor de seguridad teniendo en cuenta:

- La amenaza actual (sin obras de mitigación) es la asociada al corto plazo (1 año), e incluye en categoría alta los movimientos en masa o procesos de inestabilidad activos.

- La amenaza actual (sin obras de mitigación) 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 10.3. Categorización de la amenaza por Movimientos en masa

Escenario	Factor de seguridad	Nivel de amenaza
Corto plazo	FS ≤ 1.2	Alta A
	1.20 ≤ FS ≤ 1.90	Media M
	FS ≥ 1.90	Baja B
Largo plazo	FS ≤ 1.0	Alta A
	1.00 ≤ FS ≤ 1.30	Media M
	FS ≥ 1.30	Baja B

Fuente: Elaboración propia

La Zonificación de Amenaza por movimientos en masa para las condiciones de corto y largo plazo se presenta de manera cartográfica en el Mapa De Amenaza Corto Plazo y Mapa De Amenaza Largo Plazo en el volumen de planos (Mapa 12 y Mapa 13)

La elaboración de la zonificación de la amenaza, se realizó en función de los resultados de cada uno de los análisis de estabildiad realizados sobre los 9 perfiles geotécnicos definidos anteriormente, el procedimiento consistió en identificar para el escenario normal y extremo con agua y sismo, las zonas de amenaza baja, media y alta en función del factor de seguridad obtenido teniendo en cuenta los limites que se indican en la Tabla 10-3.

Para cada talud, donde se presentan factores de seguridad menores establecido, se calculó la distancia de viaje según las correlaciones de Hungr et al (2005) recomendadas por la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (SGC, 2015):

Promedio (Corte de talud): $Log\ L = 0{,}109 + 1{,}01\ LogH - 0{,}506\ Log(tan\beta)$

Promedio (Relleno de talud): $Log\ L = 0.453 + 0.547\ LogH + 0.305\ Log\ (V/W)$

Siendo L la distancia de viaje, H la altura, β el ángulo del talud, W peso del deslizamiento y V el volumen del deslizamiento.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el igen de la referencia.**, resumen las distancias de viaje obtenidas, el factor de seguridad y el nivel de amenaza correspondiente para cada perfil.

Tabla 10.4. Distancia de Viaje

CONDICIÓN ACTUAL (SIN OBRAS DE MITIGACIÓN) – ESCENARIO NORMAL												
TALUD					MOVIMIENTO					DISTANCIA	AMENAZA	
PERFIL	**ZONA GEOTÉCNICA**	**TIPO DE FALLA**		**δ (°)**	**e (m)**	**Wr (m)**	**Lr (m)**	**V (m3)**	**H (m)**	**VIAJE (m)**	**Fs (E)**	**NIVEL**
1 - 1.	Z3	Rotacional	Pie	35	3	2	18	56.5	8	12.6	1.72	Media
2 - 2.	Z3	Rotacional	Corona	12	2.9	2	19	57.7	5.7	16.3	2.9	Baja
2 - 2.	Z3	Rotacional	Ladera y pie	19	8.6	2	51	459.3	15	10.14	1.65	Media
3 - 3.	Z3	Rotacional	Corona	3	2.8	2	11.2	32.8	2.34	13.5	6.9	Baja
3 - 3.	Z3	Rotacional	Ladera y pie	24	8	10	32	1340.4	11.4	8.72	1.79	Media
4 - 4.	Z3	Rotacional	Corona	37	1.23	1.5	4.43	4.3	1.6	3.16	3.2	Baja
4 - 4.	Z3	Rotacional	Ladera y pie	24	8	9.8	33	1354.7	9.9	8.07	1.85	Media
5 - 5.	Z4	Rotacional	Corona	14	4	1	18.3	38.3	3.7	4.71	4	Baja
5 - 5.	Z1	Rotacional	Ladera y pie	27	6.8	10	31.8	1132.2	11.5	8.76	1.92	Baja
6 - 6.	Z1	Rotacional	Ladera	24	2.8	2	11.26	33.0	3.4	4.50	3.26	Baja
6 - 6.	Z2	Rotacional	ladera	23.7	3.13	2	21.3	69.8	8.6	7.48	1.919	Baja
7 - 7.	Z2	Rotacional	Corona	31	0.77	2	9	7.3	5	5.56	3.94	Baja
7 - 7.	Z2	Rotacional	Ladera y pie	25	5.4	2	26	147.0	8.74	7.54	2.36	Baja
8 - 8.	Z4	Rotacional	Pie	25	1.39	2	26.5	38.6	8.15	15.7	1.814	Media
9 - 9.	Z2	Rotacional	Corona y ladera	23	6.6	2	35	241.9	13.3	9.49	1.57	Media

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.5. Distancia de Viaje

CONDICIÓN ACTUAL (SIN OBRAS DE MITIGACIÓN) - ESCENARIO EXTREMO												
TALUD					MOVIMIENTO					DISTANCIA	AMENAZA	
PERFIL	**ZONA GEOTÉCNICA**	**TIPO DE FALLA**		**δ (°)**	**e (m)**	**Wr (m)**	**Lr (m)**	**V (m3)**	**H (m)**	**VIAJE (m)**	**Fs (E)**	**NIVEL**
1 - 1.	Z3	Rotacional	Pie	35	3.3	2	19.4	67.0	10.7	16.9	1.26	Media
2 - 2.	Z3	Rotacional	Corona	12	5.6	2	37	217.0	6.88	19.7	1.5	Baja
2 - 2.	Z3	Rotacional	Ladera y pie	19	9.4	2	57	561.1	16	10.50	1.14	Media

CONDICIÓN ACTUAL (SIN OBRAS DE MITIGACIÓN) - ESCENARIO EXTREMO												
TALUD					MOVIMIENTO					DISTANCIA	AMENAZA	
3 - 3.	Z3	Rotacional	Corona	3	4.4	2	34	156.7	3.5	20.3	2.44	Baja
3 - 3.	Z3	Rotacional	Ladera y pie	24	7.3	10	41	1567.1	11.47	8.75	1.16	Media
4 - 4.	Z3	Rotacional	Corona	37	2.215	1.5	9.9	17.2	2.2	3.76	1.93	Baja
4 - 4.	Z3	Rotacional	Ladera y pie	24	7.7	9.8	36	1422.4	9.9	8.07	1.229	Media
5 - 5.	Z4	Rotacional	Corona	14	8.7	1	57	259.7	6.7	6.52	1.84	Baja
5 - 5.	Z1	Rotacional	Ladera y pie	27	5.1	10	38	1014.7	12.3	9.09	1.266	Media
6 - 6.	Z1	Rotacional	Ladera	24	5	2	22	115.2	4.5	5.25	1.799	Baja
6 - 6.	Z2	Rotacional	ladera	23.7	3	2	23.5	73.8	8.6	7.48	1.23	Media
7 - 7.	Z2	Rotacional	Corona	31	5.4	2	25.54	144.4	7.5	6.94	1.495	Baja
7 - 7.	Z2	Rotacional	Ladera y pie	25	0.9	2	7	6.6	4.2	5.05	2.9	Baja
8 - 8.	Z4	Rotacional	Pie	25	3.7	2	27.7	107.3	8.9	17.2	1.125	Media
9 - 9.	Z2	Rotacional	Corona y ladera	23	5.6	2	35	205.25	13.5	9.57	1.08	Media

Fuente: Elaboración propia

Donde, V es el volumen del deslizamiento, e es la profundidad máxima de la superficie de falla, Wr es el ancho máximo de la superficie de falla, Lr es la longitud de la superficie de falla H es la caída vertical, δ es el ángulo del talud, V el volumen de deslizamiento y W el peso del deslizamiento.

La Ilustración presenta el mapa de amenaza en la condición actual (sin obras de mitigación), se puede observar un nivel de amenaza medio en la ladera del colegio y en la vía diagonal 4ª, que corresponde a la zona geotécnica 3 del mapa de zonificación geotécnica, en el escenario crítico con condición de agua extrema y sismo, el nivel de amenaza media se extiende en las márgenes de la quebrada el Chorrerón tal como se muestra.

La amenaza en el macizo rocoso de la formación cacho, se determinó mediante el análisis que se describe a continuación, donde se identificó mediante análisis cinemático falla e cuña.

11 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA DE MACIZO ROCOSO

La amenaza por caída de determinó en el afloramiento rocoso presente en la zona geotécnica Z5, donde afloran rocas de formación cacho, allí el análisis de estabilidad se realizó identificando los diferentes mecanismos de falla posibles a partir de los datos de caracterización descritos en el capítulo de geología. De tal manera que primero se realizó el análisis cinemático y posteriormente el análisis mecánico de estabilidad.

11.1 EVALUACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Se identifica la posibilidad de falla por diferentes mecanismos posibles para macizos rocosos, es decir: falla por volcamiento, falla en cuña, y falla planar por medio de análisis cinemático de los datos de macizos rocosos levantados. Las discontinuidades medidas se presentan en la Tabla 11.1.

Tabla 11.1. Resumen caracterización geológica

Rumbo	Buzamiento	Abertura	Continuidad	Fract /m	Relleno
N20W	76 NE	0.01	1.9	1	Óxido Fe
N20E	71 NW	0.01	1.3	1	Óxido Fe
N30W	36 NE	0.02	1.5	1	Óxido Fe
NS	78 NE	0.01	1.4	1	Óxido Fe
N48W	80 NE	0.01	1.5	1	Óxido Fe
N51E	71 SE	0.02	1.7	1	Óxido Fe
N55W	70 SW	0.02	1.4	1	Óxido Fe
N10E	70 SE	0.03	1.2	1	Óxido Fe
N50W	72 SW	0.02	1.5	1	Óxido Fe
N45W	86 NE	0.03	1.6	1	Óxido Fe

Fuente: Elaboración propia

11.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO

En el capítulo de Geología se realizó el análisis cinemático de falla (planar, volteo y en cuña) para el conjunto de taludes en los que aflora el macizo rocoso y sus discontinuidades controlan el comportamiento del talud, identificando los posibles planos de movilización detectados en el levantamiento estructural geológico. La evaluación permitió estimar los modos probables de falla y detectar los planos involucrados en dichos modos.

Para el caso talud de estudio no se presenta falla planar ni toppling, pero sí la posibilidad de falla en cuña por la intersección entre las familias de discontinuidades (Ver capítulo de Geología).

- **Análisis mecánico de estabilidad (cálculo de factores de seguridad):**

Una vez identificado el mecanismo de falla en cuña, se integran al análisis los parámetros geomecánicos de resistencia de las discontinuidades para realizar el análisis mecánico de estabilidad en el software SWedge de Rocscience que permite calcular los factores de seguridad para el mecanismo de falla en cuña, bajo cualquier condición de saturación y sismo. El factor de seguridad ante deslizamiento puede ser expresado como:

$$F.S\ (D) = \frac{\sum Fuerzas\ o\ momentos\ resistentes}{\sum Fuerzas\ o\ momentos\ desestabilizantes}$$

En donde las fuerzas resistentes están asociadas a la resistencia al corte que se puede desarrollar en cada una de las caras de la cuña estudiada (los momentos intervienen en los análisis de falla por volteo y son los generados por la descomposición de las fuerzas externas y fuerzas del peso del bloque). Dentro de las fuerzas (o momentos en los análisis de falla por volteo) desestabilizantes se encuentran las fuerzas asociadas al peso del bloque o cuña, la presión que ejerce el agua dentro de las discontinuidades del macizo, cargas externas aplicadas al talud y la generada por la ocurrencia de un evento sísmico

En la Ilustración 11-1 se muestra un gráfico ilustrativo de los análisis realizados para falla en cuña en las condiciones actuales (Sin obras de mitigación).

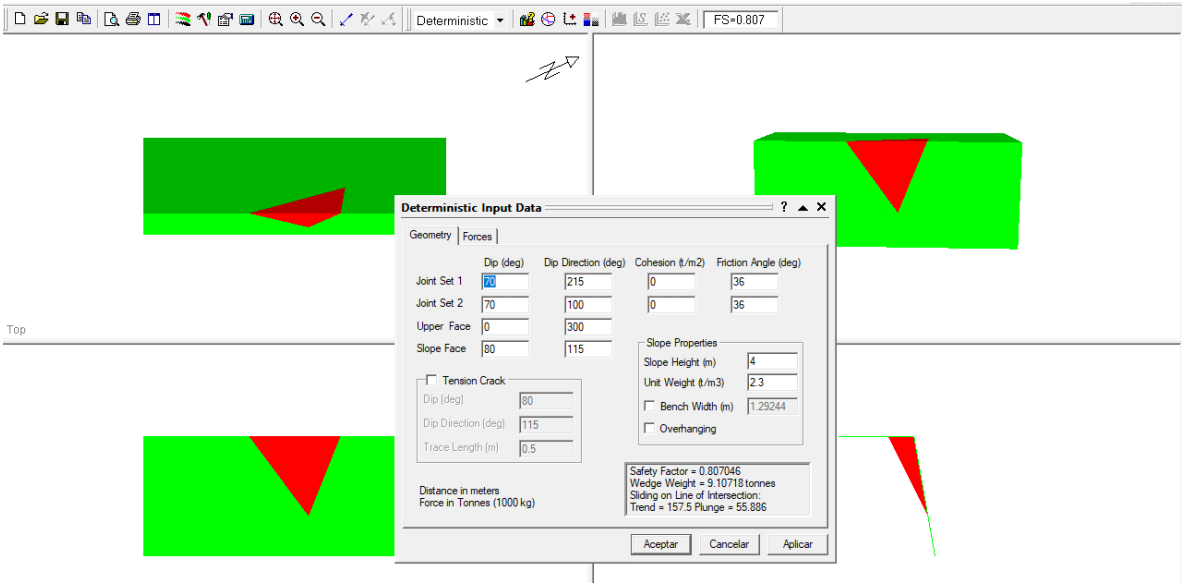


Ilustración 11-1 Calculo del factor de seguridad en cuña para el caso del talud en condiciones actuales (Sin obras) en el software SWEDGE.
Fuente: Elaboración propia

El análisis arroja un factor de seguridad FS=0.80 lo cual refleja las condiciones encontradas en campo en el sector donde aflora la formación cacho, donde se podía evidenciar el desprendimiento de un bloque como se muestra en la Ilustración 11-2. Este factor de seguridad es inferior al mínimo estipulado para amenaza alta el cual corresponde a 1.2, en el la condición actual (sin obras) escenario normal (corto plazo) y corresponde únicamente al sector del afloramiento, por tanto, no implica que todo el macizo se encuentre en amenaza alta.



Ilustración 11-2 Desprendimiento de bloque en la formación Cacho.
Fuente: Elaboración propia

Con el fin de evaluar el extremo de sismo se aplica el coeficiente pseudoestático de taludes K=0.176 definido en el capítulo 8; obteniendo un factor de seguridad Fs=0.66, el cual es inferior al mínimo estipulado para amenaza alta correspondiente a 1.0.

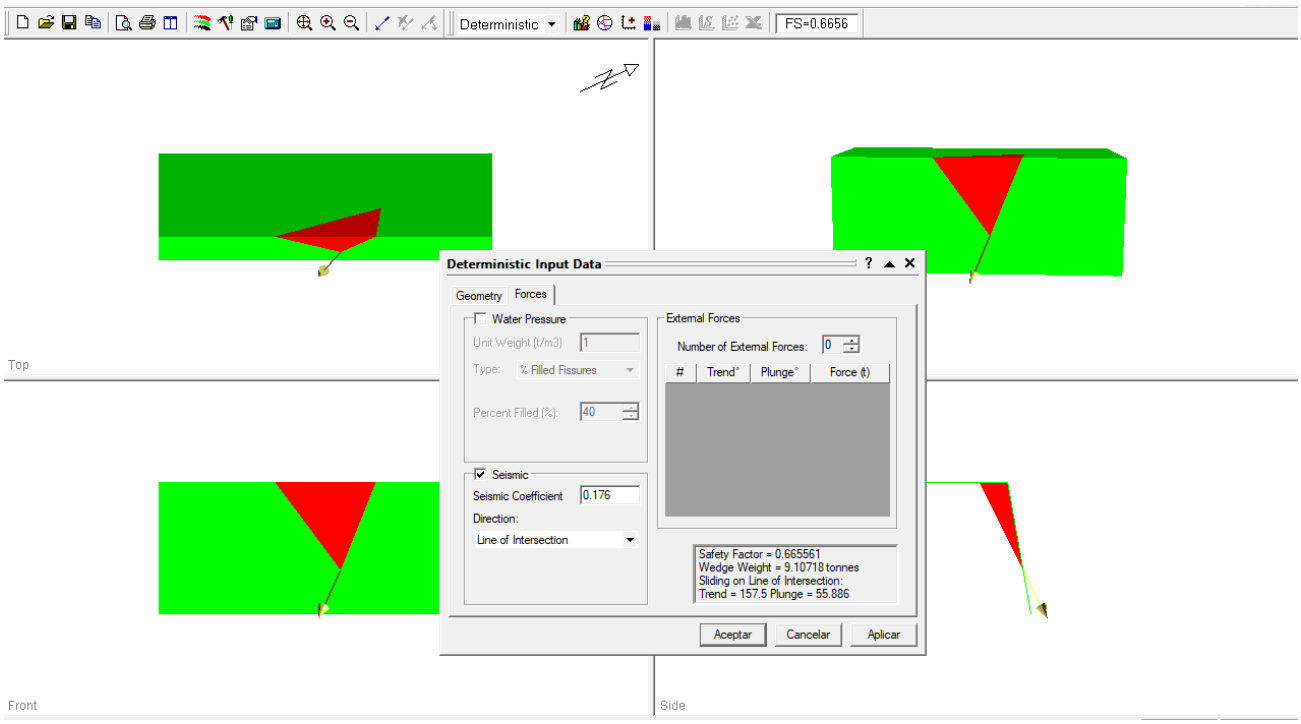


Ilustración 11-3 *Factor de seguridad para falla en cuña en condición extrema. Fuente: Elaboración propia*

Con los factores de seguridad obtenidos en los análisis se aplicarán las consideraciones dadas de acuerdo a la resolución No. 227 de 2006 de la DPAE para el distrito capital, para categorizar la amenaza en cada uno de los taludes estudiados de acuerdo con los siguientes parámetros. Para clasificar la amenaza se aplican (2 criterios: la condición actual (sin obras) que considera el efecto del agua sin sismo (escenario normal) y la amenaza a largo plazo que considera el efecto de la lluvia y sismo (escenario extremo).

Tabla 11.2. Categorías de amenaza en función del factor de seguridad

Nivel de Amenaza	normal F.S.
Baja	>1.9
Media	1.2-1.9
Alta	<1.2

Nivel de Amenaza	extrema (50 años) FS
Baja	>1.30
Media	1.0 – 1.3
Alta	<1.0

Los resultados de la evaluación de los análisis de estabilidad para el talud, así como los análisis de amenaza en escenarios normal y extremo sin medidas de mitigación se presentan en la Ilustración 11-4.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	
D-E	Factor de seguridad en condicón estática y sin agua	CONDICIÓN ACTUAL
W-S	Factor de seguridad en condicón seudo-estatica y con agua	CONDICIÓN EXTREMA
0	Mecanismo cinematicamente improbable	
1	Mecanismo cinematicamente improbable	

NIVEL DE AMENAZA	FACTOR DE SEGURIDAD	
	C. NORMAL	C. EXTREMA
BAJA	>1.9	>1.3
MEDIA	1.2-1.9	1.0-1.3
ALTA	<1.2	<1.0

ZONA	TALUD	GEOMETRIA TALUD				DISCONTINUIDADES	ANÁLISIS CINEMÁTICO			FS.PLANAR		FS.CUÑA		FS.D.TOPPLING	
		DIRECCIÓN	INCLINACIÓN	ALTURA	ANCHO		PLANAR	CUÑA	D.TOPPLING	D-E	W-S	D-E	W-S	D-E	W-S
1	1	115	40	5	50	2	1	0	0	-	-	0,80	0,66	-	-

Ilustración 11-4 Resumen de estabilidad macizo rocoso.
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los factores de seguridad son inferiores a 1,3 en condiciones normales e inferiores a 1,9 en condiciones extremas y por ende se requieren obras en las áreas de macizo rocoso donde aflora la formación Cacho.

El nivel de amenaza para el macizo restante se determinó con base al ángulo de inclinación del afloramiento, en donde al modelar en el software SWedge de Rocscience, se determinó que con ángulos inferiores a 58 ° no se generaban cuñas, de tal manera que como no se presentó en ninguna situación ángulos superiores a 58°, la amenaza se categorizó para esa condición como amenaza baja.

11.3 Observaciones generales del estado de amenaza en el macizo rocoso.

De los análisis realizados, se establece que la zona correspondiente al macizo rocoso se encuentra en estado de amenaza alto debido a que las posibles cuñas generadas en los análisis, son propensas a movilizarse; ahora bien, para evitar que la movilización de estas cuñas impacte las viviendas se evalúa el efecto de dos medidas solución en términos de la amenaza.

Por lo anterior, se establece como solución una malla anclada que reduce el nivel de amenaza ya que evita el desplazamiento de las posibles cuñas que se generen, aun así, teniendo en cuenta el área a intervenir y las dimensiones de los bloques (Capítulo Geología), se estima que los pernos de diseño alcanzarían longitudes y diámetros considerables que generarían costos adicionales que al implementar otras soluciones; por tal razón, se propone otro sistema denominado barrera dinámica de retención, el cual en principio controla la caída de bloques y se relaciona a los análisis realizados, bajo la premisa de que la cuña que se genera se movilizará y en efecto, con la barrera se elimina la capacidad de daño a las viviendas cercanas; por tal razón se reduce la amenaza en la medida que se reduce la distancia de viaje de los bloques movilizados eliminando el posible impacto de bloques en las viviendas expuestas. Además de lo anteriormente descrito , se complementa la barrera con concreto lanzado sobre el área del macizo rocoso que se encuentra expuesto.

Las obras propuestas, se describen detalladamente en el Capítulo 14. A continuación, se presenta gráficamente un esquema general de las dos medidas solución.

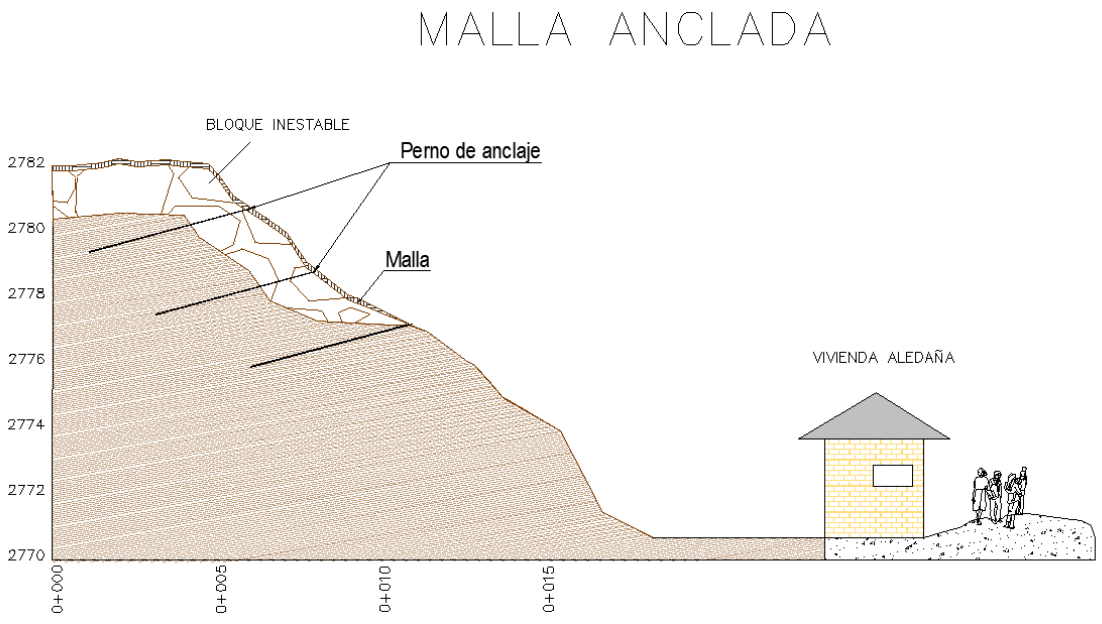


Ilustración 11-5 Esquema general del sistema de malla anclada

En la Ilustración 11-5, se observa que con la implementación de la malla anclada se impide la movilización de las cuñas inestables, por tanto, se reduce el nivel de amenaza.

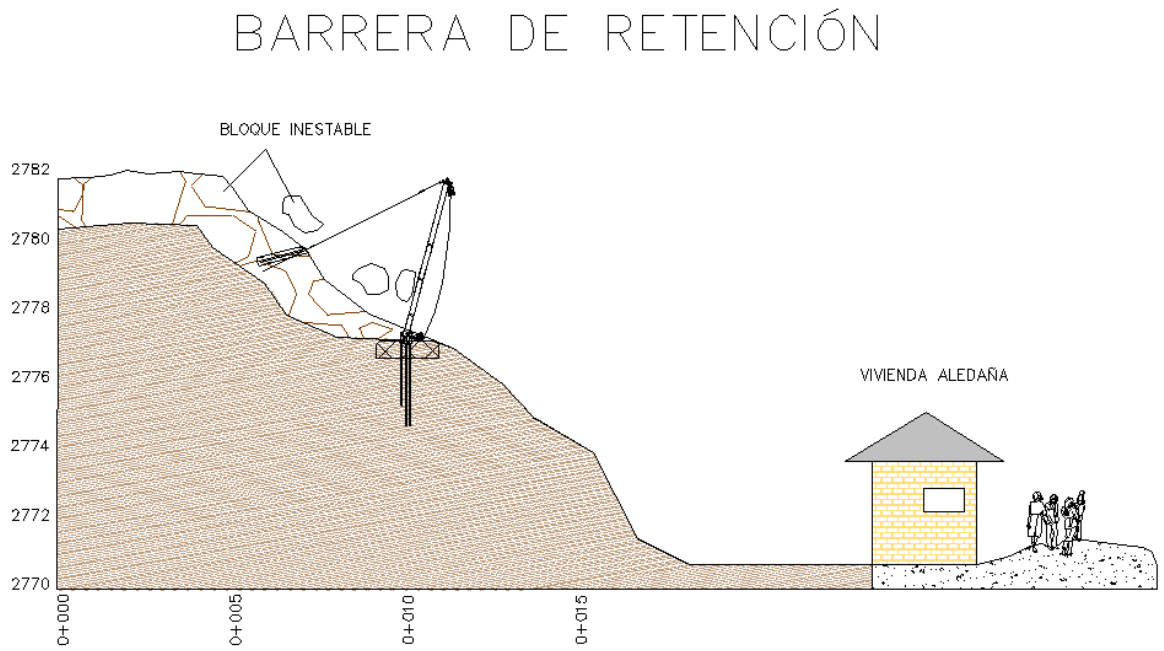


Ilustración 11-6 Esquema general del sistema de barrera de retención

En la Ilustración 11-6, se observa que con la implementación de la barrera de retención se cambia la capacidad de exposición de las viviendas cercanas, ya que se acorta la distancia de viaje de los bloques movilizados eliminando su capacidad de daño y reduciendo su nivel de amenaza.

11.4 COMPILACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA EN SUELOS Y MACIZOS ROCOSOS

Dentro del polígono de estudio se encuentran zonas de amenaza baja, media y alta, para movimientos rotacionales y para caída de rocas, esta zonificación realizada a partir de los análisis y modelos de estabilidad se pueden observar en el mapa 12 “Mapa de Amenaza para la condición actual (sin obras) en escenario normal” y en el mapa 13 “Mapa de amenaza para la condición actual en escenario extremo (Largo plazo)”.

12 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

12.1 GENERALIDADES

Este capítulo presenta el análisis de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos ante los movimientos en masa (MM). El proceso de análisis considera una serie de actividades que generalmente corresponden a la identificación y caracterización de elementos expuestos, determinación del grado de exposición de los mismos; descripción de las posibles solicitaciones sobre el elemento en función del mecanismo de falla analizado, porque no es lo mismo someter una estructura a empujes o impactos por desprendimiento de material o caída de rocas, que por desplazamientos verticales por movimientos de tipo rotacional.

Una vez definido el tipo de solicitación se puede hallar la intensidad de esta o bien determinar los daños esperados sobre la estructura, sin embargo, los daños dependen de la respuesta del elemento, resistencia, por tanto se debe determinar el Factor Fragilidad de las estructuras; y así, determinar las posibles afectaciones sobre el elemento, lo que se traduce en la vulnerabilidad física.

Lo anterior está de acuerdo con el Decreto 1807 de 2014, promulgado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, donde las etapas generales que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad son:

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

12.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Uno de los objetivos es identificar y caracterizar los elementos para posteriormente realizar la evaluación de la vulnerabilidad física estructural por MM.

En el polígono objeto de estudio se identificaron principalmente 4 elementos expuestos a los MM, que a continuación se relacionan:

- Las personas.
- Las edificaciones.
- La infraestructura vial.
- La infraestructura de servicios (principalmente las redes de energía, acueducto y alcantarillado).

La evaluación de la vulnerabilidad física corporal de las personas dependerá los daños físicos estructurales esperados en las edificaciones, bajo el supuesto que las personas se encuentren en el interior de las construcciones.

Se identificaron 147 unidades de vivienda o edificaciones, distribuidas en 12 manzanas y 19 lotes, en la siguiente ilustración se presentan su distribución junto con la dirección. (Ver Ilustración 12-1)

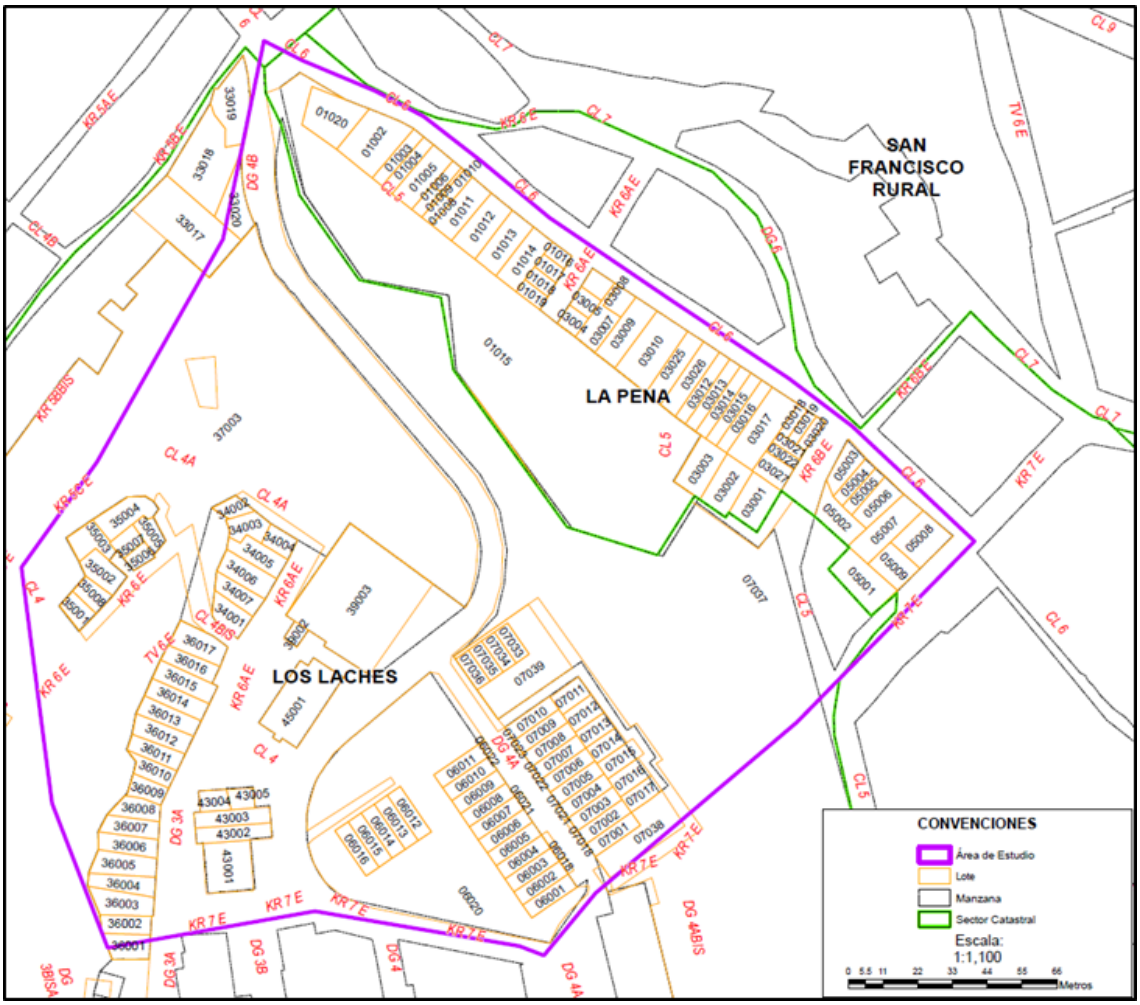


Ilustración 12-1 Edificaciones objeto de estudio para determinar su vulnerabilidad física por PRM.
Fuente: Elaboración a partir de la Información de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD.

En el área de estudio se identifican varias vías vehiculares y pasos peatonales, principalmente la vía de acceso al barrio que comunica directamente con la vía Comuneros, Tipo V3 , que corresponde a la Diagonal 4-A, la cual se ha visto parcialmente obstruida por movimientos en masa.

En la zona de estudio se identificaron redes de alcantarillado pluvial y sanitario, redes acueducto y de energía eléctrica, sin embargo estos dos últimos servicios no tienen tramos en zonas de amenaza alta y media por movimientos en masa, solo las conexiones locales

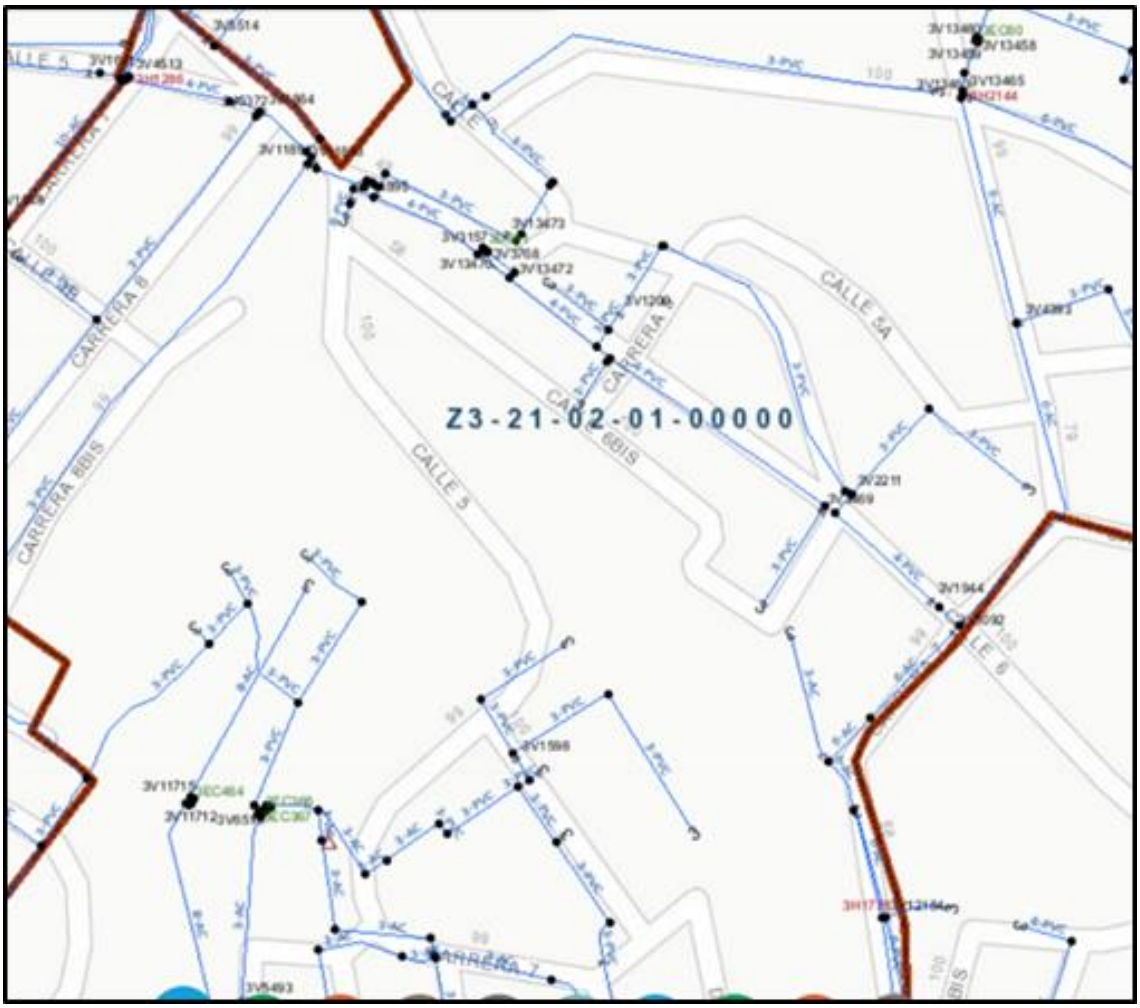


Ilustración 12-2 Distribución redes de acueducto en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de información del EAAB

Respecto a la red de alcantarillado pluvial, un tramo de la red que recoge las aguas lluvias del colegio y casas aledañas se localiza en las zona definida en amenaza media.

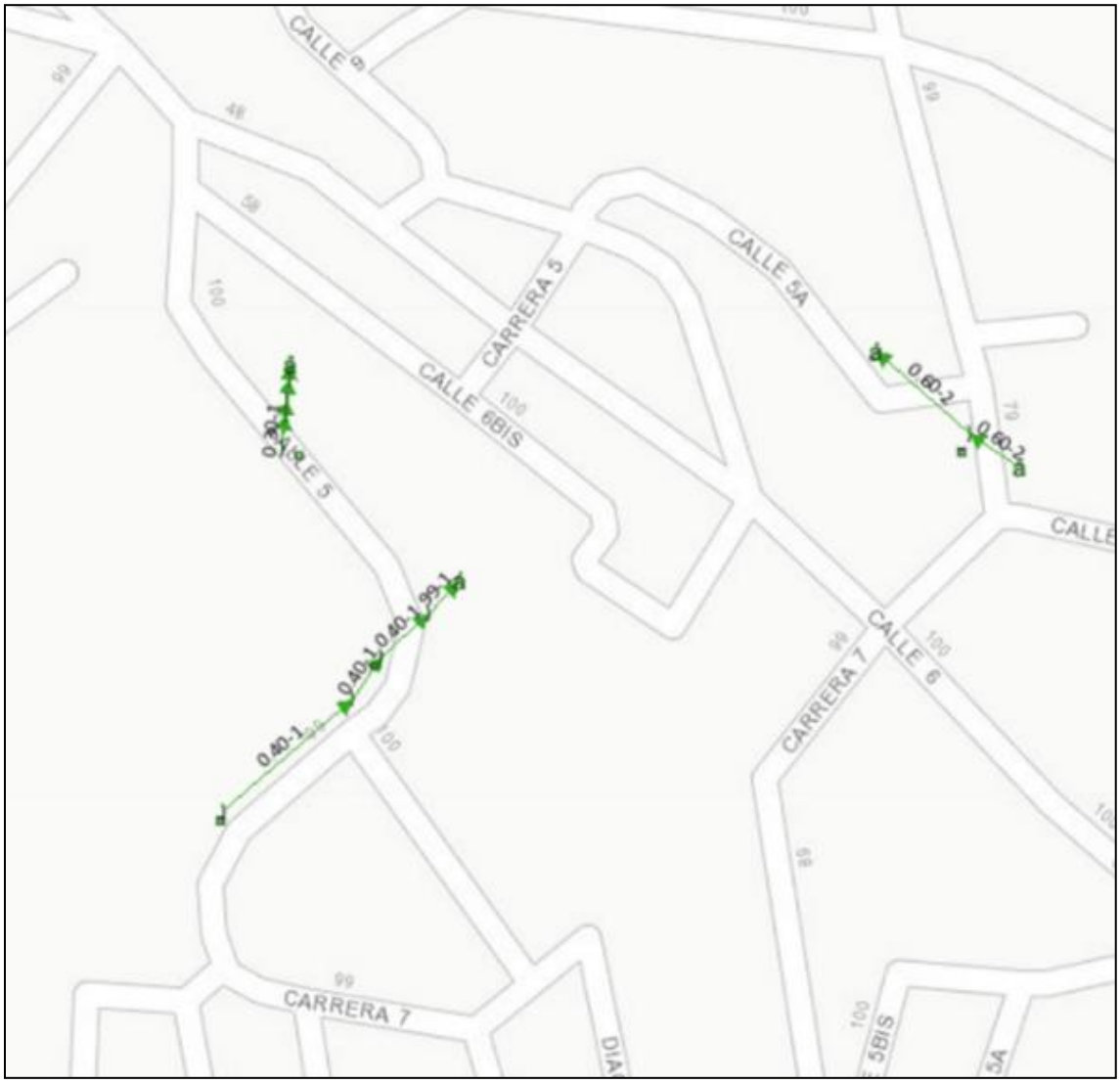


Ilustración 12-3 Distribución redes de alcantarillado pluvial en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de información EAAB

Sin embargo, la red de alcantarillado sanitario, en el tramo que coincide con la vía principal, Diagonal-A, se localiza un tramo en amenaza media por MM.

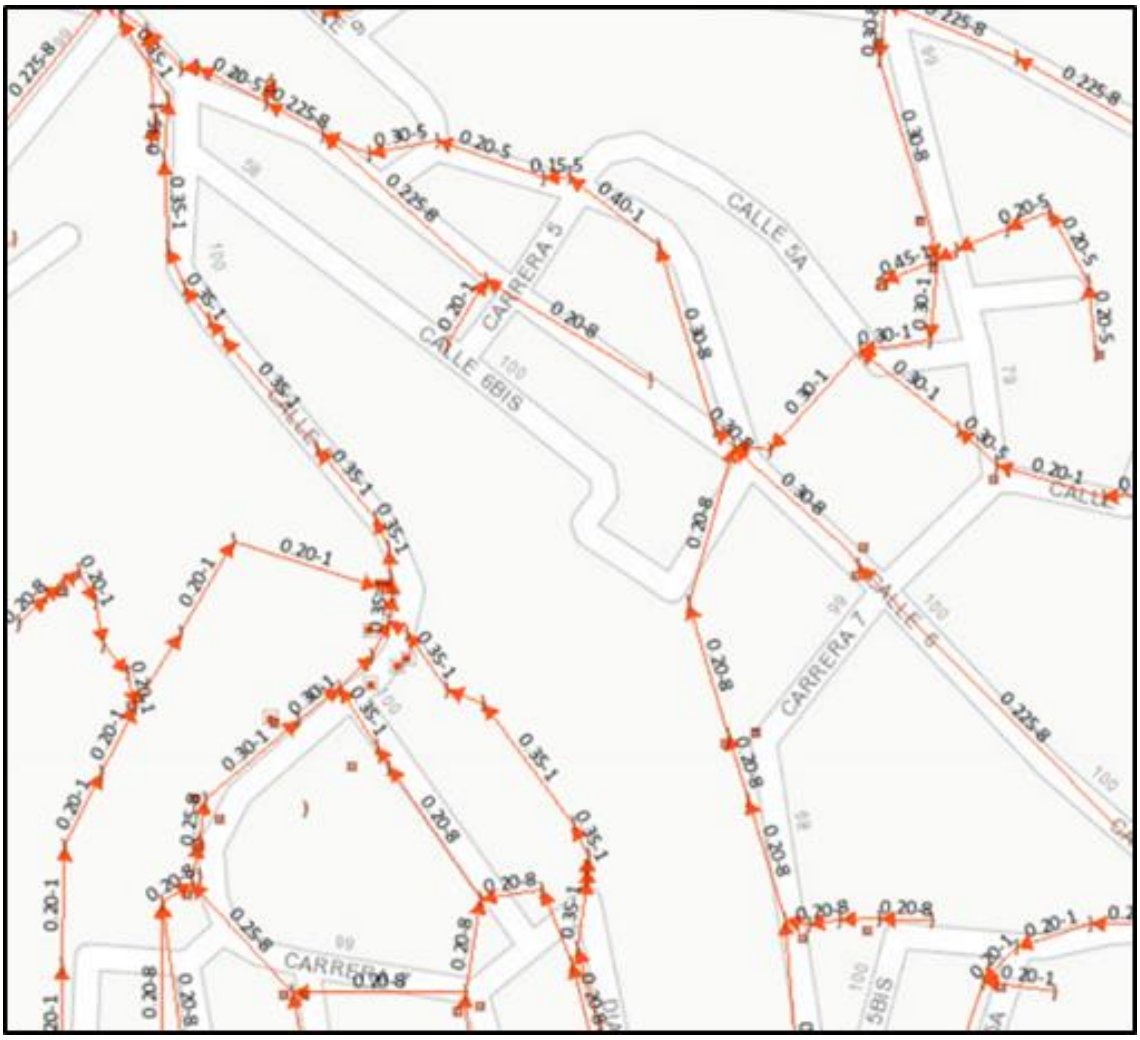


Ilustración 12-4 Distribución redes de alcantarillado sanitario en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia a partir de información EAAB.

En conclusión, los elementos localizados en áreas en condición de amenaza media por MM, en condición actual (sin obras) en los escenarios normal (corto plazo) y extremo (largo plazo), corresponden a los tramos de la vías vehiculares Diagonal 4-A y Dg 3-A, y senderos o pasos peatonales y escaleras de los accesos cercanos y/o perimetrales a la Institución Educativa Los Pinos como son la Carrera 6-A Este, Kr 6-B Este y Kr 6-B Bis Este; La red de alcantarillado Sanitario y pluvial; y las edificaciones Colegio Los Pinos, El Centro de Servicios de Salud Oriente Laches y las viviendas localizadas entre la vía Dg 3-A y las vías peatonales Kr 6-A Este y Kr 5-C Este, parte superior de la Ladera donde se ubica el Colegio. Ver la Ilustración 12-5.

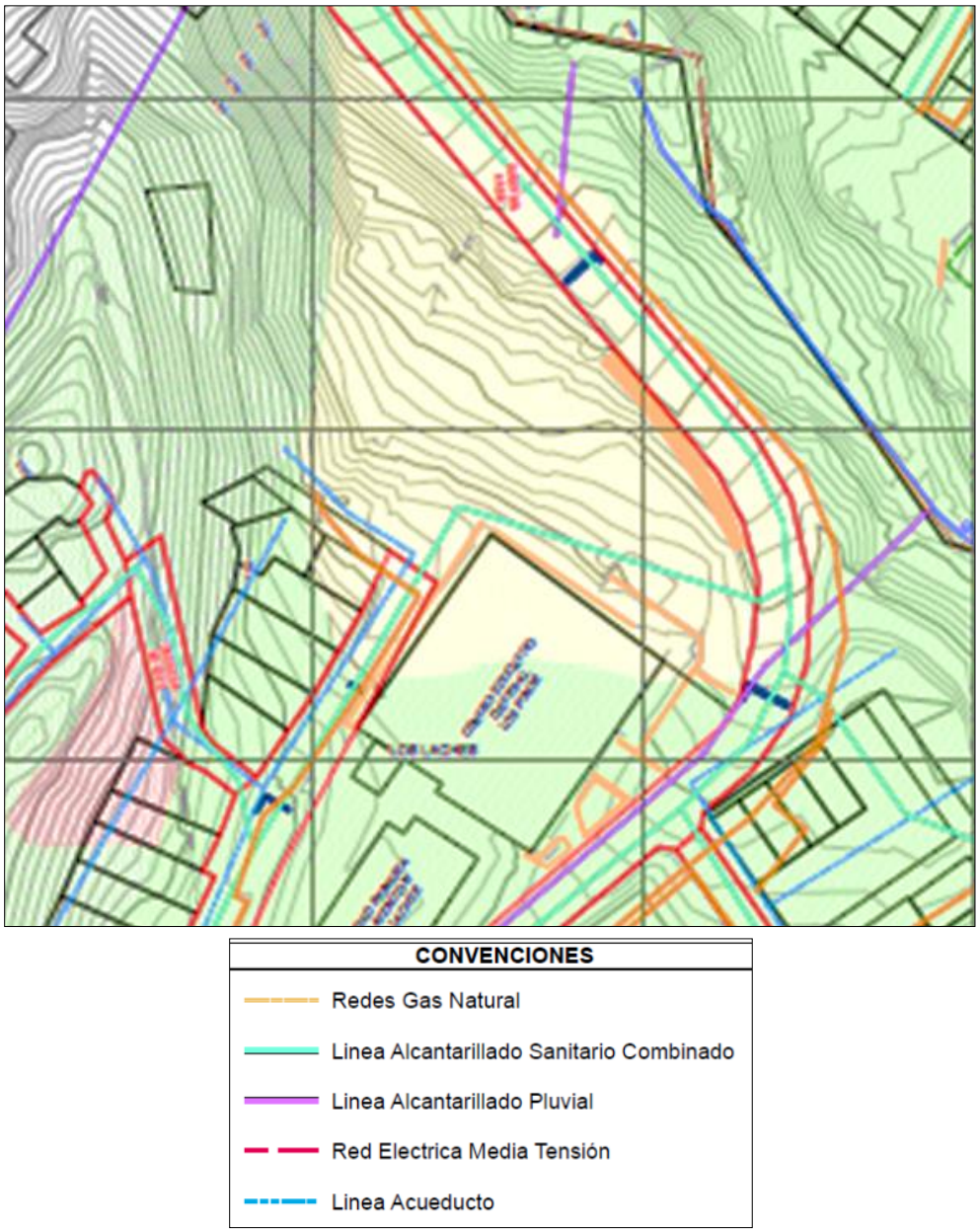
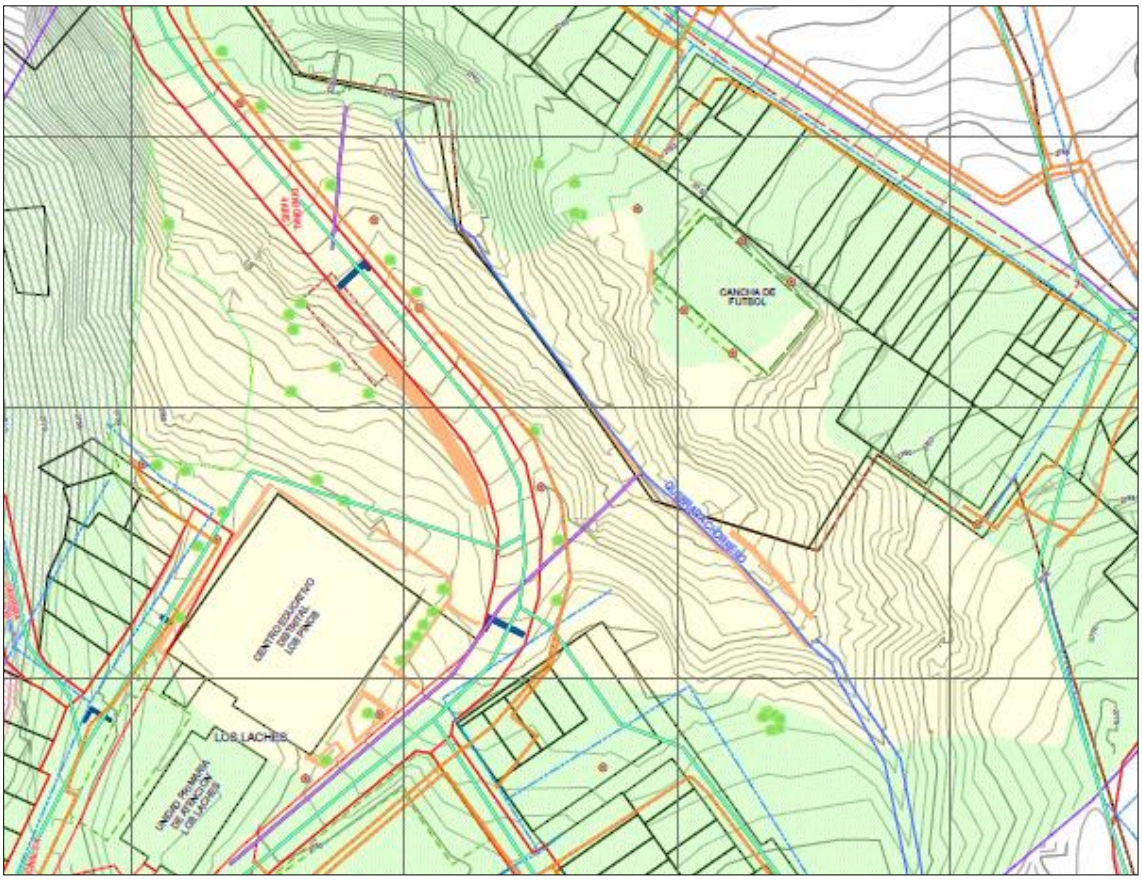


Ilustración 12-5 redes de servicios públicos expuestos a amenaza por Movimientos en Masa condición actual (Sin obras).



CONVENCIONES

- Redes Gas Natural
- Linea Alcantarillado Sanitario Combinado
- Linea Alcantarillado Pluvial
- Red Electrica Media Tensión
- Linea Acueducto

Ilustración 12-6 redes de servicios públicos expuestos a amenaza por Movimientos en Masa condición futura.

12.3 CARACTERIZACIÓN -PROCESO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El proceso de recolección de información se dividió en dos partes; La primera correspondiente a la información catastral disponible de las diferentes entidades del distrito e insumos externos como imágenes satelitales de libre acceso, siendo dicho conjunto la información secundaria del presente documento. La segunda parte comprendió del proceso de levantamiento de información registrada en campo dentro de la zona de estudio, siendo esta la información primaria utilizada para el presente estudio.

12.3.1 Información Secundaria

Como se mencionó anteriormente, la información catastral fue el punto de partida para el proceso de identificación y caracterización de edificaciones en la zona de estudio. La información catastral utilizada fue el registro catastral por manzanas de los diferentes lotes y edificaciones, con las respectivas distribuciones de niveles edificados como se muestra en la 5. Adicionalmente se tuvo a disposición la distribución de usos de suelo y una imagen satelital de la zona de estudio que fue fundamental para los trabajos en campo. La información anteriormente mencionada se presenta en el Anexo 10-1.

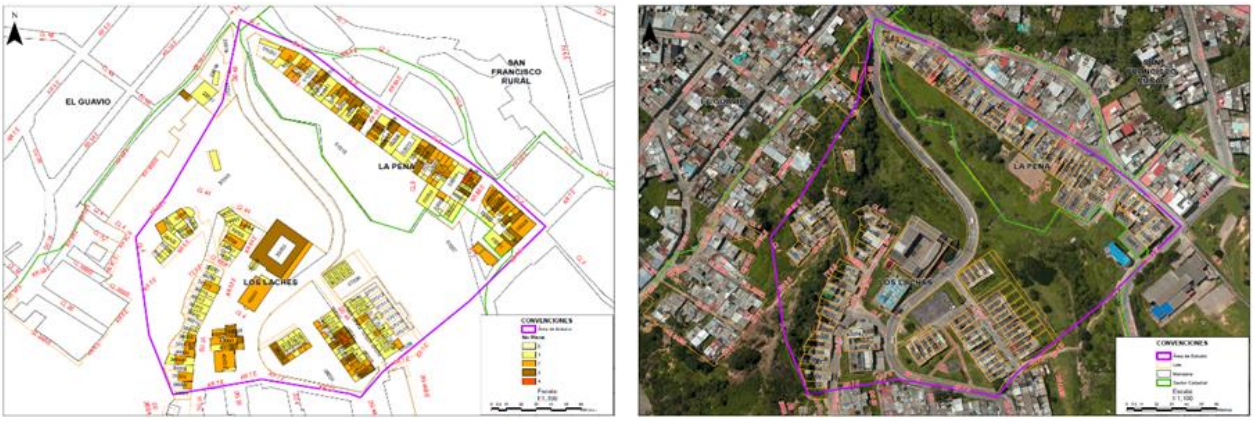


Ilustración 12-7 Información secundaria disponible (Izq). Distribución por número de niveles de edificaciones. (Der) Plano satelital para uso en campo con identificación catastral de edificaciones

Fuente: Adaptado por Consorcio GEO JAM Laches 2017 (2018) de POT decreto 190 de 2004



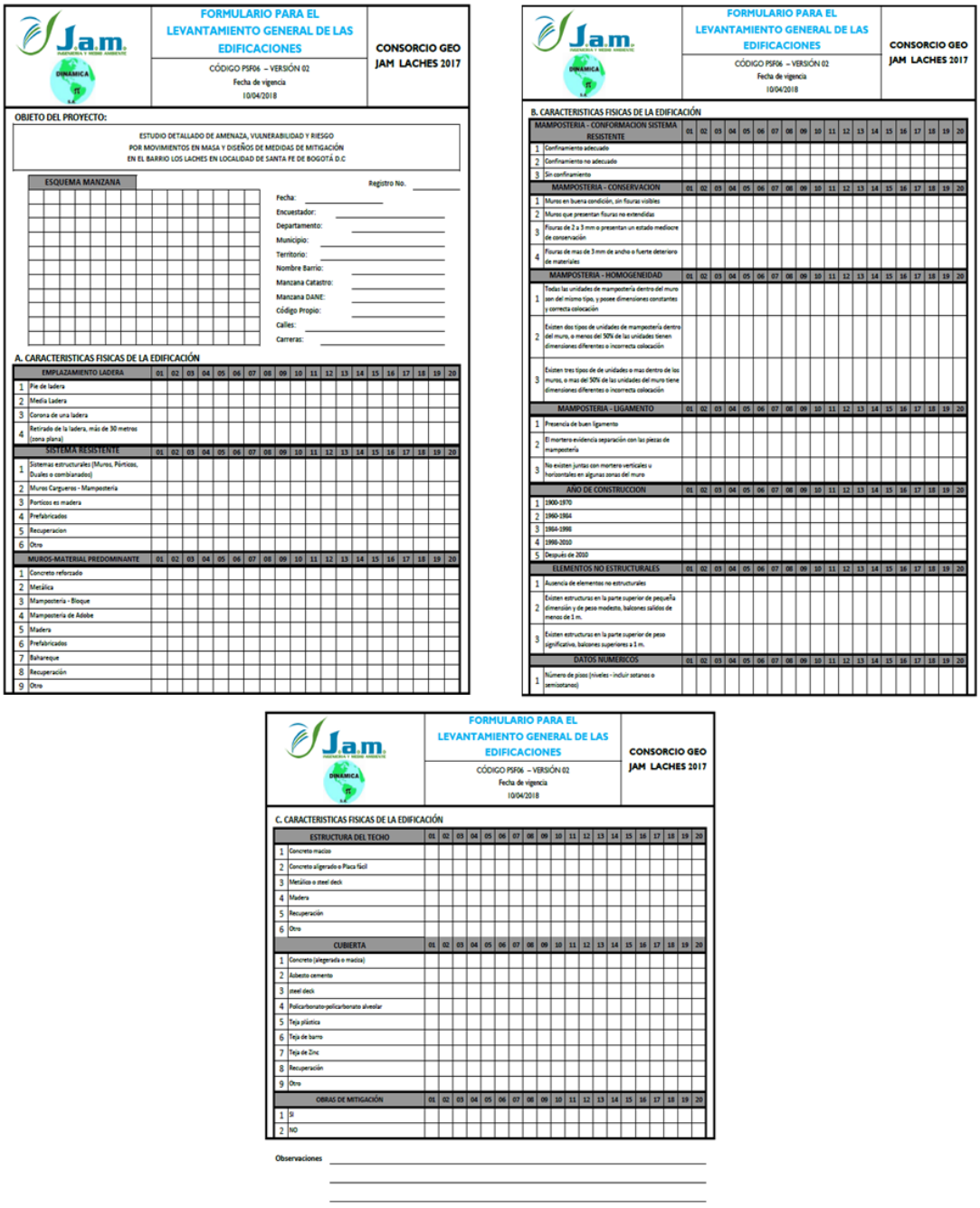
Ilustración 12-8 Distribución usos de suelo en zona de estudio
Fuente: Adaptado por Consorcio GEO JAM Laches 2017 (2018) de POT decreto 190 de 2004

12.3.2 Proceso de levantamiento de información primaria

Para determinar las principales características físicas de las edificaciones, se realiza el inventario de las viviendas mediante el formulario presentado en la Ilustración 12 -9, que se enfoca en determinar los principales materiales constructivos, el sistema resistente, el sistema de cubierta, el número de pisos, el estado de los muros y otros elementos estructurales y no estructurales, entre otros aspectos físicos que permitan determinar las capacidades de respuesta del elemento una vez se materialice la amenaza.

Los datos anteriormente mencionados recolectados en la zona de estudio, se presentan en el Anexo 10-2. Dichos datos representan el 100% de las unidades prediales, donde un 30% se completa mediante un recorrido por Google-StreetView, información secundaria (UAECD, DANE) y fotografías u otra información de campo de otras disciplinas, toda vez que se presentaron alteraciones de orden público, condiciones inseguras para el equipo de trabajo.

En el proceso de levantamiento de información primaria se contrasto la información cartográfica de partida, dando como resultado una concordancia del 95% referente a lo observado en la zona de estudio, teniendo las variaciones más significativas dos edificaciones nuevas y contadas variaciones de niveles edificados. Los resultados consolidados de los procesos de levantamiento de información primaria se presentan en la matriz adjunta en el Anexo 10.



FORMULARIO PARA EL LEVANTAMIENTO GENERAL DE LAS EDIFICACIONES
CÓDIGO PSF06 – VERSIÓN 02
Fecha de vigencia 10/04/2018
CONSORCIO GEO JAM LACHES 2017

OBJETO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

ESQUEMA MANZANA

Registro No.
Fecha:
Encuestador:
Departamento:
Municipio:
Territorio:
Nombre Barrio:
Manzana Catastro:
Manzana DANE:
Código Propio:
Calles:
Carreras:

A. CARACTERISTICAS FISICAS DE LA EDIFICACIÓN

EMPLAZAMIENTO LADERA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Pie de ladera																				
2 Media Ladera																				
3 Corona de una ladera																				
4 Retirado de la ladera, más de 30 metros (zona plana)																				
SISTEMA RESISTENTE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Sistemas estructurales (Muros, Pórticos, Duales o combinados)																				
2 Muros Cargueros - Mamposteria																				
3 Porticos es madera																				
4 Prefabricados																				
5 Recuperacion																				
6 Otro																				
MUROS-MATERIAL PREDOMINANTE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Concreto reforzado																				
2 Metálica																				
3 Mamposteria - Bloque																				
4 Mamposteria de Adobe																				
5 Madera																				
6 Prefabricados																				
7 Bahareque																				
8 Recuperación																				
9 Otro																				

FORMULARIO PARA EL LEVANTAMIENTO GENERAL DE LAS EDIFICACIONES
CÓDIGO PSF06 – VERSIÓN 02
Fecha de vigencia 10/04/2018
CONSORCIO GEO JAM LACHES 2017

B. CARACTERISTICAS FISICAS DE LA EDIFICACIÓN

MAMPOSTERIA - CONFORMAOION SISTEMA RESISTENTE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Confinamiento adecuado																				
2 Confinamiento no adecuado																				
3 Sin confinamiento																				
MAMPOSTERIA - CONSERVACION	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Muros en buena condición, sin fisuras visibles																				
2 Muros que presentan fisuras no extendidas																				
3 Fisuras de 2 a 3 mm o presentan un estado mediocre de conservación																				
4 Fisuras de mas de 3 mm de ancho o fuerte deterioro de materiales																				
MAMPOSTERIA - HOMOGENEIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Todas las unidades de mamposteria dentro del muro son del mismo tipo, y posee dimensiones constantes y correcta colocación																				
2 Existen dos tipos de unidades de mamposteria dentro del muro, o menos del 50% de las unidades tienen dimensiones diferentes o incorrecta colocación																				
3 Existen tres tipos de de unidades o mas dentro de los muros, o mas del 50% de las unidades del muro tiene dimensiones diferentes o incorrecta colocación																				
MAMPOSTERIA - LIGAMENTO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Presencia de buen ligamento																				
2 El mortero evidencia separación con las piezas de mamposteria																				
3 No existen juntas con mortero verticales u horizontales en algunas zonas del muro																				
AÑO DE CONSTRUCCION	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 1900-1970																				
2 1960-1984																				
3 1984-1998																				
4 1998-2010																				
5 Después de 2010																				
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Ausencia de elementos no estructurales																				
2 Existen estructuras en la parte superior de pequeña dimensión y de peso modesto, balcones salidos de menos de 1 m.																				
3 Existen estructuras en la parte superior de peso significativo, balcones superiores a 1 m.																				
DATOS NUMERICOS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Número de pisos (niveles - incluir sotanos o semisotanos)																				

FORMULARIO PARA EL LEVANTAMIENTO GENERAL DE LAS EDIFICACIONES
CÓDIGO PSF06 – VERSIÓN 02
Fecha de vigencia 10/04/2018
CONSORCIO GEO JAM LACHES 2017

C. CARACTERISTICAS FISICAS DE LA EDIFICACIÓN

ESTRUCTURA DEL TECHO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Concreto macizo																				
2 Concreto aligerado o Placa fácil																				
3 Metálico o steel deck																				
4 Madera																				
5 Recuperación																				
6 Otro																				
CUBIERTA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Concreto (aligerada o maciza)																				
2 Asbesto cemento																				
3 steel deck																				
4 Policarbonato-policarbonato alveolar																				
5 Teja plástica																				
6 Teja de barro																				
7 Teja de Zinc																				
8 Recuperación																				
9 Otro																				
OBRAS DE MITIGACIÓN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 SI																				
2 NO																				

Observaciones

Ilustración 12-9 Formulario para el levantamiento y evaluación de daños en edificaciones
Fuente: Elaboración propia (2018)

12.4 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS EDIFICACIONES

A continuación, se presentan las principales características de las edificaciones emplazadas en el polígono objeto de estudio.

El 91% de las edificaciones corresponden a sistemas resistentes de muros cargueros, donde el 57% corresponden a muros en mampostería bloques o ladrillos; y un 27% en Adobe y un 8% combinado con otros materiales. El 6% corresponde a edificaciones flexibles, prefabricados, un 2% a tugurios o viviendas en materiales de recuperación, y solo un 1% a sistemas estructurales porticados y corresponde a la Institución Educativa los Pinos, Biblioteca de la Peña, Salón Comunal y Centro de Salud.

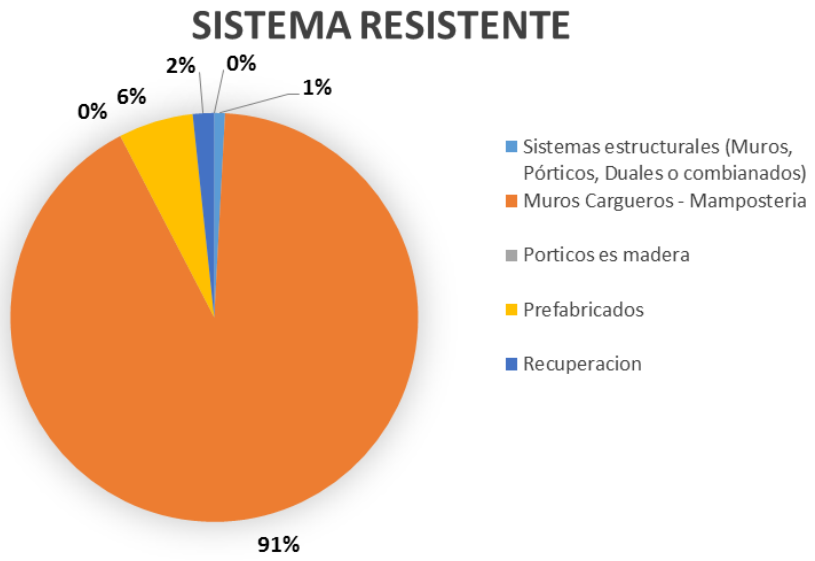


Ilustración 12-10 Sistema resistente de las edificaciones en la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia (2018)

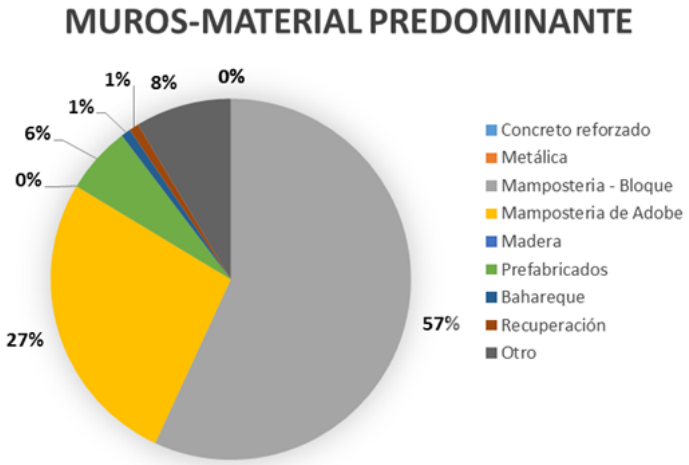


Ilustración 12-11 Material predominante en muros
Fuente: Elaboración propia (2018)

Para determinar el estado y grado de conservación de las edificaciones, en su mayoría construcciones con sistema de muros cargueros en bloque o ladrillo, se evalúa la conformación del sistema, si está o no confinado, la presencia de fisuras o grietas, homogeneidad o heterogeneidad de los materiales y ligamiento entre los bloques, lo que arroja un resultado favorable toda vez que el estado de las edificaciones y grado de conservación es bueno a aceptable, aun cuando solo el 7% de las edificaciones tienen confinamiento adecuado.

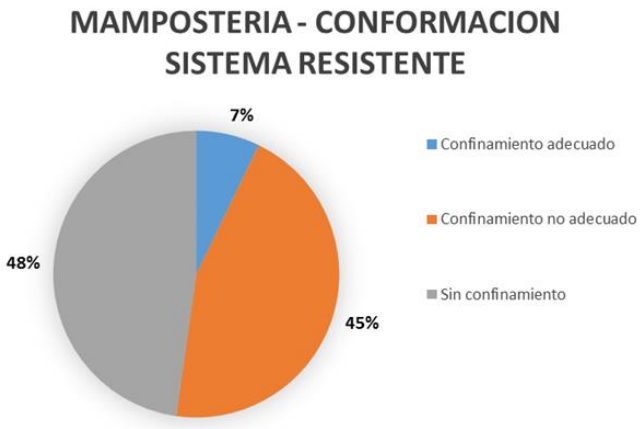


Ilustración 12-12 Conformación del sistema de muros cargueros
Fuente: Elaboración propia (2018)

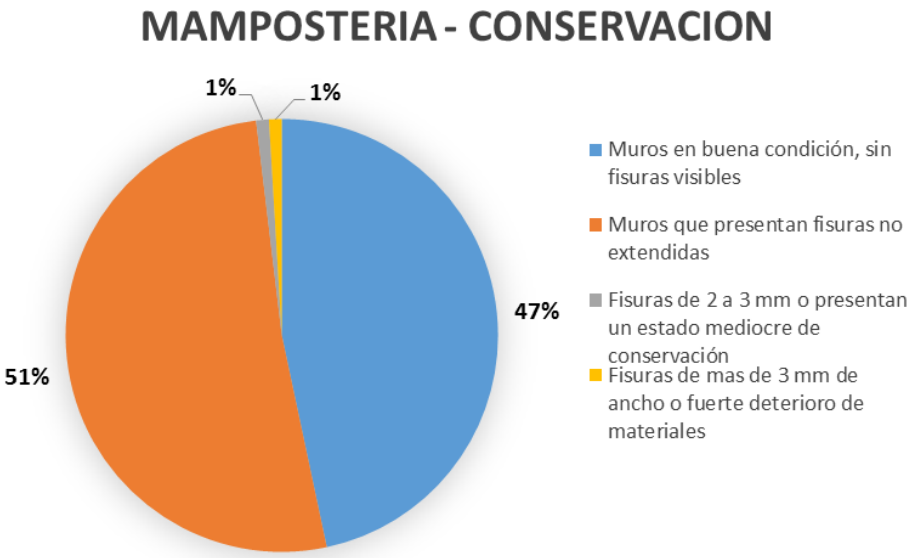


Ilustración 12-13 Conformación de los muros
Fuente: Elaboración propia (2018)

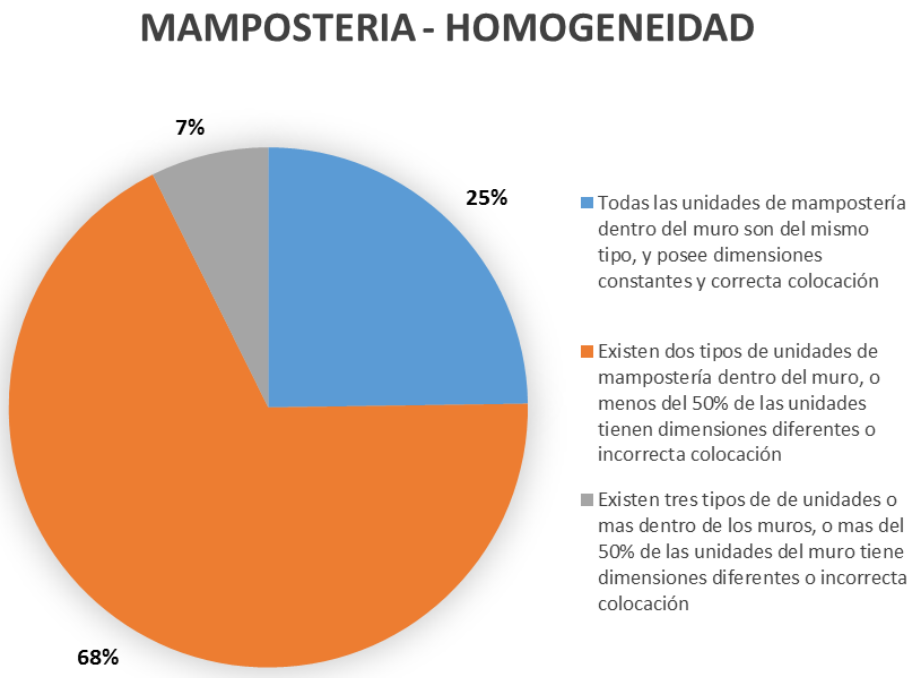


Ilustración 12-14 Homogeneidad en los muros
Fuente: Elaboración propia (2018)

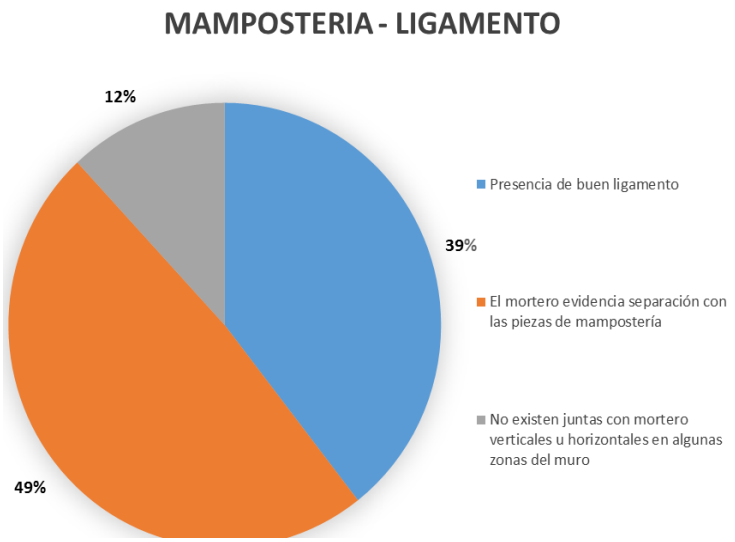


Ilustración 12-15 Ligamento en los materiales de los muros
Fuente: Elaboración propia (2018)

La edad de las construcciones esta entre 60 años a 10 años, donde el 48% fueron construidas entre los años 1960 a 1984, el 34% entre los años 1984 a 1998 y un 15% entre el aña de 1998 a 2010, el restante corresponde a edificaciones relativamente nuevas, 3%.

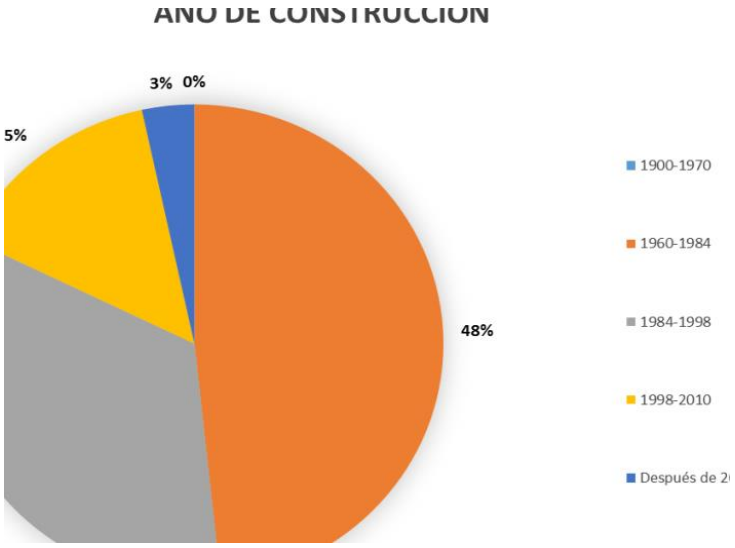


Ilustración 12-16 Años de construcción de las edificaciones
Fuente: Elaboración propia (2018).

El 82% de las edificaciones tienen una estructura de techo metálico (48%) o en madera (34%); el 11% tienen placa maciza o aligerada, y un 3% en materiales de recuperación.
La cubierta en un 70% es en asbesto cemento, 10% en teja de zinc y un 10% en concreto.

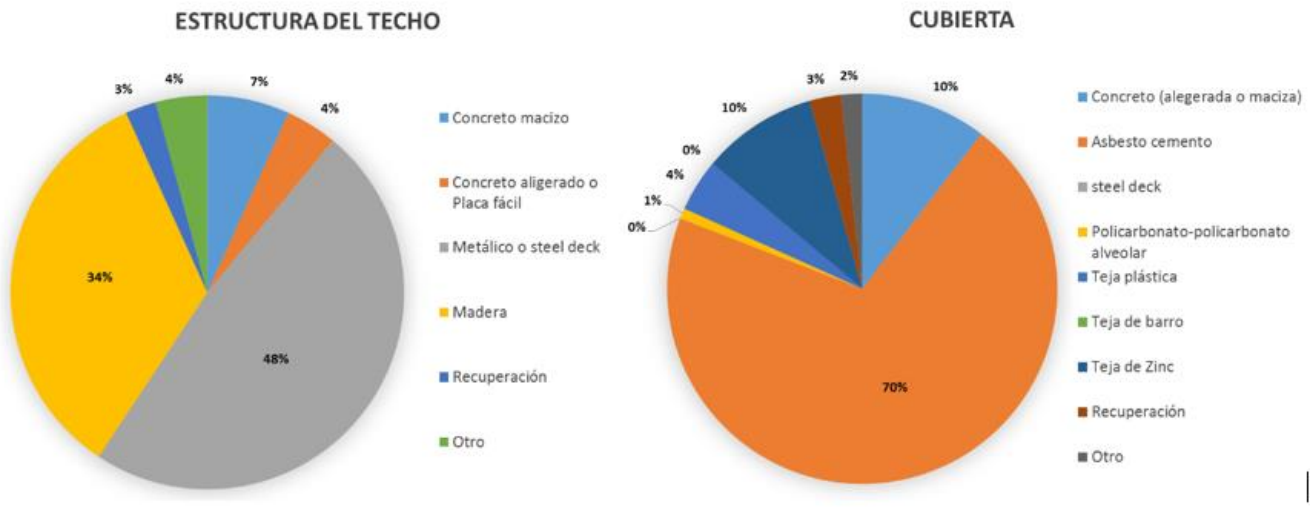


Ilustración 12-17 estructura de techo y cubierta
Fuente: Elaboración propia (2018)

En un eventual caso de movimiento en masa, es importante definir la localización de las edificaciones en la ladera, a continuación, se presenta el resultado del levantamiento de campo.

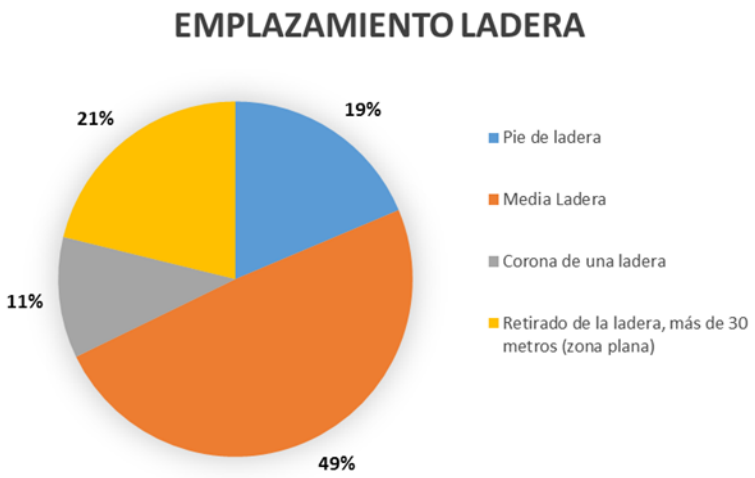


Ilustración 12-18 Emplazamiento en la ladera
Fuente: Elaboración propia (2018)

Por tanto, solo el 21% de las edificaciones se encuentra relativamente en una zona plana retirada más de 30 metros de la corona o pie de la ladera. La mitad de las edificaciones (49%) se localizan a media ladera, el 11% en la corona y el 19% en el pie de la ladera.
En cuanto al número de niveles se tiene:

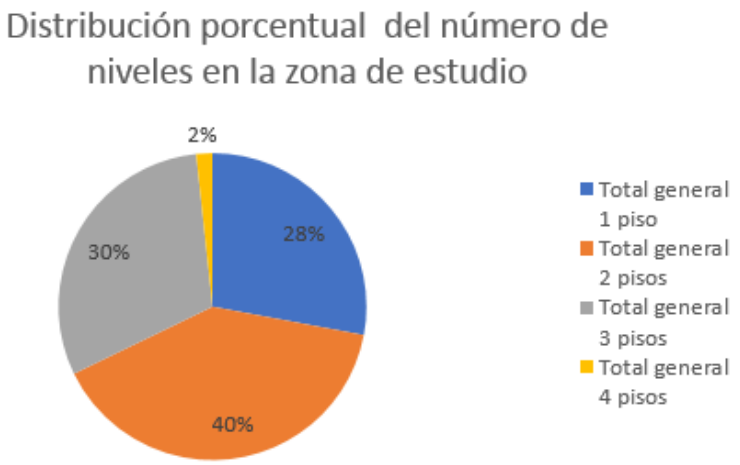


Ilustración 12-19 Número de pisos o niveles
Fuente: Elaboración propia (2018)

12.5 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural

Con base en los requerimientos del Decreto 1807 de 2014 compilados en el Decreto 1077 de 2015, la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano en el año 2015 y la Metodología de Evaluación de Riesgo por FRM a Nivel de Detalle por JAM Ingeniería Y Medio Ambiente en el año 2006. En la guía se definen las tipologías de vivienda como se presenta a continuación.

Tabla 12.1.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.

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
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.
F	Construcciones simples	Edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación. Entre estas se incluyen las edificaciones en proceso de construcción y las construidas en materiales de recuperación, pórticos y paneles de madera, y pórticos de madera y paneles en otros materiales. Son ejemplo de este tipo de Edificaciones tugurios, ranchos, campamentos, carpas, etc.
G	Lotes vacíos	

Fuente: SGC (2015)

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, teniendo en cuenta como limitante que la altura en el caso de desprendimiento de material o caída de bloques puede ser una condición más favorable, contrario a lo propuesto en la Guia del SGC respecto a los deslizamientos, toda vez que la solicitación del primer caso son impactos y en el segundo caso son empujes o desplazamientos verticales.

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.

Tabla 12.2.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

Como se presentó en la Tabla 12-2, 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.

Respecto a la Altura de la edificación:

Tabla 12.3.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 Consorcio Geo JAM Laches 2017.

Para el factor de Estado de conservación:

Tabla 12.4.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 a deformaciones leves, por lo cual este factor no será mayor a 0,50, 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 12.5.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 Consorcio Geo JAM Laches 2017.

Por tanto, el factor de edad se determina por la edad de la construcción y su vida útil:

Tabla 12.6.Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción

EDAD DE LA EDIFICACIÓN / VIDA ÚTIL	S_{ed}
≤ 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

12.6 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural por MM – Condición actual (sin Obras) – Escenario normal (corto plazo).

Las edificaciones expuestas a la amenaza media por MM, falla de tipo rotacional-movimiento lento, condición actual (Sin obras) – Escenario normal (corto plazo), corresponden a la Institución Educativa y una edificación colindante con el Colegio, al noroccidente del mismo identificado con número catastral 034004, las cuales se localizan en la corona del posible movimiento y por tanto la solicitación corresponde a desplazamientos verticales. Ver *Ilustración 12-20*.

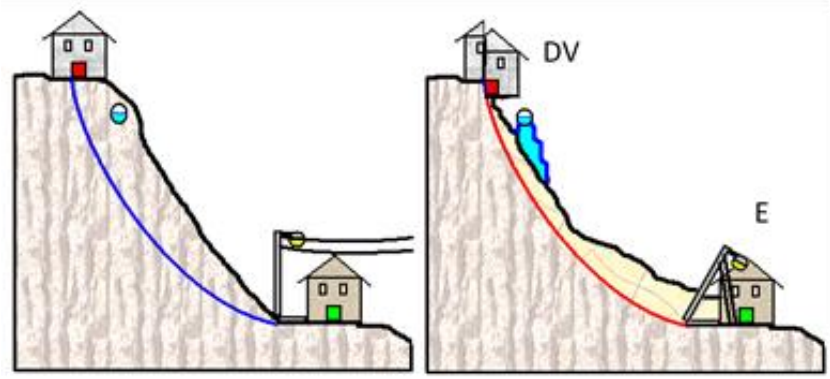


Ilustración 12-20 Tipos de solicitación por procesos de remoción en masa. Fuente: Elaboración propia (2018)

Donde,

- Desplazamientos verticales – DV.
- Empujes, impacto o presión lateral – E.

En la *Ilustración 12-21* se presentan las zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento, y las edificaciones expuestas que se mencionan en el anterior párrafo se localizan en la zona 2 que corresponde a una zona potencialmente inestable, incluida el área de retrogresión.

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 los modos de daño esperados pueden ser, ver página 93, "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 son evidentes en la actualidad sobre la estructura del Colegio conforme la inspección visual de edificaciones adelantada en el presente estudio.

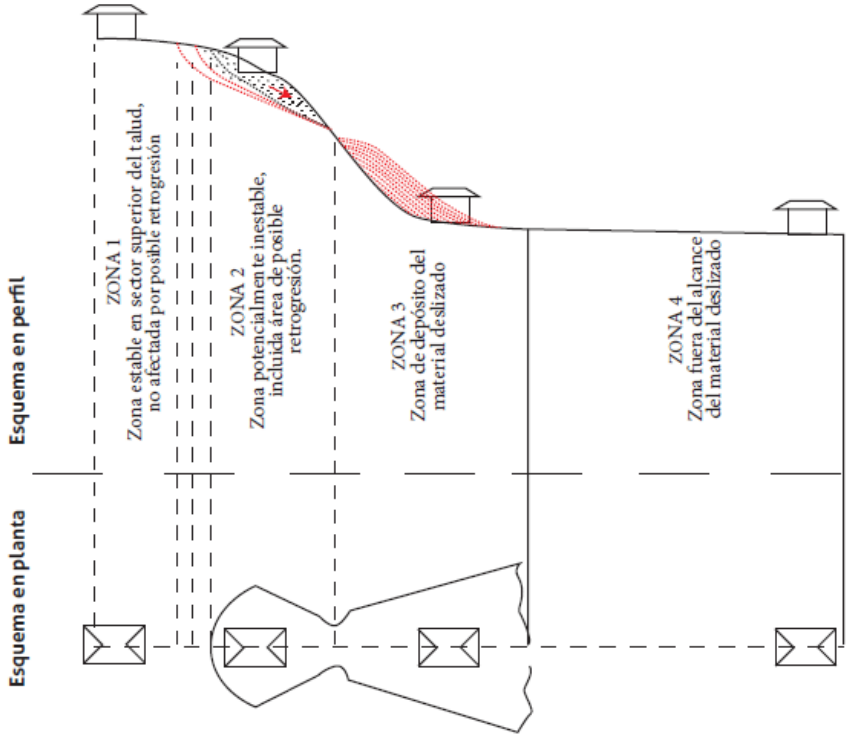


Ilustración 12-21 Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento. Fuente: SGC. 2015

Por otra parte, hay dos viviendas expuestas a caídas de rocas, las edificaciones 360017 y 360016. La solicitación es el impacto sobre las estructuras y los modos de daño están asociados a la rotura de muros o colapso del muro impactado.



Ilustración 12-22 Vista de la edificación y la Institución Educativa Los Pinos. Fuente: SGC. Elaboración propia

La edificación localizada en el área delimitada con condición de amenaza media, actual (sin obras de mitigación), corresponden al predio de la Manzana 34, lote 004.

La característica de la edificación es:

- Se localiza en el pie de la ladera, sin embargo una vez revisada la cartografía base y el mecanismo de falla, esta se localiza entre la corona y media ladera.

- Corresponde a una construcción en sistema de muros cargueros en mampostería de bloque.

- El estado de conservación es regular. El confinamiento no es adecuado o carece del mismo; algunos muros presentan fisuras no extendidas; no todas las unidades de construcción, bloques, son iguales; y el ligamento, mortero entre los bloque, es parcial o ausente.

- La edad de la construcción 34-004 es aproximadamente de 20 años.

- Tres (3) pisos.

- La estructura del techo es madera y prevalece la cubierta en asbesto cemento.

En cuanto al Colegio se enmarca en la tipología B- Edificaciones reforzadas, tres (3) niveles o pisos, presenta deformaciones leves y su construcción tiene más o menos 30 años.

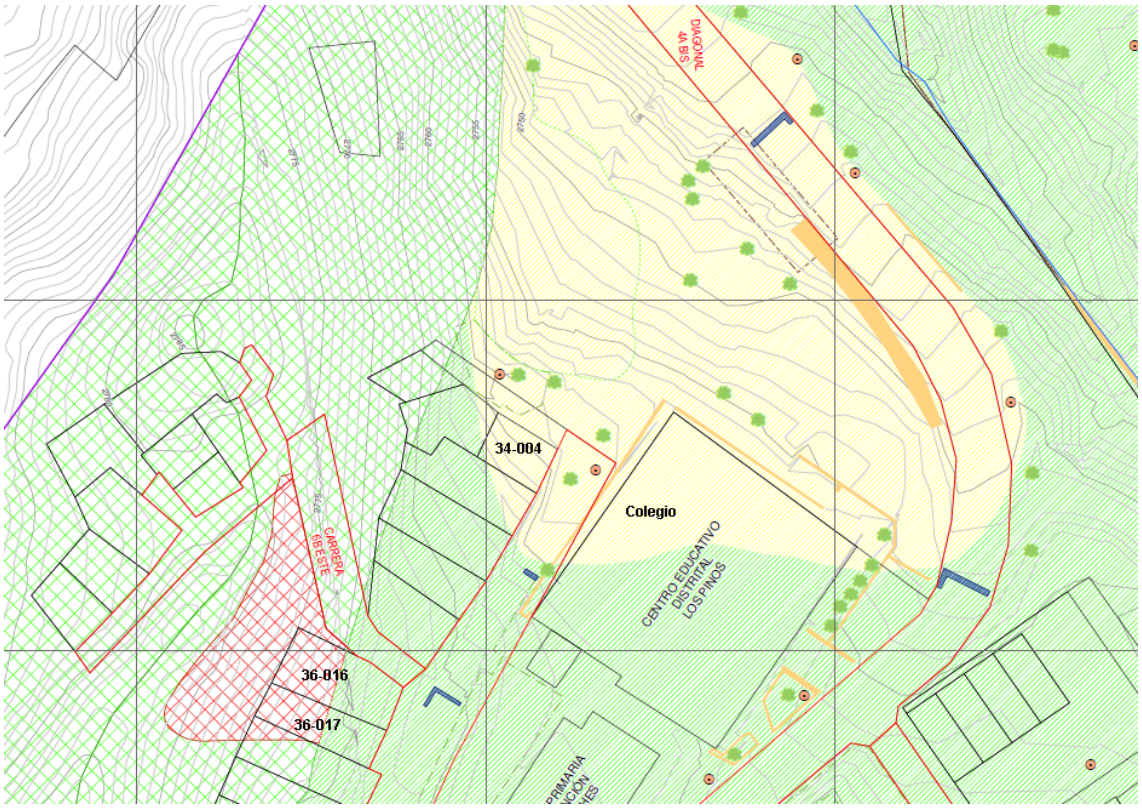


Ilustración 12-23 Edificaciones expuestas a movimiento en masa tipo rotacional lento 34004 y Colegio; y por caída de bloques 36016 y 36017 – condición actual (Sin obras de mitigación) de amenaza.
Fuente: Elaboración propia (2018)

La fragilidad es:

$$S_{ied\ pinos} = 1 - (1 - 0{,}30) \times (1 - 0{,}05) \times (1 - 0{,}25) \times (1 - 0{,}30) = 0{,}65$$

$$S_{34004} = 1 - (1 - 0{,}70) \times (1 - 0{,}6) \times (1 - 0{,}25) \times (1 - 0{,}50) = 0{,}95$$

Por otra parte para las edificaciones expuestas por caída de rocas se tiene lo siguiente:

$$S_{36016} = 1 - (1 - 0{,}70) \times (1 - 0{,}6) \times (1 - 0{,}05) \times (1 - 0{,}05) = 0{,}89$$

$$S_{36017} = 1 - (1 - 0{,}70) \times (1 - 0{,}6) \times (1 - 0{,}05) \times (1 - 0{,}50) = 0{,}94$$

Todas las edificaciones presentan una fragilidad alta, con excepción del colegio con una fragilidad media. En consecuencia las edificaciones son altamente frágiles ante cualquier evento asociado a movimientos en masa y caída de bloques por las características constructivas, principalmente por estar asociadas a una tipología de muros cargueros en mampostería con confinamiento deficiente.

La fragilidad es intrínseca al elemento y está directamente relacionada con la vulnerabilidad, sin embargo, la vulnerabilidad también está en función de la capacidad de daño del evento amenazante o intensidad del evento.

La intensidad del evento para los mecanismos de falla analizados se calcula de la siguiente forma, propuesta por SGC (2015):

$$I = 1 - (1 - I_{def})(1 - I_{vel})(1 - I_{prof})$$

Donde,

I: Intensidad del evento.

I_{def} es el parámetro de intensidad por deformación. Entre las deformaciones se incluyen asentamientos, desplazamientos horizontales e inclinaciones. El parámetro de intensidad de deformaciones se da para la relación de estas deformaciones con respecto a los umbrales tolerables según la tipología de la edificación (ver límites de asentamiento diferencial NSR-10, artículo H.4.9.3)

Conforme la propuesta de SGC (2015):

Tabla 12.7. Relación deformación/umbral tolerable

RELACIÓN DEFORMACIÓN/ UMBRAL TOLERABLE	I_{def}
<0,2	0,10
0,2-0,4	0,20
0,4-0,6	0,40
0,6-0,8	0,60
0,8-1,0	0,80
1,0-1,2	0,90
≥1,2	1,00

Fuente: SGC. 2015

Para el caso del colegio, la distancia aproximada entre las columnas es de 4,5 metros, en consecuencia, el umbral tolerable de deformación es 4,5/300 = 0,015 m = 1,5 cm.

En las viviendas, se puede estimar un umbral tolerable de deformación igual a 3,0/1000 = 0,003 m = 0,3 cm.

Debido a que la solicitación corresponde a desplazamientos verticales, asentamiento e inclinaciones, se espera que una vez se materialice el evento, se presenten deformaciones mayores a 5 cm hasta el colapso parcial o total de las estructuras. Esto se evidencia en la inspección visual de edificaciones donde se observaron algunas fisuras de más de dos (2) milímetros - mm en los muros del colegio, y entre los bloques del mismo separaciones superiores a los cinco (5) centímetros cm. Ver *Ilustración 12-24*, *Ilustración 12-25* e *Ilustración 12-26*.



Ilustración 12-24 Grietas en los muros del colegio
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 12-25 Separación entre los bloques del colegio Los Pinos superiores a 5 centímetros. Parte posterior a la vía Diagonal 4ª Bis.
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 12-26 Separación entre los bloques del colegio Los Pinos superiores a 5 centímetros. Parte frontal a la vía Diagonal 4ª Bis.
Fuente: Elaboración propia

De igual manera, revisando las profundidades según los mecanismos de falla analizados, ver Tablas de distancia de Viaje, hay profundidades mayores a 6 metros entre el terreno y la superficie de falla.

Por lo anterior el parámetro de deformación en 1,00, que al remplazar en la ecuación sin Por lo anterior el parámetro de deformación y profundidad tienden a 1,00, que al remplazar en la ecuación sin hallar los parámetros de velocidad y profundidad, arroja como resultado una intensidad del movimiento de 1.

$$I = 1 - (1 - 1)(1 - I_{vel})(1 - 1) = 1 - (0)(1 - I_{vel})(0) = 1 - 0 = 1$$

Ahora bien, la vulnerabilidad, conforme lo sugiere el SGC en su Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, está dada por:

$$V = 1 - \frac{1}{2} \times \left(\frac{1 - I}{S}\right)^2$$

Para la Institución educativa:

$$V = 1 - \frac{1}{2} \times \left(\frac{1 - 1}{0.65}\right)^2 = 1$$

Tanto la Institución Educativa, como las viviendas son altamente vulnerables al movimiento analizado.

Respecto a la caída de rocas, en función de los daños esperados por la alta fragilidad de los elementos se considera que las edificaciones son altamente vulnerables al evento. El Factor para la energía de falla de los muros cargueros es de 0,60 la energía de falla de una edificación en concreto reforzado que es de 14 kJ, por ende la energía de falla de una edificación de muros cargueros es de 8,4 kJ. Conforme se presenta en la *Ilustración 14-9* la energía máxima de impacto es de 3449,0 kJ, valor que es muy superior a la energía de falla del muro carguero en mampostería con confinamiento deficiente.

12.7 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural por MM – Condición Actual (sin obras) escenario extremo (largo plazo)

En el escenario extremo, la evaluación es similar a la condición corto plazo sin obras, por consiguiente, la vulnerabilidad física estructural de las edificaciones emplazadas en las zonas en condición de riesgo o amenaza media ocupadas es alta. La categoría de la amenaza se mantiene, amenaza media para el movimiento rotacional lento y amenaza alta por caída de rocas, lo que cambia en el escenario extremo (largo plazo) – condición actual (sin obras) es la espacialidad del evento donde el 100% de la Institución Educativa Los Pinos se encuentra expuesta, las demás edificaciones mantienen la exposición, o es similar, a la condición a actual (sin obras) en escenario normal (corto plazo).

Respecto a la caída de rocas, una de las edificaciones se encuentra en construcción y la otra corresponde a una edificación tipología D. La vulnerabilidad es alta toda vez que su estructura se vería altamente comprometida por la materialización del evento. Destrucción parcial o total del muro por el impacto que tiene una energía máxima de 3449,0 kJ respecto a la energía de falla del muro carguero que es de 8,4 kJ.



Ilustración 12-27 Fotografías de las edificaciones expuestas a caídas de rocas. Fuente: Elaboración propia

Respecto a la vía, se esperan obstrucciones parciales por el movimiento, por tanto, la vulnerabilidad es más de tipo funcional y es media por que se ve comprometida la movilidad hasta que se retire del material movido.

En cuanto a la red de alcantarillado que se localiza en media ladera, el tramo está completamente expuesto y su vulnerabilidad es alta.

12.8 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como se mencionó anteriormente, lo observado en la zona de estudio tiene una concordancia del 95% con respecto a la cartografía base obtenida como información secundaria teniendo las variaciones más significativas dos edificaciones nuevas y contadas variaciones de niveles edificados

El porcentaje inventariado de la zona de estudio en campo correspondió al 70% de las estructuras existentes siendo completados, el 30% restante, con información indirecta como fotografías de recorridos anteriores hechos por la consultoría.
Basado en los resultados del inventario físico estructural de edificaciones, se encontró que la mayoría de estructuras corresponden a la tipología D “Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas”.

De llegarse a materializar el mecanismo de falla analizado, superficies de falla hasta con profundidades de 8 metros, las edificaciones localizadas en la zona de movimiento se verían gravemente afectadas por las deformaciones esperadas en la estructura debido a los desplazamientos verticales, y aunque el factor de seguridad determine que la categoría de la amenaza por movimientos en masa es media, las condiciones estructurales y de cimentación no son idóneas en respuesta al evento amenazante.

Se recomienda hacer un estudio de detalle de la vulnerabilidad estructural del Colegio – Institución educativa Los Pinos sede A.

13 ANÁLISIS DE RIESGO

13.1 ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA AMENAZA- OBRAS ESTRUCTURALES

Conceptualmente definimos la Vulnerabilidad como:

V = **E**xposición **/ (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 elemento.

Para verificar los niveles de riesgo, se usa el criterio semáforo que cruza los niveles de amenaza y vulnerabilidad como se muestra en la matriz de riesgo, como la relación entre el riesgo en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Tabla 13.1 Matriz de Riesgo.

Amenaza	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, el riesgo está en función de los modos de daño esperados sobre el área o tramos de la edificación o elemento expuesto por la materialización del movimiento en masa.

13.1.1 Riesgo físico estructural Actual (sin obras) – Escenario normal (Corto plazo)

En función de los modos de daño esperados en el escenario normal (corto plazo), daños que al día de hoy son evidentes en la estructura de la Institución Educativa Los Pinos – CHIP AAA0033LJLW, se espera que se presenten además asentamientos e inclinaciones de la edificación, agrietamiento de muros y posibles deformaciones moderadas a graves, debido a las deficiencias constructivas, especialmente de la cimentación. Por lo cual siendo la vulnerabilidad de la edificación, Institución Educativa, media a alta y la condición de la amenaza media, el riesgo es medio.

Para la edificación con código Catastral manzana 34 predio 004, su vulnerabilidad es alta y de materializarse el evento, movimiento lento de tipo rotacional, falla profunda, se espera deformaciones moderadas a graves sobre la edificación. Esta edificación no presenta daños en la actualidad, sin embargo, su vulnerabilidad es alta y la condición de amenaza es media, por tanto, el riego actual (sin obras) es alto.

Para las edificaciones de la manzana 36, predios 016 y 017, expuestas a caída de bloques se esperan que, de llegarse a materializar el evento, el bloque desprendido choque con los muros posteriores de las viviendas y por las condiciones constructivas, muros cargueros en mampostería de bloque sin confinamiento o confinamiento deficiente, se espera el colapso parcial o total de dichos muros. La amenaza es alta para la condición actual y la vulnerabilidad es alta por la tipología constructiva y sistema resistente o estructural, en consecuencia el riesgo es alto.

Respecto a la red de alcantarillado local, servicio al Colegio y edificaciones adyacentes, se espera deformaciones y roturas sobre las cajas (dos) y tuberías que conforman el sistema de alcantarillado, en consecuencia se espera la pérdida física parcial o total del tramo expuesto, sin embargo desde lo funcional solo afectaría el servicio al Colegio y las edificaciones adyacentes. La vulnerabilidad física es alta y la amenaza media, por ende el riesgo esperado es alto.

En cuanto a la vía, debido al proceso lento de movimiento en masa o movimientos en masa superficiales, se esperan obstrucciones parciales sobre la misma, por tanto se vería medianamente impactada la movilidad, y se recuperaría totalmente una vez se remueva el

material movilizado, en consecuencia los daños esperados físicos son bajos y funcionales medios. La vulnerabilidad física es baja y la amenaza media, por ende el riesgo esperado es bajo.

La estimación de costos aproximados de daño para la condición actual (sin obras) – escenario normal (corto plazo), movimiento en masa rotacional lento, es la siguiente:

- En el **Anexo 10-4** se presenta el avaluó catastral del Predio Institución Educativa Distrital Los Pinos para el año 2018 que asciende a la suma de $ 1.296'569.000 pesos colombianos. Área del Lote: 1.407,55 m^2; Área de la Construcción: 2.551,50 m^2.

- El área posible de afectación conforme el estudio de Amenaza es: Área afectación lote: 529,78 m^2; Área afectación construcción, modulo constructivo de tres pisos: 1410,00 m^2.

- Cierre preventivo y demolición controlada del módulo constructivo cercano al talud. Ver Ilustración 13-1. Área construcción: 882 m^2. Valor demolición=882 m^2 x $ 56.737[6] x (100%+32%)[7] = $66.055.484,88.

- Solo queda en funcionamiento parte la Institución Educativa: Avalúo aproximado de la Edificación luego de materializarse el evento: 850'000.000.

- Los costos de daño asociados a la pérdida del tramo de red de alcantarillado locales (ver precios IDU - año 2018): código 6128 (ML a $ 43.118) y 7085 (UN a $ 784.329), entonces; 80 ML x 43.118 + 2 UN x 784.329 = $5.018.098 , valor que en porcentaje es el 0,26% del valor de daño del Colegio.

- Los costos de daño esperados de la edificación con código catastral 034004, tienen que ver con el daño material y/o los costos asociados al proceso de reasentamiento de las familias afectadas: El m2 de suelo[8] es de $200.000, el valor total de construcción por m2 para vivienda unifamiliar VIS 2 pisos es de $1'092.500[9]; y los planes de reasentamiento por vivienda[10] $142'000.000 por tanto: las pérdidas

[6] Ver Anexo Presupuesto versión 4. Precios Demolición. Instituto de Desarrollo Urbano - IDU (2018)
[7] AIU.
[8] http://mapas.bogota.gov.co/bogotaevoluciona/ValorSuelo.html
[9] CONSTRUDATA Edición 188 – septiembre a noviembre de 2018.
[10] http://metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Plan%20de%20Reasentamiento%20Inicial%20EMB%20-%20IDU.pdf

económicas asociadas a los daños en la edificación son aproximadamente de 88'000.000 y los de reasentamiento de 142´000.000.

- Los costos de daño esperados inmediatos – sin costos de obras de reparación: (1.296'569.000-850'000.000) + $66.055.484 + $5.018.098 + ((50 m^2 x $200.000[11]/m^2$) + (71,5 m^2 $1'092.500[12]/m^2$)) **=** $446.569.000 + $66.055.484 + $5.018.098 + $ 88.113.750 **= $605.756.332**

- Los costos de obras de reparación, que contemplan recuperar o rehabilitar en lo posible las condiciones físicas de las edificaciones e infraestructura antes de materializarse el evento, por medio de la reconstrucción o la reubicación, ascienden a la suma de aproximadamente $ 1.400'000.000. (Incluye las reparaciones locativas de los módulos adyacentes de la institución educativa) + $142'000.000 de la reubicación (edificación con código catastral 034004).

- Los costos de daño esperados totales – con obras de reparación: 1.400'000.000 + $142'000.000 + $605.756.332 = **$2.147.756.332**

- El porcentaje de daños esperados inmediatos es: $605.756.332 / (1.296'569.000+$ 88.113.750) = $605.756.332 / $1'384.682.750 = **43,75 %** (Riesgo medio – ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

- El porcentaje de daños esperados totales con las acciones de reparación: **$2.147.756.332** / $1'384.682.750 = **155%** (Riesgo alto - ver **¡Error! No se encuentra l origen de la referencia.**)



[11] http://mapas.bogota.gov.co/bogotaevoluciona/ValorSuelo.html
[12] Valor total de construcción por m^2 para vivienda unifamiliar VIS 2 pisos – CONSTRUDATA Edición 188 – septiembre a noviembre de 2018.



Ilustración 13-1 Módulo constructivo donde se esperan las mayores afectaciones de materializarse el evento de movimiento en masa.

La estimación de costos aproximados de daño para la condición actual (Sin obras) – escenario normal (corto plazo) caída de rocas, es la siguiente:

- Los costos de las edificaciones son aproximadamente 2 * ((50 m^2 x $200.000[13]/$m^2$) + (71,5 m^2 $1'092.500[14]/$m^2$)) = 176.227.500; y los costos asociados a la reubicación ascienden a la suma de 2 * $142'000.000[15] = $ 284'000.000.

- Los costos de daño esperados inmediatos – sin costos de obras de reparación: $176.227.500 y el porcentaje de daño es del 100% por las afectaciones sobre el muro que comprometen la estabilidad del 100% de las edificaciones.

- Los costos de daño totales incluido proceso de reasentamiento; ascienden a la suma de: $176.227.500 + $284'000.000 = **$ 460.227.500** que en porcentaje representa más del **260%** se traducen en Riesgo Alto (ver **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**).

En función de la tabla de costo aproxima de daño del SGC-2015, ver **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.** se puede concluir que el riesgo actual (sin obras) para la institución educativa Los Pinos es medio, teniendo en cuenta que se trata de edificación

[13] http://mapas.bogota.gov.co/bogotaevoluciona/ValorSuelo.html
[14] Valor total de construcción por m^2 para vivienda unifamiliar VIS 2 pisos – CONSTRUDATA Edición 188 – septiembre a noviembre de 2018.
[15] http://metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Plan%20de%20Reasentamiento%20Inicial%20EMB%20-%20IDU.pdf

educativa, este riesgo no es tolerable, lo cual está respaldado en la tabla 13-2, que establece que la tolerancia estará de acuerdo con la regulación estatal. Ver "*Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa"* pagina 121 Tabla 6.3 categoría del Riesgo de bienes físicos.

En el plano se presenta la categoría de riesgo como medio para el colegio los Pinos en el escenario a corto plazo sin obras, por las características de la amenaza, movimiento lento, por las características constructivas de la edificación, fragilidad media, y por la espacialidad del evento, donde solo un porcentaje de la edificación se encuentra expuesta.

Para las demás edificaciones expuestas (manzana 36, predios 016 y 017) su categoría de riesgo en la condición actual (sin obras), escenario normal (corto plazo) es alta por sus condiciones de fragilidad.

Tabla 13.2 Estimación del costo aproximado de daño

COSTO APROXIMADO DE DAÑO (%)		DESCRIPCIÓN
VALOR INDICATIVO	CATEGORÍA	
200-60	ALTO	Riesgo inaceptable. Es necesaria la ejecución de investigaciones detalladas, planeación e implementación de medidas para reducir el riesgo. Las medidas de intervención estructural pueden ser dispendiosas y poco practicas; además pueden ser más costosas que el valor de la propiedad.
60-20	MEDIO	Puede tolerarse en ciertas circunstancias (de acuerdo con la regulación estatal)
20-0	BAJO	Usualmente aceptable.

Fuente: SGC-2015.

Para la Edificación 34-004 se espera que los costos de los daños sean superiores al 100%, por las deformaciones graves sobre los elementos que conforma la estructura, muros de carga, por lo tanto seria susceptible a una demolición controlada y la construcción de una nueva unidad habitacional. El Riesgo Actual (Sin obras) es alto.

Para la caída de bloques, las reparaciones serian en los muros posteriores, sin embargo, debido al confinamiento deficiente de muros, es posible que las edificaciones presenten un riesgo inminente por colapso estructural, por tanto de materializarse el evento los costos de daño de los predio de la manzana 36, 0016 y 0017, serian objeto de reconstrucción en sitio una vez se implante la obra de mitigación contra caída de bloques. El riesgo actual (Sin obras) es alto.

Para el tramo de vía expuesto, para la condición actual (Sin obras) , del movimiento analizado, rotacional lento, no se espera movimientos súbitos de material, por tanto es poco probable que la masa movilizada llegue a obstruir la vía, excepto los movimientos superficiales del material de lleno. El tramo de la vía se considera en riesgo medio, además de materializarse el evento los costos de operación de mantenimiento vial son relativamente menores al 10% del costo del tramo vial, y su funcionalidad solo se vería comprometida en un carril.

13.1.2 Riesgo físico estructural futuro - Largo plazo sin obras

En función de los modos de daño físicos estructurales esperados a futuro, de la Institución Educativa Los Pinos – CHIP AAA0033LJLW, se espera se presenten asentamientos e inclinaciones de la edificación, agrietamiento de muros y posible colapso parcial o total de la edificación, debido a las deficiencias constructivas, especialmente de la cimentación. Por lo cual, siendo la vulnerabilidad de la edificación, Institución Educativa, es alta y la condición de la amenaza media, el riesgo futuro es alto.

Para la edificación con código Catastral manzana 34 predio 004, su vulnerabilidad es alta y de materializarse el evento, movimiento lento de tipo rotacional, falla profunda, se espera deformaciones graves o el colapso de la edificación. Su vulnerabilidad futura es alta y la condición de amenaza futura es media, por tanto el riesgo futuro es alto.

Para las edificaciones de la manzana 36, predios 016 y 017, código Catastral, expuestas a caída de bloques se esperan que de llegarse a materializar el evento, el bloque desprendido choque con los muros posteriores de las viviendas y por las condiciones constructivas, muros cargueros en mampostería de bloque sin confinamiento o confinamiento deficiente, se espera el colapso parcial o total de dichos muros. La amenaza es alta para la condición futura y la vulnerabilidad es alta por la tipología constructiva y sistema resistente o estructural, en consecuencia el riesgo es alto.

La estimación de costos aproximados de daño para la condición futura es la siguiente:

- Se vería comprometida toda la edificación, Institución Educativa, 1.296’569.000,
- Construir un nuevo Colegio[16] en el sector incluyendo el Lote con un área construida aproximada al actual, 2551,50 m^2 es $ 6.394.617.578,89.

- Es evidente que los costos de daño y de reubicación del Colegio superan ampliamente el 200%, por lo cual el riesgo es alto.

Los valores de daño de la red de alcantarillado expuesta y de las edificaciones es similar a la calculada para el riesgo actual, en consecuencia el valor es despreciable desde el punto de vista porcentual, en consecuencia los daños en la estructura física del colegio es el principal riesgo asociado a los costos de daño esperados.
En conclusión, los costos de daño para la condición a largo plazo sin obras representan una condición más desfavorable que la condición a corto plazo sin obras.

13.2 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se recomienda plantear obras de estabilización en la ladera para reducir el riesgo por movimientos en masa, conforme las estructuras analizadas o recomendadas en el capítulo de alternativas, estas obras deben estar en función de la superficie de falla crítica y profunda.

De igual manera se deben plantear estructuras de retención de material, como mallas o pantallas para la zona de caída de rocas.

La condición de riesgo es más desfavorable en la condición actual (sin obras) escenario a largo plazo, esto por la posibilidad de presentarse el movimiento en masa que puede afectar el 100% de la Institución Educativa y las edificaciones adyacentes, además porque se trata de un espacio dotacional donde estudian menores de edad gran parte del día, por lo cual se deben tomar en cuenta las acciones correctivas para la reducción del riesgo por movimientos en masa.

[16] Colegio Madelena $28.700’682.155 área=10.762,72 m^2 ; año:2017; Colegio La Felicidad $18.573’675.556 área=7.917,97 m^2 ; año:2017. En promedio $2’506.200 xm^2.

14 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Con base en los resultados de evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por procesos de remoción en el barrio los Laches y teniendo en cuenta las necesidades de proteger las laderas y las obras físicas como es el colegio Los Pinos, así como las vías y andenes aledaños a éste, se plantearon tres alternativas de control de amenaza las cuales se presentan en las Figuras 2.1 a 2-4 del **Anexo 11**.

Para la zona aledaña a la quebrada el Chorrerón, se propone la instalación de trinchos en guadua y la posterior siembra de especies ornamentales.

14.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Entre los elementos que se contemplan para la definición de las obras están los aspectos paisajísticos, ambiental, la funcionalidad de la obra e implícitamente los niveles de reducción del riesgo en caso de ocurrencia de algún evento.
A continuación, se realiza la descripción de consideraciones generales que se tuvieron en cuenta para la selección de las obras y acciones planteadas.

14.2 Criterios Técnicos

La ladera de la institución educativa los Pinos, se encuentra conformada por materiales arcillosos de bajas características geomecánicas, por tanto, en los análisis de estabilidad realizados con métodos de equilibrio límite, se encontró que, para el escenario a corto plazo (normal) , y a largo plazo (extremo) se establece una condición cercana al equilibrio límite con factores de seguridad inferiores a 1.9, y a 1.3 respectivamente, y con superficies de falla profundas tal como se muestra en el **Anexo 8.**

Esta inestabilidad se encuentra asociada a la presencia de agua de infiltración y ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Actualmente, sobre la vía Diagonal 4ª, se encuentra un muro de gavión deteriorado el cual es incapaz brindar la estabilidad necesaria de la ladera sobre la cual se encuentra el colegio los Pinos y a causa de ello se presenta un deslizamiento localizado que involucra el suelo de relleno de que suprayace el suelo residual.

Criterios hidráulicos: En la ladera del colegio los Pinos se evidencia un inadecuado y/o inexistente manejo de agua de escorrentía, que produce acumulación de agua en el suelo de relleno que se encuentra en la parte superior.

Criterios Ambientales: La zona de estudio está protegida en su mayoría por una cobertura vegetal compuesta por pastos y en menor proporción, por arbustos y árboles. En el caso de la ladera del colegio, como resultado de las acciones correctivas, se ha contemplado realizar un perfilado acompañado de la instalación de trinchos, lo cual implica que posterior a estas actividades se hace necesario empradizar para mejorar sus condiciones paisajísticas.

En la zona de la cancha se presenta inestabilidad en la ladera, en donde se evidencia la ausencia periódica de cobertura vegetal, se recomienda la homogenización de la pendiente y la posterior empradización.

Recuperación paisajista y ambiental de la margen derecha de la quebrada en Chorrerón en la zona de la cancha, mediante la erradicación del 100 % de la población de retamo liso. Esta especie es considerada invasora que genera un impacto considerable en la composición y estructura de la vegetación ocasionando perturbaciones severas al desplazar especies nativas o afectar el funcionamiento de componentes del ecosistema, lo cual genera pérdida de biodiversidad, incendios forestales, entre otros efectos adversos. Una vez se erradique el retamo liso se recupera la cobertura vegetal (Ver capítulo Inventario forestal y Anexo 9-3 Ficha Manejo Retamo).

14.3 Planteamiento y Evaluación de las obras

La definición de las obras preventivas y de mitigación para el control de los sitios potencialmente inestables requiere la identificación de la factibilidad técnica para luego evaluar cada una de ellas frente a otros escenarios como son: ambiental, urbanístico y paisajístico.

14.3.1 Evaluación técnica de las Obras.

Las obras propuestas, son el producto de la evaluación de su aporte en la estabilidad, bajo la evaluación de los diferentes escenarios de amenaza, y corresponden a las técnicas que minimizan la afectación en las laderas objeto de estudio.

En la definición de dichas obras, se contempló dos medidas de mitigación, la primera medida sobre las márgenes de la quebrada el Chorrerón y la segunda sobre la ladera del colegio los Pinos.

En la primera medida se establece la instalación de terrazas en guadua o trinchos sobre las márgenes de la quebrada el Chorrerón, esta medida controla el flujo superficial que se presenta en las márgenes de la quebrada el Chorrerón y reduce la cantidad de agua de infiltración ayudando a controlar las deformaciones de suelo que se presenta en el margen derecha de la quebrada y que se muestra en la Ilustración 14-1.

Ésta obra de bioingeniería adicionalmente permite la recuperación de la morfometría de las laderas del cauce donde se observa irregularidades y deformaciones, brindando una geometría más homogénea a la superficie la cual pese a que se encuentra provista de cobertura vegetal está brindando un aspecto poco amigable.



Ilustración 14-1. Margen derecha quebrada Chorrerón

La evaluación técnica de las obras de bioingeniería, se enmarca en los análisis de estabilidad realizados con métodos de equilibrio límite los cuales se muestran en el capítulo de Amenaza; para ello, se tomó como referencia los perfiles para los cuales la evaluación

de la amenaza en el escenario crítico con condición de agua extrema y sismo se clasificó como “amenaza media”.

Como consideración general, se realiza una reconformación leve de la geometría de la ladera debida a la inclusión de elementos en guadua que permiten el terraceo, de tal manera que las superficies de falla generadas por debajo de cada elemento, alcanzan valores de factor de seguridad superior a 1.3 para la condición futura. A continuación, se presenta los resultados comparativos de los análisis realizados sobre diferentes secciones para el escenario crítico con condición de agua extrema y sismos, sin la implementación de obras de bioingeniería y con la implementación de obras de bioingeniería.

- **Análisis de estabilidad sin obras de bioingeniería sobra la margen derecha de la quebrada Chorrerón en la zona geotecnia 2 (Perfil 9- Modelo Geotécnico)**

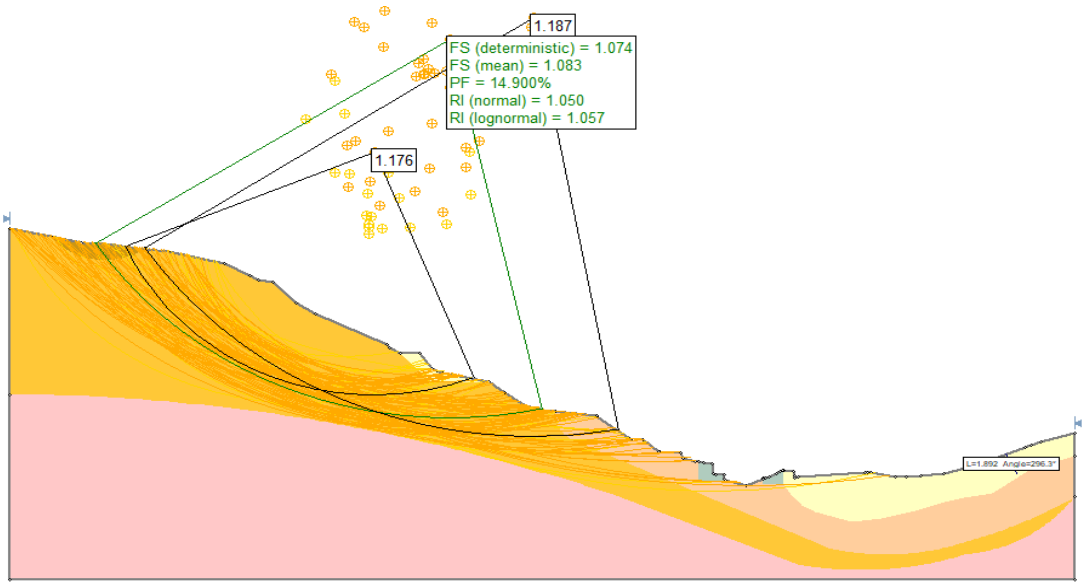


Ilustración 14-2. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos FS= 1.1

- **Análisis de estabilidad con obras de bioingeniería sobra la margen derecha de la quebrada Chorrerón en la zona geotecnia 2 (Perfil 9 - Modelo Geotécnico)**

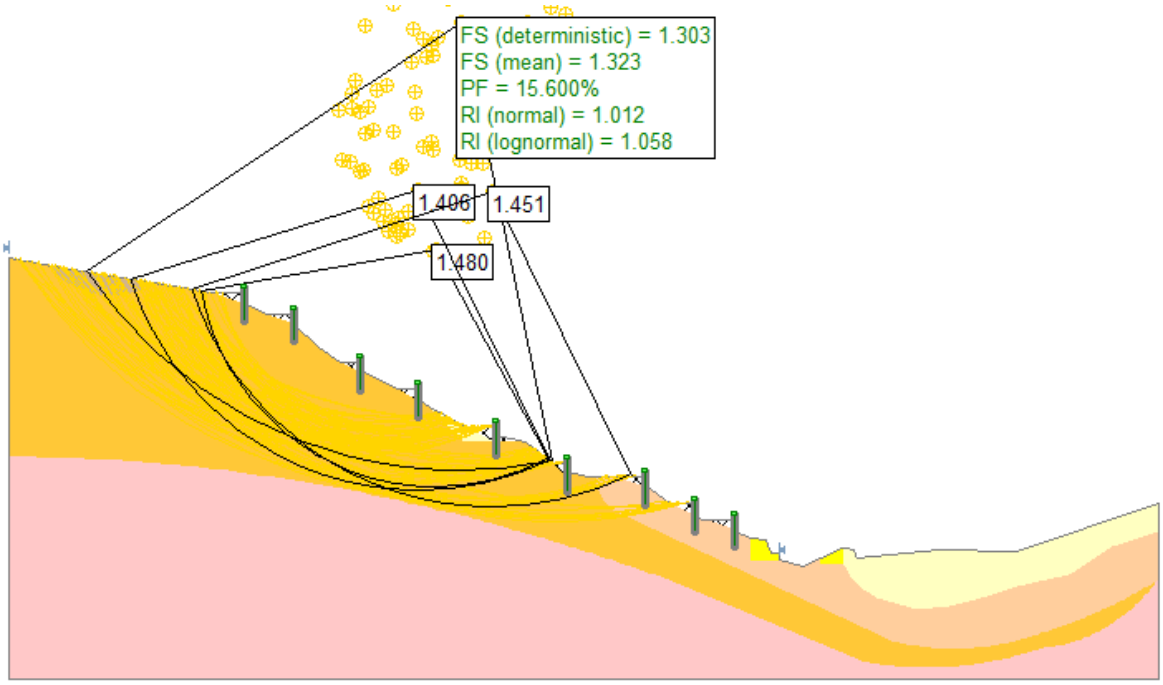


Ilustración 14-3. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos, Fs= 1.3.

- **Análisis de estabilidad sin obras de bioingeniería sobra la margen izquierda de la quebrada Chorrerón en la zona geotecnia 1 (Perfil 5 - Modelo Geotécnico).**

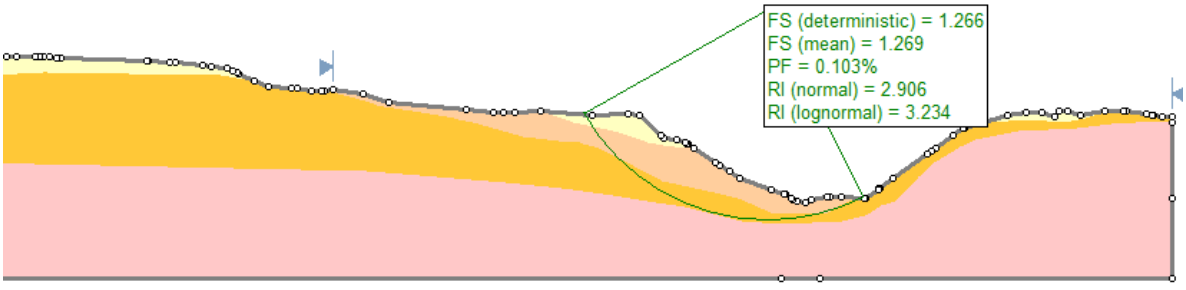


Ilustración 14-4. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos, Fs= 1.27

- **Análisis de estabilidad con obras de bioingeniería sobra la margen izquierda de la quebrada Chorrerón en la zona geotecnia 1 (Perfil 5 - Modelo Geotécnico)**

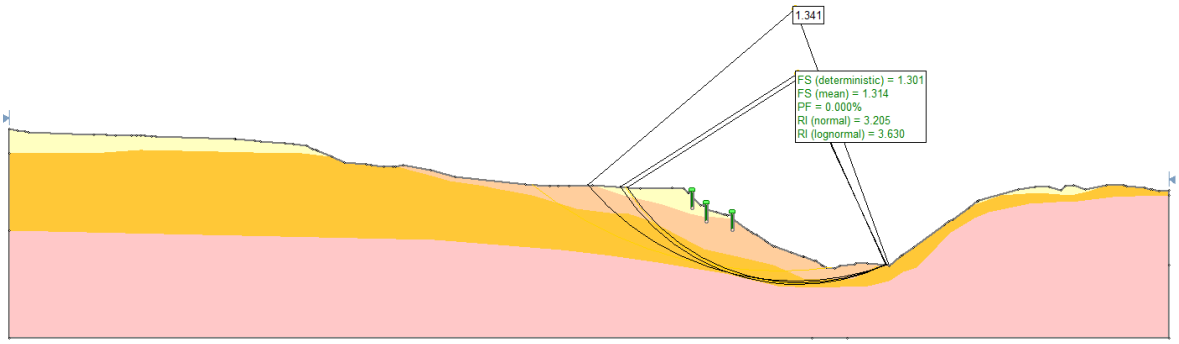


Ilustración 14-5. Margen derecha quebrada Chorrerón con trinchos, Fs= 1.38

De los análisis realizados se observa que con la implementación de obras de bioingeniería el factor de seguridad en el escenario crítico con condición de agua extrema y sismo es superior al mínimo recomendado para que la amenaza sea catalogada como media (Fs=1.3).

La segunda medida es de reducción de la amenaza en la ladera de la institución educativa los Pinos, y consiste en el planteamiento de tres alternativas de contención estructural (Alternativa 1, Alternativa 2 y Alternativa 3) y las cuales van acompañadas de obras hidráulicas que reducen la cantidad de agua de infiltración en los materiales superficiales, y garantizan un adecuado sistema de manejo de agua superficial y subsuperficial que conduzca adecuadamente aguas de escorrentía.

14.3.2 Evaluación de obras Complementarias.

Adicionalmente a las alternativas de estabilización sobre la ladera de la institución educativa Pinos, se establecen obras comunes como lo son:

Un muro de gavión sobre vía diagonal 4A, el cual trabaja como contención y como sistema drenante para ayudar a la evacuación de agua de la ladera.
Prolongación de andén sobre vía diagonal 4ª, y la recuperación del andén del costado W de la institución educativa los Pinos (ver Figura (2-1 a 2-4)).

Se contempla también, el perfilado de la ladera de la institución Educativa Los Pinos, con el fin de retirar la mayor cantidad de material de relleno, posterior a esta actividad se contempla la posterior empradización y revegetalización con cespedón.
Para la zona del macizo rocoso, con el fin de mitigar la amenaza por desprendimiento de bloques en el talud que se encuentra entre la Transversal 6ta Este y la Carrera 6 Este a la altura de la Calle 4 Bis, se propone limpieza, y retiro de los bloques inestables, así como la. implementación de una obra que permita la mitigación del riesgo por la generación de cuñas, que se presenta en el capítulo de geología, del macizo que se ilustra a continuación (Ver Ilustración 14 6).

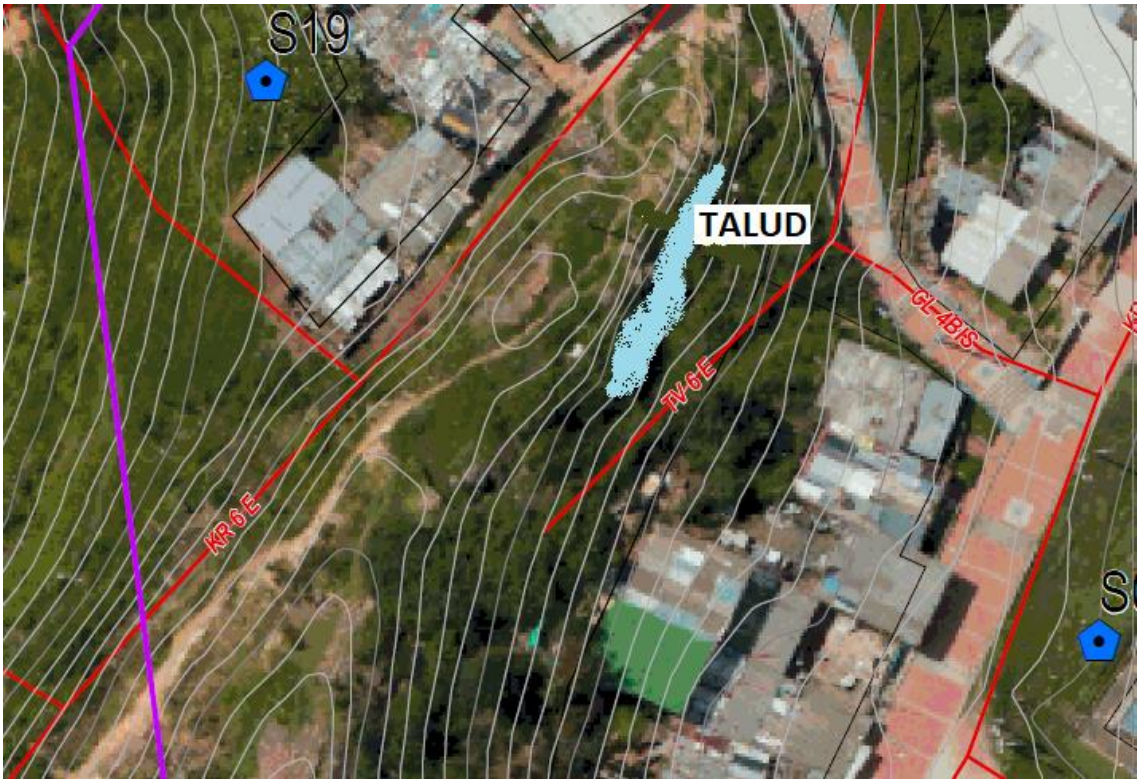


Ilustración 14-6 Ubicación de talud susceptible de desprendimiento de bloques
Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, se realiza el análisis comparativo de un sistema que reduce la amenaza directamente, evitando la movilización de posibles cuñas versus un sistema que mitigue el nivel de riesgo mediante la retención de las cuñas movilizadas que se puedan generar.

En el primer sistema solución se plantea una malla spider que mediante la instalación de pernos GEW; permite evitar la movilización de cuñas inestables en el macizo. A

continuación, se muestra el factor de seguridad de 2.1 obtenido para condiciones normales y de 1.6 para condiciones extremas.

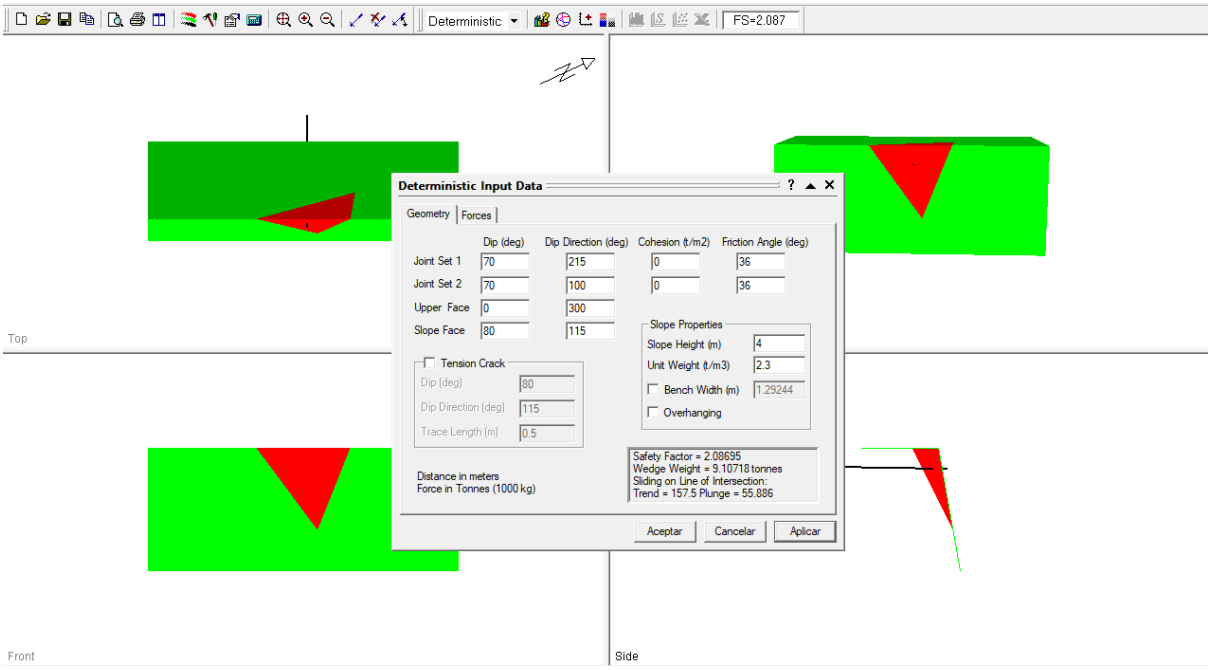


Ilustración 14-7 Factor de seguridad para condiciones normales
Fuente: Elaboración propia

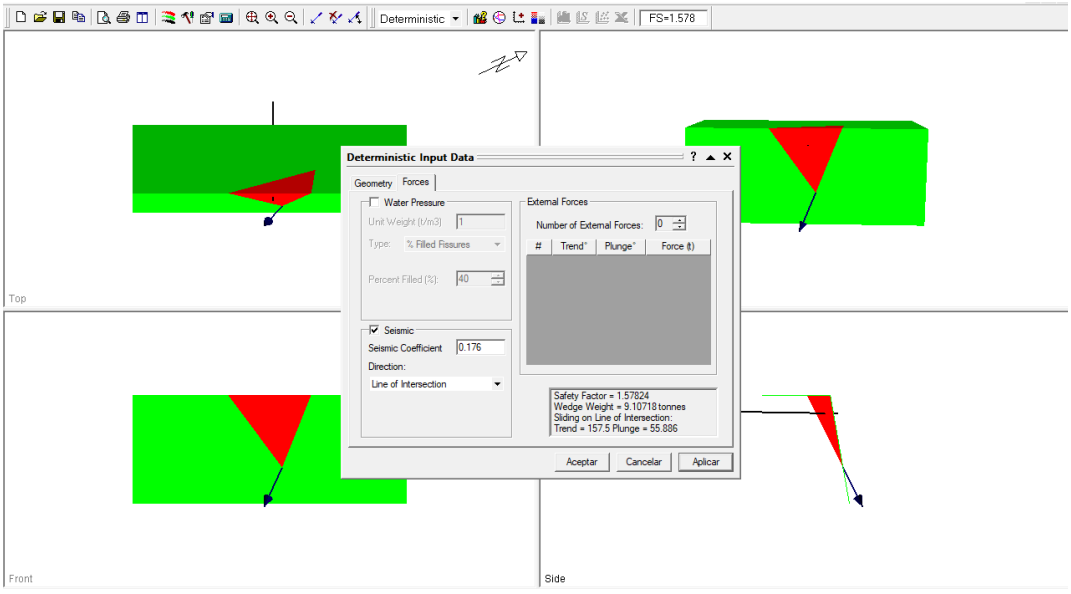
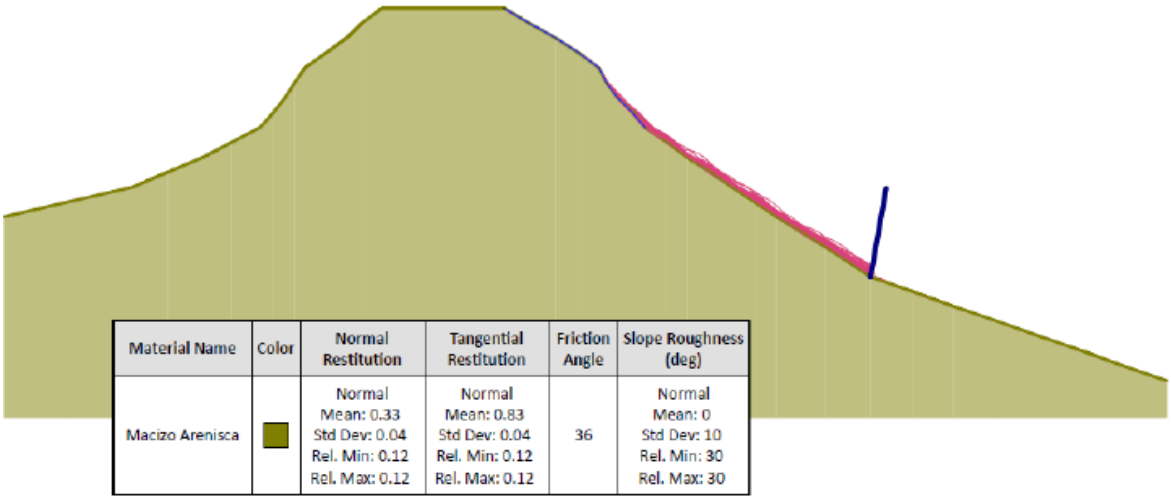


Ilustración 14-8 Factor de seguridad para condiciones extremas
Fuente: Elaboración propia

En el segundo sistema solución de control y mitigación de la cuña movilizada; y se plantea una barrera de retención de bloques generados directamente por la caída de roca o la caída de las posibles cuñas que se movilicen; para ello se plantea una barrera de retención GBE 1000ª, complementada con concreto lanzado sobre el macizo expuesto.

A continuación, se presenta un perfil de la zona del macizo con la evaluación de la barrera GBE 1000A, en donde se determina la energía máxima de impacto que generaría los posibles bloques que tendrá que retener.

Nota: El diseño fue realizado por la firma Geobbrug y se presentará con sus respectivos anexos en el informe final.



Caso	Radio del bloque	Masa del bloque	Porcentaje de impactos	Altura máxima de rebote + radio de bloque	Energía máxima de impacto
Perfil A-A' Barrera GBE 1000	1.8 m	53,743.0 kg	100%	0.36 m 0.9m =1.3m	3,449.0 kJ

Ilustración 14-9 Resultados de energía máxima de impacto
Fuente: Memoria diseños Geobbrug

Finalmente, de los dos sistemas propuestos; se realiza un comparativo de costos el cual se presenta a continuación

Tabla 14.1.Análisis comparativo de costos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
V.5.0 - V.6.0 (Barrera dinámica)					
2.1.06	Suministro e instalación barrera dinámica GBE-1000A o equivalente, H= 4,00m. Incluye postes galvanizados, pantalla dinámica TECCO®, cables de acero, anclajes y demás accesorios necesarios para su instalación	m	35.00	$ 4,327,914.00	$ 151,476,990.00
				TOTAL (COSTO DIRECTO)	***$ 151,476,990.00***
ÍTEM	**DESCRIPCIÓN**	**Unidad de Medida**	**Cantidad**	**Vr. Unitario**	**Vr. Total**
V.4.0 (Malla romboidal)					
2.1.07	Suministro e instalación malla romboidal de alta resistencia Spider® S30-130+P33-G65/3. Incluye accesorios de instalación	m2	589.77	$ 305,760.00	$ 180,328,075.20
2.1.08	Perno de anclaje GW Ø= 40mm G75 en acero 500/550	m	700.00	$ 222,647.00	$ 155,852,900.00
				TOTAL (COSTO DIRECTO)	***$ 336,180,975.20***

Fuente: Consorcio GEO JAM Laches 2017.

De la Tabla 14-1 se puede apreciar que con la implementación de la barrera de retención los costos disminuyen en el 55 % respecto a los costos de la malla spider; por esta razón, se evalúa la posibilidad de implementar ésta solución que no solo es más económica, sino que igualmente permite mitigar el efecto del riesgo de la caída de las posibles cuñas que se puedan movilizar por medio de un sistema que retiene los bloques movilizados denominado “Barrera GBE 1000A”

14.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES.

La evaluación de alternativas se describe en el diagrama anexo, donde para la institución educativa los Pinos se establecen 3 alternativas de estabilización las cuales se presentan en las Figuras 2-1 a 2–6.

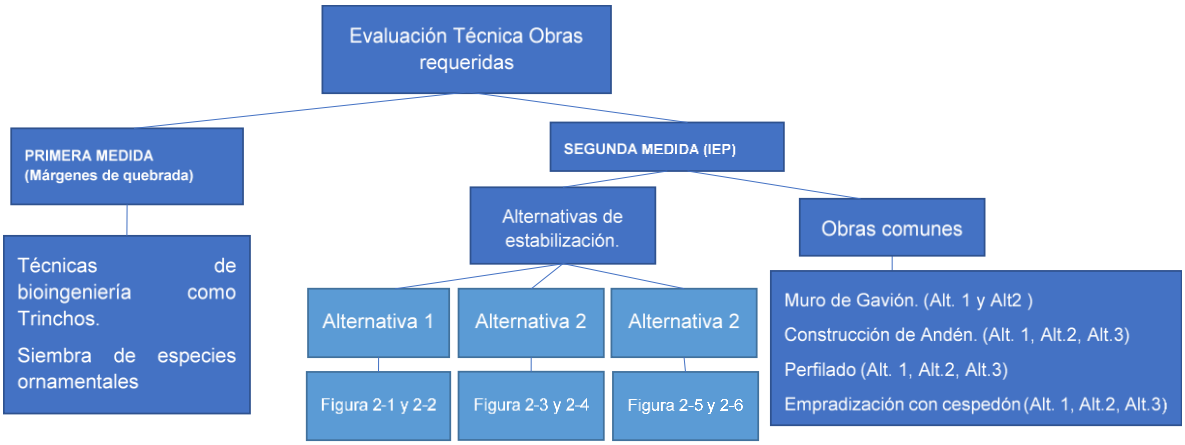


Diagrama 1. Evaluación de alternativas

Alternativa 1: Cortina de caisson en la parte inferior de la ladera, instalación de trinchos y prolongación de muro de contención en ladera superior el cual irá sobre cimentación profunda.

Alternativa 2: Cortina de caisson en parte superior de ladera.

Alternativa 3: Muro de contención sobre ladera superior del colegio los Pinos.

14.5 CONDICIÓN DE ANÁLISIS SIN ALTERNATIVAS.

Inicialmente a una sección sobre la institución educativa los Pinos, se realiza el análisis de estabilidad, simulando la reducción de agua en el relleno superficial por medio de obras hidráulicas. A continuación, se presenta los resultados del análisis de estabilidad, para la condición actual (sin obras) en los escenarios normal y extremo garantizando para el material de relleno, ru= 0.1.

Tabla 14.2.Factor de seguridad escenario normal y extremo

Escenario normal		Escenario extremo con sismo y agua	
ru= 0.1 relleno superficial		ru= 0.1 Relleno superficial	
ru= 0.3 suelo residual		ru= 0.2 Suelo residual	
Fs =	1.85	Fs =	1.22
No cumple	Fs > 1.9	No cumple	Fs > 1.3

Fuente: Consorcio GEO JAM Laches 2017

Debido a que para el suelo residual y dados su espesor, no es posible generar obras de drenaje que garanticen una disminución total de la presión de poros, se simula una reducción parcial, que la garantiza el manejo de agua de infiltración, ru= 0.2.

En la Ilustración 14-10, se presentan los resultados del modelo reducción de agua sub superficial.

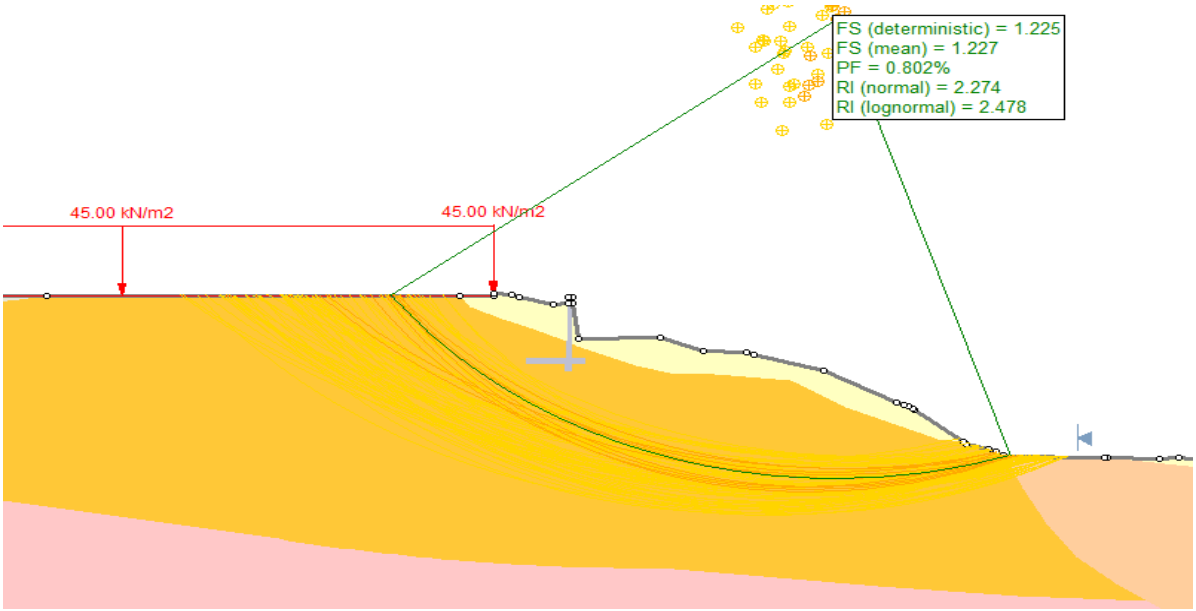


Ilustración 14-10 Perfil con reducción de agua superficial
Fuente: Consorcio GEO JAM Laches 2017

Para el análisis en condición crítica y con sismo, se encuentra que el factor de seguridad es de 1.22 con probabilidad de falla de 0.8 %, por tanto, con la implementación de obras superficiales, no se cumple el factor de seguridad requerido por IDIGER, donde el mínimo requerido para que la amenaza sea baja es de 1.3,

Por todo lo anterior, y debido a que reducir más el valor de ru, para garantizar la estabilidad, resulta poco viable teniendo en cuenta el desconocimiento del estado de la red hidrosanitaria de la institución educativa que puede generar en algún momento aporte de agua a la ladera, adicionalmente también se descarta realizar de obras hidráulicas profundas ya que requieren de mantenimiento periódico y la vida útil es menor, respecto a obras permanentes

Es por ello que con el fin de garantizar factores de seguridad de 1.9 y 1.3 a corto y largo plazo, se plantean tres alternativas estructurales de contención:
A continuación, se presenta la descripción de las tres alternativas propuestas.

14.5.1 ALTERNATIVA 1:

La estructura de contención propuesta en esta alternativa, consiste en una cortina de caisson de 1 m de diámetro, los cuales van espaciados desde el eje 2.5 m, y con longitud de 5 m, los caisson llevan una viga de amarre de sección transversal de 1.4 m x 0.5 m localizada en la parte superior; este sistema es propuesto en la parte inferior de la ladera. El relleno detrás de los caisson es tipo enrocado proveniente del material retirado de los muros de gavión existentes. Las cortinas de caisson presentan la ventaja de minimizar las excavaciones, no afectar la infraestructura de la vía existente, y garantizar la estabilidad durante la construcción ya que evita hacer excavaciones sobre suelos de bajas características geomecánicas (Relleno y suelo residual)

Adicionalmente se propone la prolongación del muro de contención tipo cantiliver en la parte superior de la ladera, el cual va cimentado sobre pilotes de longitud de 6.0 m.
Sobre la ladera, adicionalmente se plantea realizar un perfilado 2H: 1V, con el fin no solo de remover la mayor cantidad del material de relleno superficial, sino de suavizar la pendiente, una vez realizado el perfilado se instalarán trinchos y se sembrarán de especies ornamentales.

La longitud de los caisson se determinó garantizando dos condiciones, la primera que los caisson superaran la profundidad de la superficie de falla obtenida en la Ilustración 14-10, y la segunda fue garantizando la estabilidad requerida (fs >1.3), mediante la realización de varios modelos en donde se varió la longitud de los caisson y se determinó el factor de seguridad por debajo de éstos tal como se ilustra en la Ilustración 14-11.

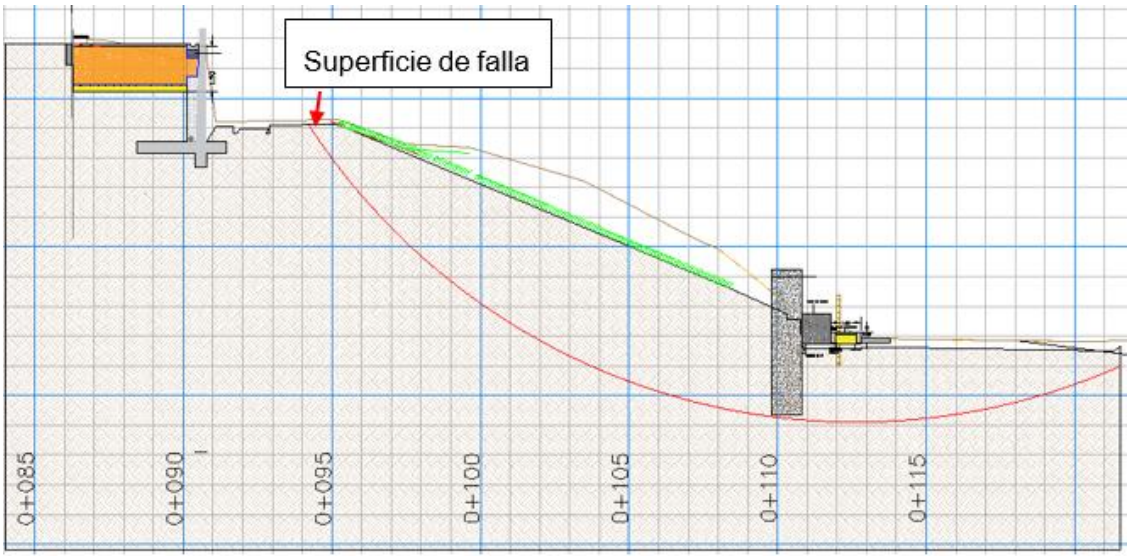


Ilustración 14-11. Superficie de falla bajo sistema caisson propuesto
Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 14-12. Presenta la variación del factor de seguridad para diferentes longitudes de caisson con un cortante de 250 kN.

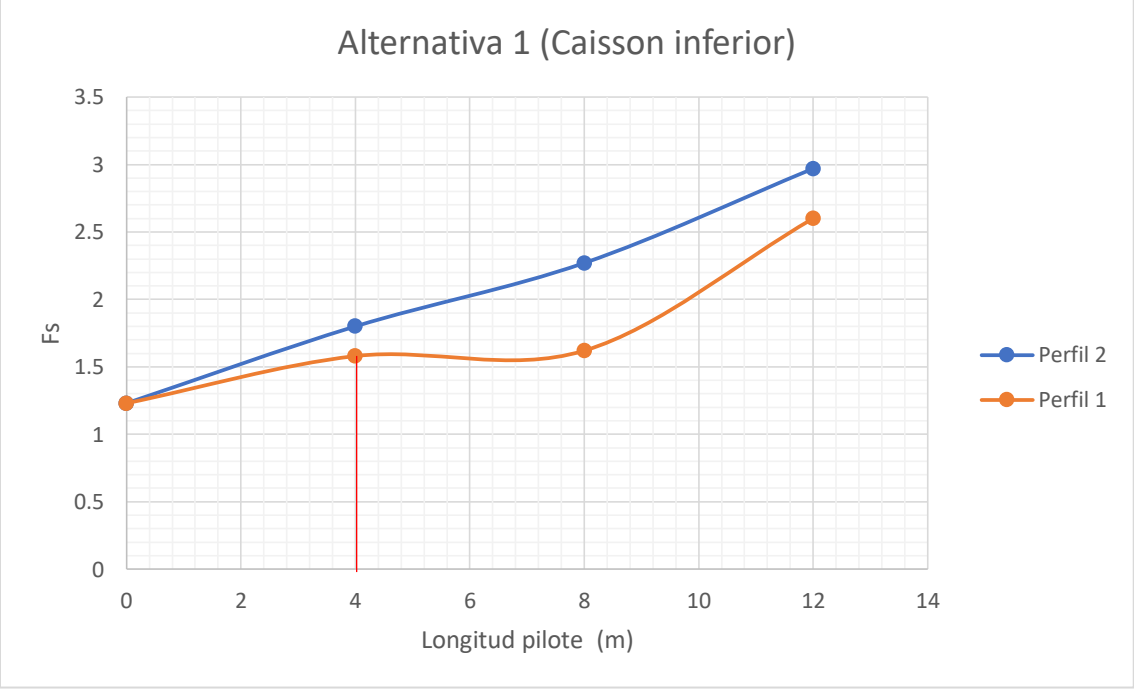


Ilustración 14-12. Variación del factor de seguridad con longitud del pilote
Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que con un caisson de longitud de 5 m se logra obtener un fs > 1.3. A continuación se presenta en la Tabla 14-3, los factores de seguridad obtenido para caisson de L= 5 m.

Tabla 14.3.Factor de seguridad con obras de mitigación

Resumen Factor de Seguridad (Fs), con obras de mitigación			
Condición	Perfil 3-3	Perfil 4-4	Consideraciones en los análisis y/o obras de mitigación
A. Escenario Crítico (agua +sismo)	1.94	1.78	Cortina de caisson, perfilado, trinchos y ru bajo (ru relleno= 0.1, ru residual = 0.2)

Fuente: Elaboración propia.

- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PERFIL 3

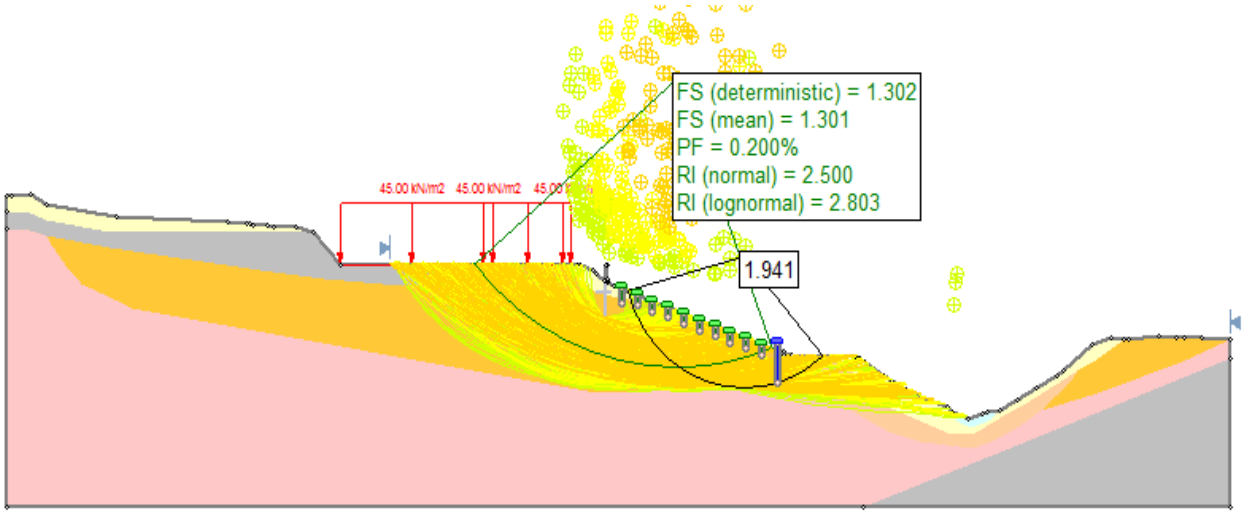


Ilustración 14-13. Análisis de estabilidad perfil 3
Fuente: Elaboración propia

- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PERFIL 4

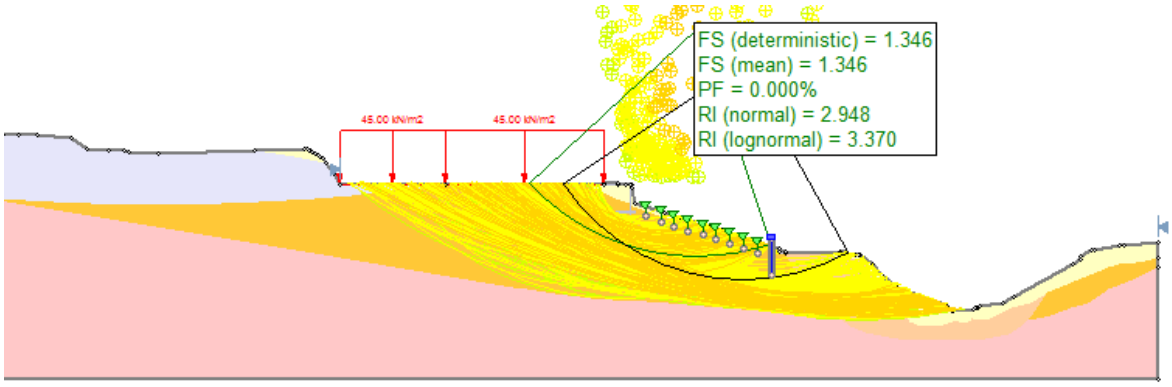


Ilustración 14-14. Análisis de estabilidad perfil 4
Fuente: Elaboración propia.

14.5.2 ALTERNATIVA 2:

La estructura de contención propuesta en esta alternativa, consiste en una de cortina de caisson de 1 m de diámetro, los cuales van espaciados desde el eje 1.8 m, y con longitud de empotramiento de 12 m, los caisson llevan una viga de amarre de sección transversal de 1.2 m x 0.5 m, localizada en la parte superior; este sistema es propuesto en la parte superior de la ladera.

La longitud de los caisson se determinó de la misma forma que en la alternativa 1, tal como se muestra en la Ilustración 14-15.

La Ilustración 14-16, muestra la variación del factor de seguridad para diferentes longitudes de caisson en las dos secciones analizadas (Perfil 3 y Perfil 4 de modelo geotécnico), se evidencia que para mínimo una longitud de 12 m se garantiza que el factor de seguridad sea de 3.

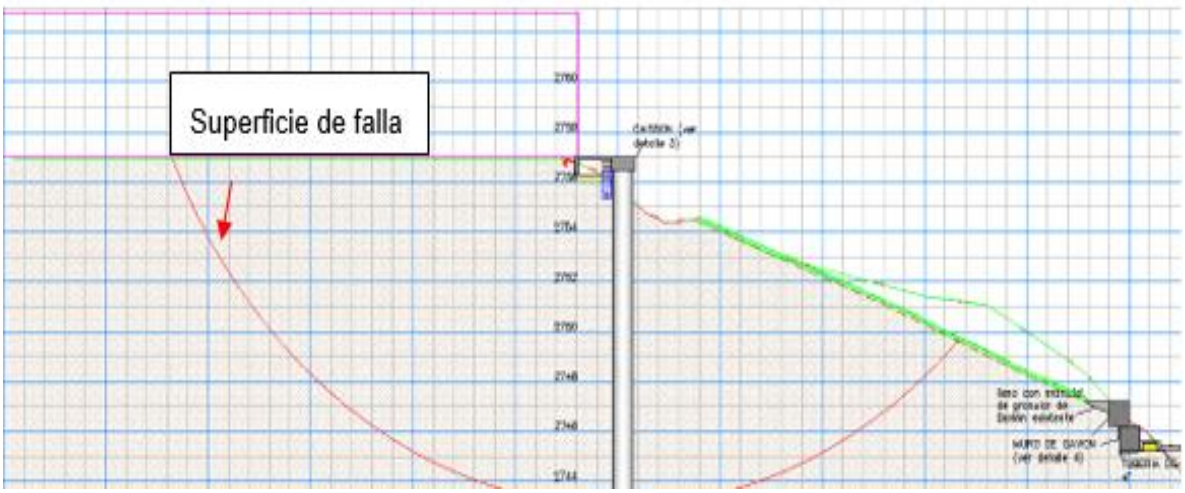


Ilustración 14-15. Superficie de falla bajo sistema caisson propuesto
Fuente: Elaboración propia

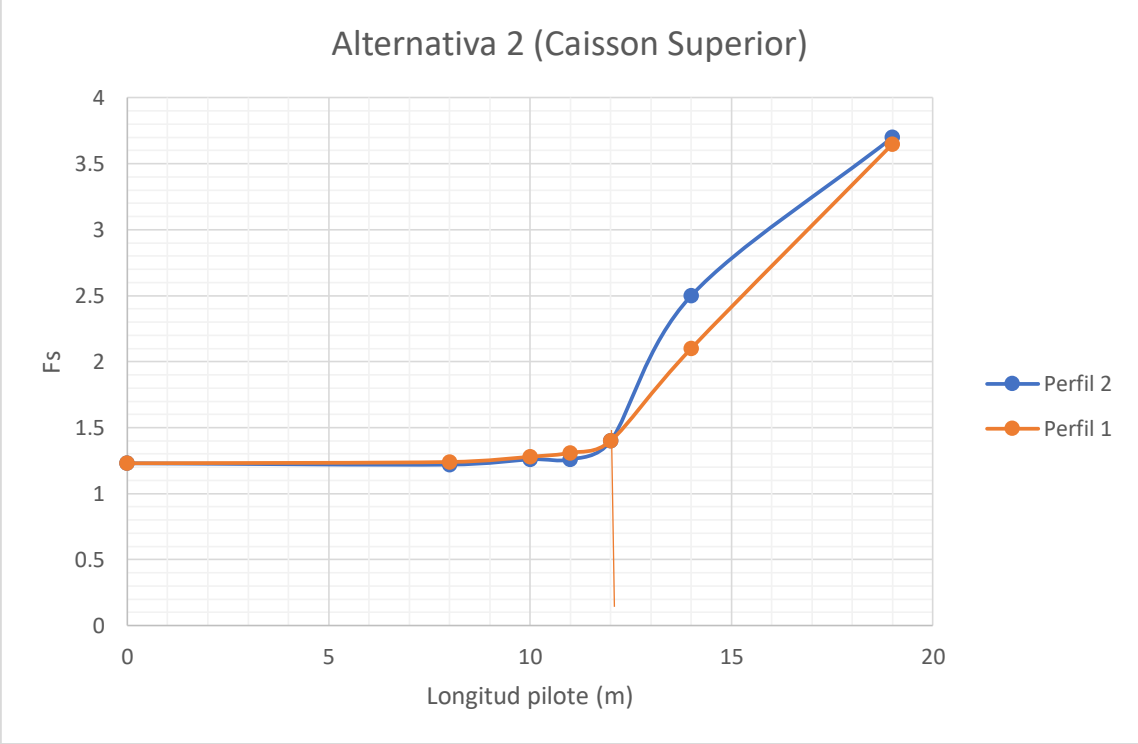


Ilustración 14-16. Variación del factor de seguridad con longitud del pilote
Fuente: Elaboración propia

- **Escenario Crítico (agua +sismo) con obras de mitigación:**

Tabla 14.4.Resumen factores de seguridad con obras de mitigación

Resumen Factor de Seguridad (Fs), con obras de mitigación			
Condición	Perfil 3-3	Perfil 4-4	Consideraciones en los análisis y/o obras de mitigación
Escenario Crítico (agua +sismo)	1.4	1.45	Cortina de caisson, perfilado

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se presentan sobre los perfiles 3 y 4 del modelo geológico geotécnico.

- **Cortina de caisson, perfilado y trinchos**

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PERFIL 3

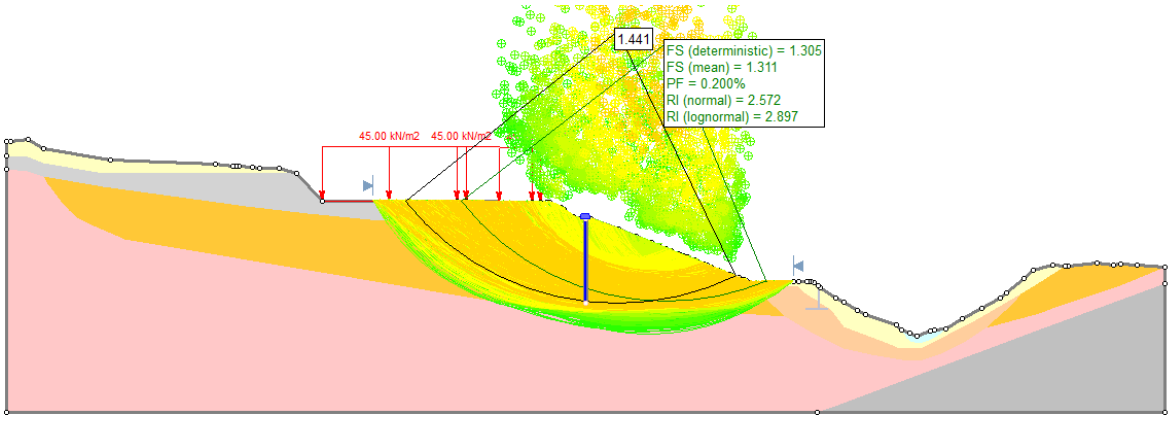


Ilustración 14-17. Análisis de estabilidad perfil 4
Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PERFIL 4

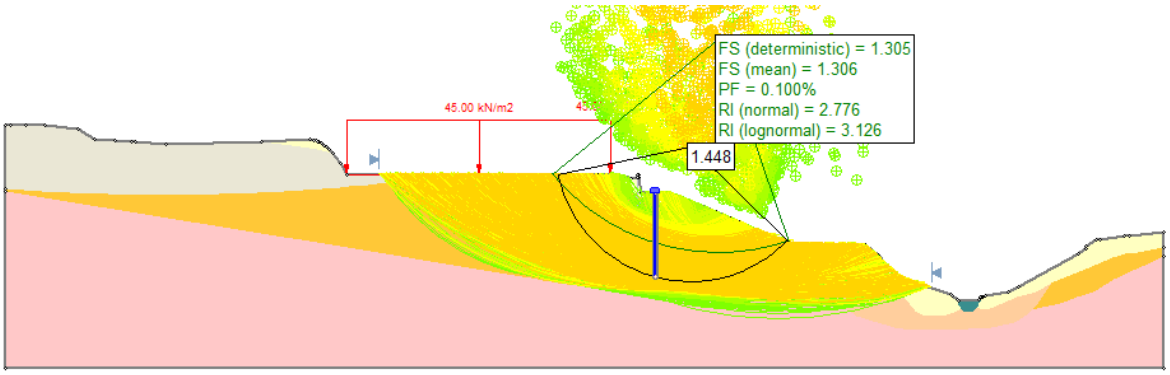


Ilustración 14-18. Análisis de estabilidad perfil 4
Fuente: Elaboración propia

14.5.3 ALTERNATIVA 3

La estructura de contención propuesta en esta alternativa, consiste en un muro de contención cimentado sobre pilotes de 0.5 m de diámetro y de 7 m de longitud, espaciados entre ejes 2D, este sistema es propuesto en la parte inferior de la ladera.

Adicionalmente en la ladera superior de la institución educativa los Pinos, se prolonga el muro de contención el cual se cimentará sobre pilotes de diámetro de 50 cm separados cada 1.5 m y de longitud de 3 m.

Tabla 14.5.Factor de seguridad con obras de mitigación

Resumen Factor de Seguridad (Fs), con obras de mitigación		
Condición	Perfil 4 - 4	Consideraciones en los análisis y/o obras de mitigación
A. Escenario Crítico (agua +sismo)	1.325	Muro de contención, perfilado, trinchos y ru bajo. (ru relleno= 0.1, ru residual = 0.2)

Fuente: Consorcio GEO JAM Laches 2017

Los resultados se presentan sobre el perfil 4 del modelo geológico geotécnico.

Cortina de caisson, perfilado, trinchos y ru bajo (ru relleno= 0.1, ru residual = 0.2).

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PERFIL 4

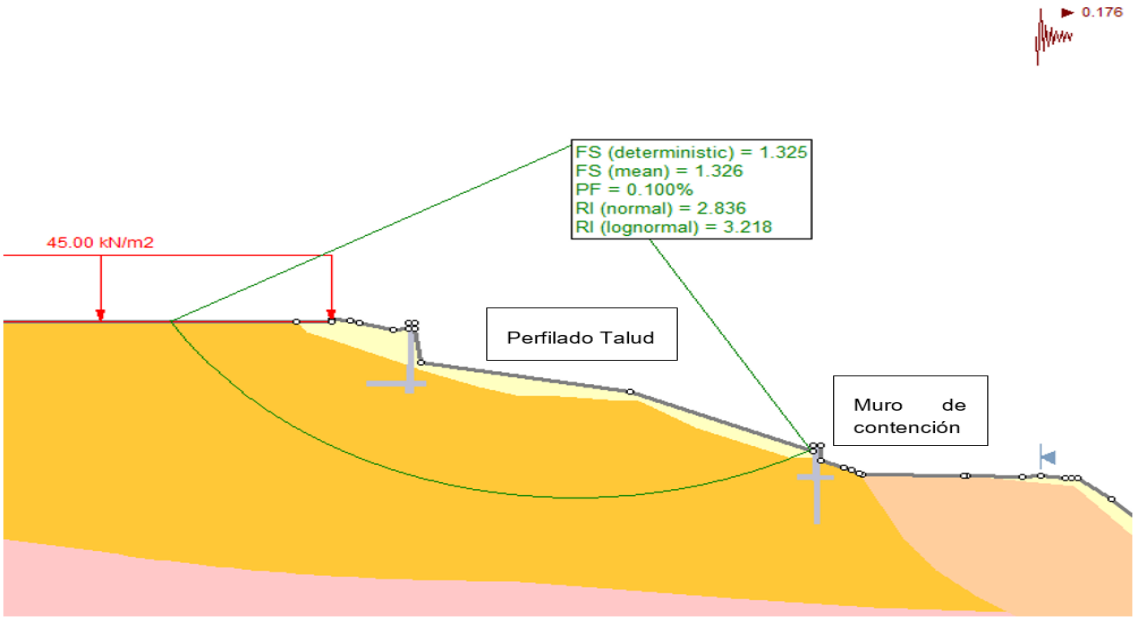


Ilustración 14-19. Análisis de estabilidad perfil 3
Fuente: Consorcio GEO JAM Laches 2017

En la Ilustración 14-19, se observa el factor de seguridad es de 1.325, y es mayor a 1.3, el cual corresponde al factor de seguridad mínimo recomendado para que la amenaza sea considerada baja.

14.5.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE ALTERNATIVAS

A continuación, se presenta un análisis comparativo de costos de las tres alternativas propuestas y anteriormente descritas, debido a que en las tres alternativas, hay obras complementarias que son iguales en los tres casos, entonces para el presente análisis de costos se tiene en cuenta únicamente el comparativo de las obras de estabilización de la ladera de la institución educativa los Pinos y por tanto se exceptúan actividades preliminares, actividades de reconformación y revegetalización, así como obras en el macizo entre otras.

14.6 COSTOS DIRECTOS DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Tabla 14.6. Análisis comparativo de costos.

Capitulo		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
I	Movimiento de tierras	$ 62.272.475,84	$ 47.716.492,77	$ 62.617.930,52
II	Estructuras de contención duras	$ 292.805.889,23	$ 486.933.780,60	$ 322.306.119,17
III	Obras de drenaje	$ 12.417.636,41	$ 10.663.683,83	$ 20.981.995,46
IV	Acero de refuerzo	$ 61.954.418,80	$ 76.406.568,20	$ 113.473.265,30
V	Obras de bioingeniería	$ 53.278.162,98	$ 40.901.327,78	$ 40.901.327,78
VI	Construcción de andenes	$ 37.906.095,72	$ 33.963.295,04	$ 34.136.026,36
VII	Transporte de escombros y material sobrante de excavación	$ 39.721.413,20	$ 39.922.073,10	$ 40.110.896,84
TOTAL (COSTO DIRECTO)		**$ 560.356.092,18**	**$ 736.507.221,32**	**$ 634.527.561,43**

Fuente: Elaboración propia

En el **Anexo 11,** se presenta un análisis más detallado de costos de cada una de las alternativas, incluyendo todas las obras planteadas que se presentan en las Figuras 2-1 a 2-6, se hace claridad que el presupuesto definitivo con las obras seleccionadas se presentará en el informe final; por tanto, en el anexo se presenta el presupuesto preliminar de evaluación de alternativas.

14.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Del análisis de estabilidad se obtiene que con cualquiera de las tres alternativas se logra obtener en el escenario normal un factor de seguridad > 1.9 y en el escenario extremo (agua +sismo), un factor de seguridad fs > 1.3, el cual corresponde al mínimo requerido para garantizar que el nivel de amenaza sea bajo.

La alternativa 1, corresponde a una estructura de contención que proporciona estabilidad por medio de una cortina de caisson de longitud de 5 m, este sistema se implanta a 3 m del borde de la vía diagonal 4A de Sur a Norte, y minimiza las excavaciones sin afectación de la infraestructura de la vía existente. En la parte superior de la ladera con la propuesta de prolongación de muro de contención, se garantiza que no se presente interferencia con redes de servicio.

La alternativa 2 corresponde a una estructura de contención que proporciona estabilidad desde el punto de vista de permanencia en el tiempo, debido a la localización y a la profundidad de empotramiento de los caisson (12 m), esta alternativa aumenta el volumen de excavación, respecto a la alternativa 1.

La alternativa 3, corresponde a una estructura de contención permanente en el tiempo que cumple con los factores solicitados, garantizando un factor de seguridad de 1.9 en el escenario normal y de 1.3 en el escenario extremo (agua +sismo), aun así, la construcción de estos muros de contención genera mayores excavaciones, mayor cantidad en obras de subdrenaje como los filtros que al implementar las otras alternativas.
Respecto al análisis de costos de las alternativas, se obtiene que la alternativa 1 es más económica y la alternativa 2 es la más costosa.

La alternativa seleccionada es la alternativa 1, y su selección se realiza con base al análisis geotécnico, sistema constructivo, costos, aspectos ambientales y urbanísticos que se presenta en la matriz de análisis de alternativas del Anexo 11.

Las obras propuestas, y analizadas con métodos de equilibrio limite, garantizan los factores de seguridad mínimos establecidos y correspondientes a fs.= 1.3 y fs.=1.9 a corto y largo plazo, aun así, se logró determinar que el problema de las fisuras y afectación que se ha presentado en el colegio los Pinos, no se encuentra asociado a movimientos en masa, y por tanto, teniendo en cuenta la incertidumbre en la cimentación del mismo, se requiere un estudio detallado en la institución educativa los Pinos.

14.8 CONSIDERACIONES AMBIENTALES, URBANÍSTICAS Y SOCIALES

Paisajístico y Ambiental:

Desde el punto de vista paisajístico y ambiental, las obras propuestas cumplen con el objetivo global de mitigar los procesos de inestabilidad e incluso de degradación por eliminación ó pérdida de la cobertura vegetal. Las obras permiten un manejo paisajístico adecuado de los sectores, dando mejor apariencia a las laderas.

Urbanística:

Las obras contempladas permiten una buena recuperación del espacio público en la zona NE del colegio los pinos, brindando recuperación de andenes; adicionalmente las obras permiten habilitar la totalidad de la calzada de la vía diagonal 4ª que en ocasiones se encuentra parcialmente obstruida por suelo producto del deslizamiento, y brinda una zona de anden segura para los transeúntes.

En la alternativa 1, y alternativa 2, los caisson inducen un bajo impacto visual respecto a la alternativa 3, en la cual se generará un cambio en el paisaje natural por la introducción notoria de elementos artificiales.

Social:

En términos generales, las obras propuestas ayudan a disminuir el riesgo de afectación de la comunidad y mejora la accesibilidad vehicular y peatonal sobre la vía Diagonal 4ª, ya que mejoran la movilidad del peatón en la zona, e inducen un entorno más agradable para los habitantes de Los Laches.

14.9 PLAN GENERAL DE ACCIONES

El plan de acciones establece las medidas preventivas y de mitigación que buscan en primera instancia mejorar la estabilidad de las laderas y mitigar el riesgo por deslizamientos. Este grupo de medidas busca la protección de las laderas mediante la implementación de las siguientes acciones:

14.9.1 Medidas de control y de mitigación

Este tipo de medidas tienden a disminuir en forma directa la inestabilidad. Se establecieron como medidas preventivas y de mitigación obras físicas de intervención principalmente y control de la amenaza.

Las medidas corresponden a la prolongación de muro de contención y construcción de cortina de caisson de concreto reforzado.

14.9.2 Medidas correctivas

Esta acción permite corregir las condiciones morfométricas locales que buscan conformar taludes con pendientes uniformes, que mejoran la estabilidad del área y ayuda a controlar la escorrentía. Esta medida debe ser acompañada de la instalación de trinchos que se concentra en dos sectores, el primero corresponde a la ladera del colegio los Pinos y el segundo sobre las márgenes de la quebrada el Chorrerón

14.9.3 Medidas complementarias

- La empradización y revegetalización de los taludes con la siembra de especies ornamentales.
- Erradicación del 100% de la especie retamo liso y la posterior empradización.
- El manejo de aguas de escorrentía.
- Construcción de gaviones el cual trabaja principalmente como sistema drenante para ayudar a la evacuación de agua de la ladera, y ayuda a contener y a garantizar un perfilado homogéneo y suave en la ladera de la institución educativa los Pinos.
- Construcción de andenes.

14.9.4 Plan de mejoramiento integral

Las medidas anteriormente descritas, de carácter fisco y estructural, deben ser apoyadas por medidas de mitigación no estructurales y que a través de su formulación en conjunto permitan la integración de los esfuerzos y recursos de todas las entidades de la ciudad junto a la misma población.

15 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

15.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento, se exponen los temas desde el componente de gestión social, para el desarrollo del proyecto enfocado a estudios detallados de amenaza de barrio los Laches, encaminados a:

Incluir programas relacionados con educación y capacitación de personal vinculado al proyecto, información y participación comunitaria, reasentamiento de población afectada, en cuanto a la gestión institucional, capacitación, educación y concientización a la comunidad y contratación de mano de obra local.

El Plan de gestión social para el desarrollo de las obras se circunscribe a la zona del polígono de intervención compartida por los barrios Los Laches y La Peña ubicados en la localidad de Santa fe.

15.2 OBJETIVOS

Objetivo General

Definir el plan de gestión social para los diseños de medidas de mitigación en el barrio los Laches en el marco del convenio interadministrativo 317 de 2017.

Objetivos Específicos

Definir el subprograma de socialización

Definir el subprograma de Información a la comunidad

Definir el subprograma de mano de obra no calificada a vincular

Definir el subprograma de educación para el mantenimiento de las obras y reducción de la vulnerabilidad.

15.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA ZONA DE ESTUDIO

Santa Fe es la localidad número 3, ubicada en el centro de la ciudad. Limitando al norte con la localidad de Chapinero, al sur con las localidades de San Cristóbal y Antonio Nariño, al oriente con el municipio de Choachí y al occidente con las localidades de Mártires y Teusaquillo.

Tabla 15.1. Distribución de la población por sexo (2015)

Localidad	2005			2009			2015		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Santa Fe	54.767	54.696	109.463	55.118	54.764	109.882	55.489	54.564	110.053

Fuente: Elaboración propia

En la tabla expuesta se evidencian las proyecciones de población de la localidad de Santa Fe, según sexo para los años 2005, 2009 y 2015.

Tabla 15.2. Distribución de la población por grupos de edad 2005, 2009 y 2015.

Localidad	2005			2009			2015		
	0-14	15-64	65 y más	0-14	15-64	65 y más	0-14	15-64	65 y más
Santa Fe	27,1	66,0	6,8	25,1	67,2	7,7	22,5	67,9	9,5

Fuente: DANE- SDP, Proyecciones de población por localidades 2006-2015.

En la zona de estudio (UPZ Lourdes) en la cual se encuentran los barrios los Laches y la Peña, a partir de conteo simple se encontraron 147 edificaciones dentro del polígono de intervención distribuidas en 12 manzanas y 19 lotes

En la siguiente imagen se presenta el área del polígono.

Ilustración 15-1.Barrios ubicados en el polígono de estudio



Fuente: Elaboración propia

La zona geográfica pertenece a los Cerros Orientales, ubicada entre los cerros de Guadalupe y la Peña. Dentro del polígono se encuentra la Quebrada Chorrerón. En el polígono se ubican sectores tanto del barrio los Laches como del Barrio La Peña. Según la cartografía oficial, las líneas púrpuras indican el límite de los barrios. La comunidad también identifica estos límites entre barrios.

15.4 ACTORES SOCIALES IDENTIFICADOS

Teniendo en cuenta la zona en que se encuentra el polígono de intervención, se considera pertinente tener en cuenta los siguientes actores sociales al momento de adelantar la gestión social.

- Juntas de Acción Comunal de los barrios Los Laches y La Peña.
- Biblioteca Pública La Peña.
- Jardín Infantil los Laches
- Centro de Salud Los Laches
- Centro Educativo de la A.C.F. (Asociación Cristiana Femenina) “Julia Roncancio”
- Institución Educativa Distrital (IED) Los Pinos

Los “Combos” u organizaciones no formales que inciden en la seguridad de la zona, las cuales han trazado las llamadas “fronteras invisibles” de modo que es necesario considerar esta realidad al plantear el trabajo en la zona.

Al momento de la elaboración de la presente propuesta los representantes de estas entidades son los siguientes.

Tabla 15.3. Distribución de Actores Sociales del polígono de estudio

ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	REPRESENTANTE	CARGO	DATOS DE CONTACTO		
			CELULAR	FIJO	CORREO - E
Biblioteca pública La Peña	Cristina Silva Rodríguez	Coordinadora	3122685537	3790177 ext. 6151	direccion_pn@biblored.gov.co
IED Los Pinos	Gaby Alejandra Ochoa	Coordinadora		3338313 ext. 122	jamegavy1@hotmail.com
JAC Los Laches	Jhon Fabián Olaya	Presidente	3115688678		
Colegio ACF (Asociación Cristiana Femenina)	Jenny Yolanda	Rectora		2898595	
Centro de Salud Los Laches	Leodith Mangones	Enfermera		2330140	
Jardín Infantil Laches	Liz Rodríguez A.	Coordinadora	3134375674	2803147	jardinlaches@gmail.com
JAC La Peña	Freddy Salamanca	Presidente	3002019929		fsalaman16@gmail.com
Lavadero de Carros "La Y"					
Combos					

Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que las dos canchas de microfútbol ubicadas en el polígono de intervención son lugares sumamente importantes de socialización y encuentro de la comunidad. No puede hablarse propiamente de actores sociales en este caso, pero sí de espacios que permiten el intercambio cultural por lo que deben ser tenidos en cuenta al momento de planificar las actividades en las cuales se busque, por ejemplo, difundir información.

15.5 POBLACIÓN BENEFICIADA DIRECTA APROXIMADA

(Por conteo de viviendas y multiplicación por número de personas por hogar) y población escolar

La población directa beneficiada por la intervención es la que vive y adelanta sus labores comerciales dentro del polígono más la población flotante constituida por los estudiantes, personal administrativo y trabajadores del IED Los Pinos y el colegio de la ACF, junto con las profesoras y niños atendidos en el Jardín Infantil Los Laches y el personal médico y pacientes del centro de salud Los Laches. También se verán beneficiados los trabajadores y usuarios de la Biblioteca Pública La Peña.

15.6 POBLACIÓN BENEFICIADA INDIRECTA

(Poblaciones que se ubican al oriente y se comunican con Bogotá por esta vía)

Los habitantes ubicados al oriente de Cundinamarca (municipios de Choachí, Ubaque y Fómeque) junto con la comunidad ubicada en el barrio Los Laches al Oriente del polígono va a ser beneficiada gracias a que las obras incidirán en la estabilidad de la diagonal 4ª que es una de las principales vías que comunican a Bogotá con los municipios antes mencionados.

15.7 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Tabla 15.4. Matriz de evaluación de impactos

VARIABLES	Municipios de Ubaque, Choachí y Fómeque	Comunidad educativa IED Los Pinos, Jardín Infantil Los Laches, Centro de Salud los Laches, población ubicada cerca al IED	Población ubicada al norte del polígono, margen derecha de la quebrada Chorrerón, barrio La Peña	TOTAL
Cierre de la vía durante construcción.	**0.5**	**0.5**	**0**	1
Afectación por ruido durante construcción de obra.	**0**	**1**	**0**	1
Afectación por escombros y polvo durante construcción de obra.	**0**	**1**	**0.5**	1.5
Afectación por tránsito de vehículos de carga con material para obra.	**0**	**1**	**0**	1
TOTAL	**0.5**	**3.5**	**0.5**	

0	No hay afectación
1.0	Afectación menor
2.5	Afectación media
5.0	Afectación alta

Según la evaluación de impactos la zona principalmente afectada sería el IED los Pinos y sus alrededores incluyendo el Jardín Infantil y Centro de Salud Los Laches.

Las razones para ello se deben en este caso a la mayor envergadura de la obra propuesta para la zona cercana al IED y la mayor cantidad de población flotante que accede a los servicios de salud y educación ubicados en este punto.

La afectación a los municipios del oriente de Cundinamarca se verían afectados por un cierre parcial de la diagonal 4ª. En la propuesta constructiva se plantea el cierre a un carril por aproximadamente dos meses, por lo que es necesario definir un PMT (Plan de manejo de tránsito)

La población ubicada en el barrio La Peña tendría una afectación menor debido al tipo de obra planteada para la zona, a que la cantidad de población y servicios prestados es menor y porque la población se encuentra alejada del área donde se llevará a cabo la intervención.

15.7.1 Programa de gestión social para la etapa de obra

La gestión social se enfocará a facilitar el desarrollo de las obras y promover la vinculación de la comunidad para su cuidado.

15.8 SUBPROGRAMAS 1: SOCIALIZACIÓN

Es necesario adelantar reuniones de socialización con la comunidad ubicada en el polígono de intervención.

➢ Se deberán realizar tres (3) socializaciones: Inicio (1), Avance (1) y Finalización (1) y extraordinarias en caso de requerirse.

➢ Se debe convocar a las personas del polígono con al menos 5 (cinco) días de anticipación. Igualmente se sugiere informar a las empresas de transporte que se dirigen hacia el oriente de Cundinamarca de la intervención sobre la diagonal 4A[17]

A las socializaciones deberán estar convocadas al menos:

- La comunidad residente en el barrio Los Laches
- La comunidad residente en el barrio La Peña
- Junta de Acción Comunal los Laches
- Junta de Acción Comunal La Peña
- Biblioteca pública La Peña
- IED Los Pinos
- Jardín Infantil Los Laches
- Centro de Salud Los Laches
- Colegio ACF

Socialización de Inicio: Se debe adelantar antes de empezar las actividades de obra. El Contratista buscará el lugar más cercano y asequible para la comunidad.

[17] Las empresas de transporte público que se dirigen a los municipios vecinos y transcurren por esta vía son: Transoriente S.A. y Cootransfomeque

Se sugiere realizarla en un espacio cercano al punto del estudio de amenaza. Un punto conveniente puede ser La Biblioteca pública la Peña.

Aquí se debe informar sobre las características técnicas del proyecto, presentar las empresas y entidades implicadas (contratista e interventoría), al equipo de gestión social y conformar la veeduría de obra.

Socialización Avance: La socialización de avance tendrá como objetivo informar sobre el estado de avance y recibir retroalimentación por parte de la comunidad. Se deberá adelantar en cuanto se tenga un 50% de avance del diseño de medidas de mitigación.

Se informará el tiempo estimado para la culminación, actividades del área de gestión social realizadas, actividades programadas y se escucharán las consideraciones de la comunidad. Igualmente se deberá realizar exposición por parte de la veeduría ciudadana conformada al inicio de la socialización.

Socialización finalización: Esta se programará antes de finalizar las acciones de construcción al cumplirse un 95% de ejecución.

Se escuchará informe de la veeduría y se centrará en construir conjuntamente con la comunidad acciones para el mejor mantenimiento de la obra.

Socializaciones Extraordinarias: Se realizarán cuando las comunidades lo soliciten o las actividades de obra lo exijan. Se programarán reuniones extraordinarias con las comunidades de influencia directa, para informar sobre situaciones específicas que surjan por la obra buscando manejar contingencias y reducir la conflictividad.

15.9 SUBPROGRAMAS 2: INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD

Este subprograma se adelanta con el objetivo de construir y mantener un canal fluido de información en dos sentidos: Contratista-comunidad y comunidad-contratista.

Las acciones de este subprograma están enfocadas a recibir, atender y dar una respuesta oportuna a las comunidades, Juntas de Acción Comunal, líderes, propietarios, autoridades ambientales entre otros, respondiendo las quejas, reclamos e inquietudes que presenta la comunidad, conociendo de manera eficaz y clara el inicio y finalización de las obras.

Busca apoyar en el manejo de los impactos que se puedan presentar en el transcurso de construcción de las obras, frente a conflictos con comunidades e instituciones, desinformación y afectación a la movilidad.

Los requisitos generales para entregar la información a la comunidad son:
Proporcionar información que la comunidad solicite de manera cordial, completa, clara y veraz, utilizando términos sencillos evitando lenguaje técnico y especializado.

Diseñar y diligenciar un formato de atención al ciudadano que contenga al menos las siguientes variables: Solicitud de información, queja-reclamo, sugerencia u observación y acción adelantada.

El formato tendrá: Fecha, Nombre y apellidos completos, dirección del solicitante, descripción de la manifestación, clasificación de la manifestación, tipo de solución y procedimiento empleado.

El contacto con la comunidad fluirá por medio de un punto de información instalado en la zona del polígono, definiendo días y horarios de atención. Estos horarios y fechas de atención deben ser expuestos en la reunión de socialización inicial. El residente social debe estar presente en el punto de información en dichos horarios.

15.10 SUBPROGRAMA VINCULACIÓN DE MANO DE OBRA

La vinculación de mano de obra tiene como objetivo generar ingresos en los hogares de las comunidades y minimizar la posibilidad de conflictos que puedan generarse por la intervención a adelantar.

También es una estrategia adecuada para lograr mayor apropiación de las obras por parte de la comunidad.

En los barrios Los Laches y La Peña reside una proporción importante de población obrera y población joven tal como se mostró en la información demográfica y estadística expuesta anteriormente.

En este sentido resulta conveniente lograr vinculación de mano de obra no calificada al proyecto. En este caso se sugiere buscar que un 35% de la mano de obra no calificada utilizada en la obra sea vinculada de la zona, lo que incidirá favorablemente tanto en la apropiación del proyecto por parte de la comunidad como en la mejora de sus condiciones laborales.

Procedimiento:

Se contratará por medio de contrato laboral al personal de mano de obra local.

Realizar un procedimiento para la asignación de los puestos de trabajo dando prioridad a mujeres y hombres que cumplan con los requisitos laborales exigidos por el empleador.

El Contratista difundirá la información para la contratación de mano de obra en la reunión de inicio.

Uno de los criterios de selección será el de vincular a personal desplazado y reinsertados.

15.11 CONFORMACIÓN Y SEGUIMIENTO VEEDURÍA CIUDADANA

Teniendo en cuenta que la participación de la ciudadanía es una condición *sine quanon* para lograr transparencia y sinergia entre la institucionalidad, contratista, interventoría y comunidad es necesario conformar la veeduría ciudadana de obra y adelantar reuniones de seguimiento.

Procedimiento

Conformar la veeduría ciudadana en la socialización de inicio de obra.

El profesional social debe en esta misma reunión, al terminar la misma, solicitar que quienes conformaron la veeduría se queden un momento más para coordinar fechas y mecanismos de funcionamiento

En esta primera reunión de la veeduría se sugiere que haga presencia el profesional social de la interventoría de obra.

En esta reunión el profesional social debe concertar con la veeduría las fechas y sitios de reunión de la veeduría y establecer el árbol de contactos de modo tal que se facilite el acceso a la información por parte de quienes conforman dicha veeduría

El profesional social debe promover y facilitar las reuniones y trabajo de la veeduría ciudadana gestionando con celeridad la información que le sea solicitada

15.12 SUBPROGRAMA 4. EDUCACIÓN PARA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN.

En el caso que nos atañe el tipo de obras planteadas para las márgenes de la quebrada El Chorrerón como son la reconformación del cauce y la construcción de trinchos con el fin de controlar la erosión, resulta importante vincular a la comunidad en su cuidado y

mantenimiento pues se requiere del apoyo de la población para que no se arrojen basuras o escombros a la quebrada de manera que se mantenga la utilidad de las obras.

En este sentido desde el inicio de la obra, es decir, desde la primera socialización, se debe adelantar un proceso de educación enfocado en el funcionamiento de este tipo de obras, los materiales, la ciencia y la técnica tras de ellas de manera que la población se apropie de las mismas.

Por las mismas condiciones que se encuentran en la zona, resultará interesante adelantar un programa de educación comunitario sobre manejo de aguas para evitar la erosión. El tipo de intervención puede ser aprovechado creativamente para adelantar capacitaciones prácticas sobre este tema, lo que redundará en un mejor cuidado de las obras y también en una reducción de la vulnerabilidad entre la comunidad pues estos conocimientos pueden ser aplicados para diferentes actividades que la misma población puede manejar.

También puede ser de utilidad vincular al IED Los Pinos en algunas de las actividades educativas, teniendo en cuenta su cercanía con las obras.

15.13 COSTOS DEL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

Tabla 15.5. Costos de plan de Gestión Social

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
TALENTO HUMANO	Profesional Social	Salario Mensual (Dedicación 100%)	4	3,400.000	13.600.000
FINANCIEROS	Transportes	Gasto mensual	4 Meses	140.000	560.000
MATERIALES	Fotocopias	Unidad	200	100	20.000
	Marcadores	Unidad	8	3.000	24.000
	Esferos	Unidad	4	2.000	8.000
	Impresiones	Unidad	50	200	10.000
TÉCNICOS	Plan celular (Datos y voz)	Gasto mensual	4	70.000	280.000
TOTAL					**14.502.000**

16. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

16.1 GENERALIDADES

16.1.1 Introducción.

En el marco del desarrollo del Contrato No. 482-2017, que tiene por objeto “ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y DISEÑOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL BARRIO LOS LACHES EN LOCALIDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C” , en este capítulo se presenta el Plan de Manejo Ambiental para las obras diseñadas que comprenden la intervención integral del territorio en mención.

16.1.2 Objetivos.

- Elaborar una línea base ambiental del territorio donde se desarrollaran las obras propuestas en el proyecto.

- Establecer las generalidades del proyecto, en cuanto a actividades a desarrollar para relacionarlas con posibles impactos ambientales a generar.

- Realizar la evaluación ambiental del proyecto, identificando los impactos a manejar durante el desarrollo de las obras.

- Establecer las medidas de manejo ambiental a aplicar durante el desarrollo de las obras para el control, mitigación, prevención y compensación de impactos ambientales.

16.1.3 Alcance.

Este documento contempla una descripción general del proyecto y las actividades que involucra, la definición de una línea base ambiental del territorio y una identificación inicial de la normatividad aplicable. Con el fin de establecer una evaluación ambiental del proyecto propuesto y la definición y recomendación de medidas ambientales a implementar durante el desarrollo de las obras. Es importante considerar que este documento debe ser actualizado y ajustado, en el momento que se viabilice la etapa de construcción del proyecto, considerando información detallada o ajustes al diseño que pueda surgir.

16.1.4 Marco normativo.

A continuación, se presenta el marco normativo que plica para el proyecto.

Normas generales	Reglamenta	Descripción
Constitución Política de Colombia 1991	Derechos fundamentales y deberes	En la cual se dictan disposiciones acerca de los derechos colectivos y del medio ambiente, donde el Estado es responsable de la protección del medio ambiente y del derecho de las personas a gozar de un ambiente sano, así como de responsabilizar los dueños de actividades productivas que puedan afectar la salud o el medio ambiente.
Ley 99 de 1993 El Congreso de Colombia.	Conservación de los recursos naturales	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley 142 de 1994 El Congreso de Colombia.	Servicios públicos	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
Decreto-Ley 2811 de 1974 El Presidente de la República de Colombia	Aguas, Bosques, Fauna y Flora.	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Resolución 627 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Ruido y ruido ambiental	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Resolución 601 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Emisiones	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 0610 de 2010	Emisiones	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

Normas generales	Reglamenta	Descripción
Ley 1259 de 2008 El Congreso de Colombia.	Comparendo Ambiental	Por la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.
Ley 1333 de 2009 El Congreso de Colombia.	Procedimiento Sancionatorio	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
Ley 373 de 1997 El Congreso de Colombia.	Recurso Hídrico	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Resolución 2309 de 1986 Ministerio de Salud	Residuos	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del título III de la parte 4 del libro 1º del Decreto-Ley 2811 de 1974, y de los Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a residuos especiales.
Resolución 541 de 1994 Ministerio de Ambiente	RCD	Regula el tema de cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Resolución 754 de 2014 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Residuos	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Decreto Nacional 1076 de 2015 El Presidente de la República de Colombia.	Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Decreto Nacional 1077 de 2015 El Presidente de la República de Colombia.	Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio

De igual manera a continuación se presenta un listado de normatividad distrital aplicable al proyecto.

- Decreto Distrital 190 de 2004, Alcaldía Mayor de Bogotá, por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los decretos distritales 619 de 2000 y 469 de 2003.

- Resolución 631 de 2015, Secretaria Distrital de Ambiente -SDA. Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

- Resolución 3957 de 2009, Secretaria Distrital de Ambiente –SDA, por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital.

- Decreto 357 de 1997 de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.

- Decreto 220 de abril 2 de 1997 (Distrito): exime de solicitar licencia de excavación para algunas actividades debido a la urgencia para adelantarlas, dentro de las cuales quedaron incluidas algunas actividades del IDU.

- Resolución 1115 de 2012 de la Secretaria Distrital de Ambiente –SDA, por la cual se regula técnicamente el tratamiento y aprovechamiento de escombros en el DC.

16.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

16.2.1 Descripción de obras a ejecutar.

En el espacio entre La IED Los Pinos y el muro de contención existente se rehabilitará mediante la reconstrucción del andén, y la instalación de filtros y obras de drenaje. Se dará continuidad al muro de contención existente con una sección similar y un sistema de cimentación basado en pilotes de 6 m de largo.



Ilustración 16-1. Anden y muro existente.
Fuente: Elaboración propia

En el talud ubicado entre el colegio Los Pinos y la diagonal 4ª y en el área cercana al cauce de la quebrada el Chorrerón se generarán obras de Bioingeniería basadas en el perfilado del talud y la adecuación del terreno mediante trinchos (Ver *Ilustración 16-2*) en madera de aproximadamente 0.8 m de altura sobre el nivel final terreno, dichos trinchos además de permitir la revegetalización y conformación del terreno también generan un espacio filtrante que permite un adecuado manejo de aguas.



Ilustración 16-2. Adecuación del terreno mediante trinchos.
Fuente: INCOLSAM S.A.S

Se generará una cortina de caisson de 1.0 m de diámetro, los cuales van espaciado desde el eje 2.5 m y con una longitud de empotramiento de 5 m, los caisson llevan una viga de amarre de sección trasversal de 1.4 m x 0.5 m, detrás de la cortina se realizará un relleno en material tipo enrocado proveniente del material retirado de los gaviones existentes. Dicha cortina está ubicada en la parte inferior del talud que se encuentra entre la diagonal 4ª y el colegio los pinos. Para la parte superior del talud se propone la prolongación del muro de contención el cual se cimienta sobre pilotes 0.5 m de diámetro y 6.0 m de longitud. En la

Ilustración *16-3* se muestra un esquema de la cortina de pilotes y en la Ilustración 16-4 la ubicación de los pilotes y el muro de contención.

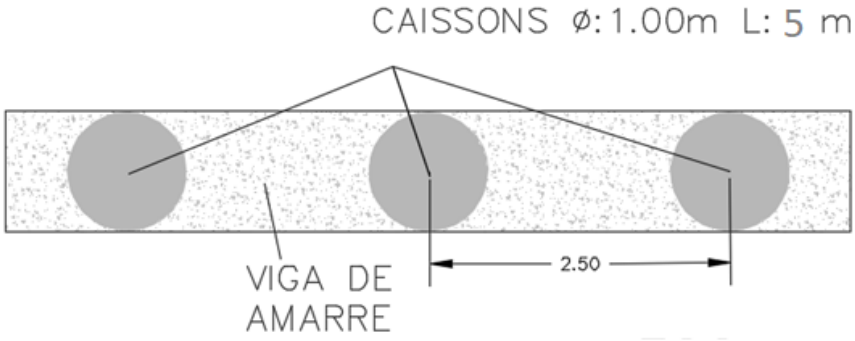


Ilustración 16-3. Esquema de cortina de pilotes.
Fuente: Elaboración propia

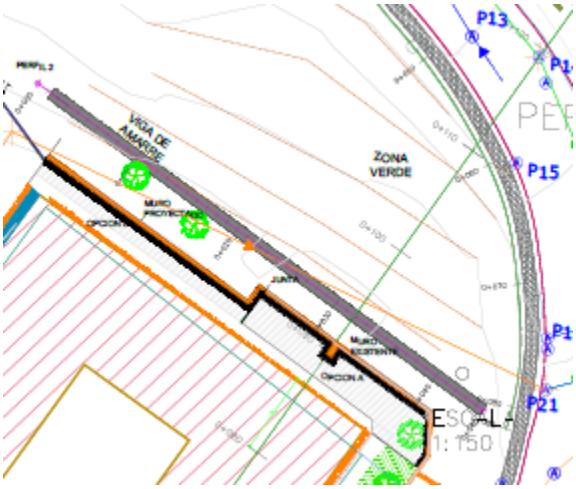


Ilustración 16-4. Localización en planta de cortina de pilotes.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente en el área del talud más cercana a la diagonal 4ª se generara un muro en gaviones similar al mostrado en la *Ilustración 16-5*.



Ilustración 16-5. Muro en gaviones.
Fuente: Elaboración propia

Las obras anteriormente descritas se complementan con cunetas en concreto y filtros en grava que permiten el manejo de las aguas a lo largo del área de estudio. A continuación se presenta el organigrama del personal requerido para la ejecución del proyecto.

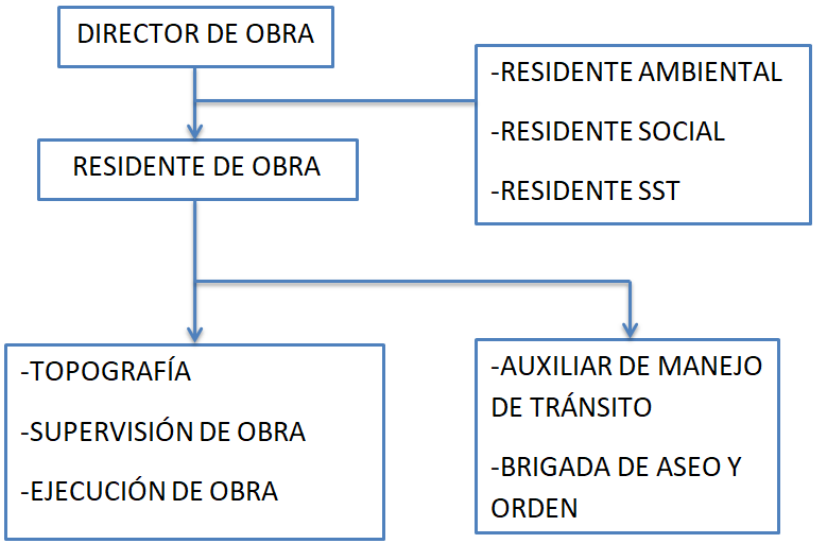


Ilustración 16-6. Organigrama personal en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Se presenta el flujograma donde se muestran las actividades que se llevan a cabo para generar el Plan de Manejo Ambiental PMA.

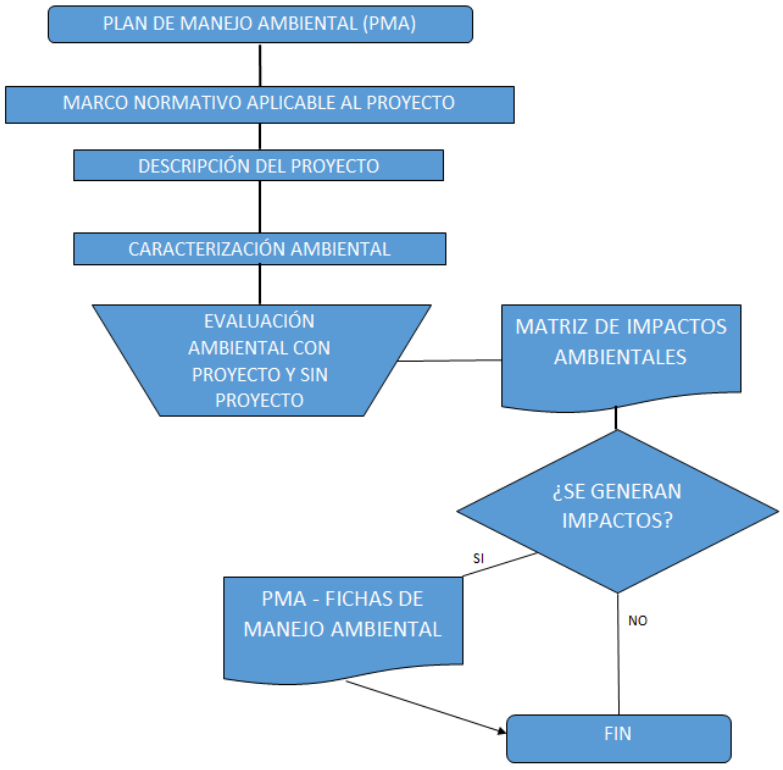


Ilustración 16-7. Flujograma de actividades ambientales - PMA.
Fuente: Elaboración propia

16.2.2 Actividades constructivas.

Instalación y operación de infraestructura temporal:

Corresponde a la infraestructura que el constructor usará temporalmente como sitios para el manejo de materiales de construcción y zonas de parqueo y movilización de maquinaria y equipos. Se incluye en esta etapa la definición del campamento y sus servicios complementarios.

Aprovechamientos forestales aprobados:

Corresponde a la ejecución de actividades forestales, para el caso de las obras propuestas no se requiere la utilización de recursos forestales encontrados en el sector.

Excavaciones:

Comprende las actividades ejecutadas por el constructor relacionadas con la remoción mecánica o manual de material, necesaria para la construcción de fundaciones de las estructuras, incluye el volumen de material que hay que remover, transportar y disponer, para la ejecución de las obras y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

Demolición de estructuras existentes:

Actividades ejecutadas por el constructor relacionadas con la demolición total o parcial de las estructuras existentes en las zonas requeridas para la ejecución de obras del proyecto y la remoción y disposición final de los materiales provenientes de la demolición.

Colocación de materiales drenantes, construcción de obras de drenaje:

Consiste en el manejo, almacenamiento y colocación por parte del constructor de los materiales de construcción de drenajes in situ o prefabricados.

Plantación de material vegetal, arbolado, jardinería y zonas verdes:

Consiste en la siembra de árboles así como la construcción de jardineras y zonas verdes del proyecto a cargo del constructor.

Transporte y manejo de escombros y materiales de construcción:

Esta actividad consiste en el transporte de los materiales y residuos provenientes de la excavación o explanación y demoliciones; y el transporte de los materiales requeridos para el proyecto ejecutado por el constructor.

Movimiento de maquinaria y equipos:

Esta actividad consiste en el traslado de maquinaria y equipos fuera o dentro de la obra por parte del constructor para la realización de las actividades constructivas del proyecto.

Acopio temporal de materiales:

Esta actividad consiste en el almacenamiento temporal de materiales requeridos para la obra o materiales sobrantes a ser trasladados al sitio de disposición final.

Limpieza final de sitios de trabajo:

Consiste en las labores de recolección de materiales sobrantes y la realización de actividades de limpieza de las zonas construidas previo al inicio de la etapa de operación del proyecto.

16.2.3 Permisos asociados a demanda de recursos y otros.

A continuación se mencionan los posibles trámites y permisos que puede requerir el proyecto antes de iniciar la etapa de construcción, en el marco del contrato 482 de 2017, se ha pretendido entregar la información y anexos técnicos relacionados al trámite de permisos, sin embargo, sólo hasta que se defina el alcance de las obras en la etapa de contratación se podrá tener una versión final de los documentos a radicar para las respectivas solicitudes, por lo tanto el constructor deberá realizar las validaciones y solicitudes antes las autoridades competentes.

Permisos, lineamientos o autorizaciones ambientales

- Permiso silvicultural (aprovechamiento forestal)

  Para el proyecto no aplica el permiso de Aprovechamiento forestal de árboles aislados, reglamentado en el Decreto Nacional 1076 de 2015 y el Decreto Distrital 531 de 2010. De acuerdo a las necesidades del proyecto no es necesario el uso de recursos forestales del sector de ejecución del proyecto.

- Permiso de ocupación de cauce.

  Para el proyecto No aplica el permiso de ocupación de cauce ya que al cruzar la información del periodo de retorno de 100 años de la quebrada El Chorrerón con las obras propuestas; se identifica que las obras se encuentran fuera del margen de la quebrada para el TR=100.

Para solicitar permiso de ocupación del cauce, el constructor debe radicar el Formulario de Solicitud de Permiso de Ocupación de Cauce adoptado mediante la Resolución 1391 de 2003.

Documentos técnicos:

Descripción del proyecto: nombre del proyecto, objetivos, justificación, descripción de las actividades detalladas a desarrollar, listado de coordenadas planas de los puntos a intervenir en Sistema de Referencia Magna Sirgas Bogotá.
Plano de localización de los puntos a intervenir en la fuente hídrica y su área de influencia debidamente georreferenciados. El (los) plano(s) deben ir firmado por el profesional responsable con número de Tarjeta profesional, a escalas 1:500 a 1:1.000.
Planos topográficos: Planos longitudinales en perfil del total de la sección a intervenir y planos transversales en planta y perfil de los puntos donde se ejecutarán las obras proyectadas en escalas 1:500 a 1:1.000, según el detalle del proyecto y demás información en caso de requerirse.
Memorias técnicas de las obras a ejecutar: Especificaciones técnicas detalladas de las estructuras, materiales a utilizar y sus procesos constructivos en cada punto de intervención; adjuntando los planos en planta y perfil de cada tipo de estructura debidamente firmadas por el profesional responsable con número de Tarjeta Profesional.
Fichas de manejo ambiental por componente: agua, suelo, aire, paisaje, flora y fauna; con las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los potenciales impactos ambientales identificados, precisando: los objetivos, justificación y descripción acciones a desarrollar.
Compensaciones: Matriz que relacione el total de áreas verdes del área de intervención Vs Total áreas a endurecer como producto de la obra, con los puntos a endurecer indicando coordenadas origen Magna Sirgas planas Bogotá. Este ítem aplica para obras ejecutadas con recursos públicos.

- Registro de elementos de publicidad exterior visual y vallas PEV.

Reglamentado mediante el Decreto 959 de 2000, Decreto 506 de 2003 y la Resolución 931 de 2008, se debe tener en cuenta por parte del constructor:

La obra de construcción, remodelación, adecuación o ampliación legalmente autorizada por las autoridades competentes y con frente a cualquier vía, puede contar con dos vallas, en un mismo sentido y costado vehicular.

En vehículos automotores, está prohibido fijar, pintar o adherir publicidad exterior visual en vehículos salvo la que anuncia productos o servicios en desarrollo del objeto social de la empresa que utiliza el vehículo para el transporte o locomoción de los productos o la prestación de servicios. La publicidad exterior en vehículos no debe instalarse en la cabina y/o costado posterior y/o costado anterior del vehículo.

A continuación se muestra el encabezado del formato para solicitud de registro PEV:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE AMBIENTE

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE
DIRECCIÓN DE CONTROL AMBIENTAL
SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL
SOLICITUD DE REGISTRO PEV
(Decreto 959 de 2000 – Decreto 506 de 2003 Resolución 931 de 2008)

Espacio para sticker de radicación

Fecha de Solicitud	DIA	MES	AÑO	Tipo de Solicitud	REGISTRO NUEVO ☐ ACTUALIZACIÓN ☐ PRÓRROGA - VALLA TUBULAR ☐ TRASLADO - VALLA TUBULAR ☐
				Número y Fecha de Registro: *(Para el caso de actualizacón o prórroga)*	

I. DATOS DEL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO O SOLICITANTE

Razón Social:		Persona Natural ☐	Persona Jurídica ☐
Nombre del Establecimiento:		Nit.	CIIU:
		Matricula Mercantil:	
Dirección de Correspondencia		Teléfono:	
		E-mail:	
Representante Legal		C.C ☐ C.E ☐	Número:
Si actúa mediante apoderado diligencie este acápite	Nombre del Apoderado		C.C. No:
			Tarjeta Profesional No.

II. DATOS DEL PROPIETARIO DEL INMUEBLE O VEHÍCULO DONDE SE UBICARÁ EL ELEMENTO

Razón Social:	Nit.	
Nombre del Propietario:	C.C ☐ C.E ☐	
	Teléfono:	
Dirección de Correspondencia:	E-mail:	
Representante Legal:	C.C ☐ C.E ☐	

III. INFORMACIÓN GENERAL DE LA SOLICITUD

Avisos *(aplica cuando el elemento a registrar es un aviso)*

Tipo de Elemento a registrar	AVISO EN FACHADA ☐ AVISO DIVISIBLE ☐	AVISO SEPARADO DE FACHADA TIPO VALLA CONVENCIONAL- ZANCUDO ☐ PUBLICIDAD EN VEHÍCULO ☐
Dirección de ubicación de la publicidad:		
No. de Chip *(aplica para aviso tipo nombre de edificio y separado de fachada):*	Matrícula Inmobiliaria *(aplica para aviso tipo nombre de edificio y separado de fachada)*	Número de Fracciones *(aplica para aviso divisible)*
¿ Aviso Luminoso? SI ☐ NO ☐	Localidad:	Piso(s) en el (los) que funciona el Establecimiento

Ilustración 16-8. Formato SDA- Solicitud de registro PEV.
Fuente: Secretaria de Ambiente de Bogotá

- Salvoconductos para la movilización de la madera proveniente de los tratamientos realizados a la vegetación.

  Reglamentado por el Decreto 1791 de 1996 y las Resoluciones 438 de 2001 y 619 de 2002. De acuerdo a los requerimientos del proyecto NO es necesario realizar dicho trámite.

Otro tipo de permisos

- Permiso para operación de equipos de construcción y reparación de vías y generadores de ruido ambiental en horarios restringidos.

  Está reglamentado en el Decreto 948 de 1995, en el Distrito Capital la solicitud debe realizarse por parte del constructor usando el formato adoptado mediante Resolución 1391 del 6 de Octubre de 2003, los documentos que deben adjuntarse a la solicitud son: Poder debidamente otorgado, cuando se actúe mediante apoderado, planos Catastro Distrital (1:10 000) o (1:25 000) indicando la ubicación de las obras, autoliquidación del cobro por el servicio de evaluación aplica la Resolución 5589 de 2011, original y 1 Copia del recibo de consignación.

- Apertura y cierre de PIN (para el transporte y disposición de escombros)

  El trámite lo realiza en constructor mediante el aplicativo web de registro de reportes y manejo de residuos de construcción y demolición - RCD en obras públicas y privadas Resolución 01115 de 2012, en el caso del generador, adicionalmente se debe radicar ante la SDA el Plan de gestión integral de RCD en la obra, para su elaboración se usa como referencia, la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción II Edición.

- Permiso para el transporte y abastecimiento de combustible en caso de proveerse el suministro de combustible por parte del Contratista en obra, otorgado por el ente competente. Todos los establecimientos que realicen las actividades de almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo en el Distrito Capital deben realizar el Plan de Contingencia asociadas al manejo de hidrocarburos, para lo cual el constructor deberá solicitar la aprobación del mismo ante la autoridad ambiental competente, usando el formulario establecido y adjuntando el respectivo plan.

Compensación por endurecimiento de zonas verdes

Otro aspecto que debe considerar el constructor de las obras es el procedimiento que se ha establecido en el Distrito Capital, asociado a la compensación por el endurecimiento de zonas verdes, acción que permite brindar alternativas para recuperar la pérdida de zonas verdes en el espacio público y sus funciones ambientales, por el endurecimiento de zonas verdes en virtud del desarrollo de obras de infraestructura. Este aspecto está reglamentado en la Resolución 00456 de 2014 "por medio de la cual se establecen los lineamientos y

procedimientos para la compensación por endurecimiento de zonas verdes por desarrollo de obras de infraestructura " y modificada por la Resolución 03050 de 2014. Debido a que las obras duras generadas en el presente proyecto corresponden a rehabilitación de zonas duras deterioradas, este permiso NO aplica para el desarrollo del proyecto.

16.3 ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia del proyecto está comprendida por 5.2 hectáreas ubicadas dentro de la UPZ 96 Lourdes, en la localidad Santa fe (Ver ilustración 16-6). La UPZ Lourdes contiene 19 barrios de los cuales el barrio Los Laches es el que hace parte del área de influencia ubicada entre las coordenadas presentadas en la tabla a continuación:

Tabla 16.1. Extremos polígono área de influencia

Extremo	Coordenada	
	Norte	este
Norte	99237.4	100999.6
Sur	98946.9	101088.2
Oeste	99070.2	100922.9
Oriente	99078.5	101224.4

Fuente: Elaboración Propia.

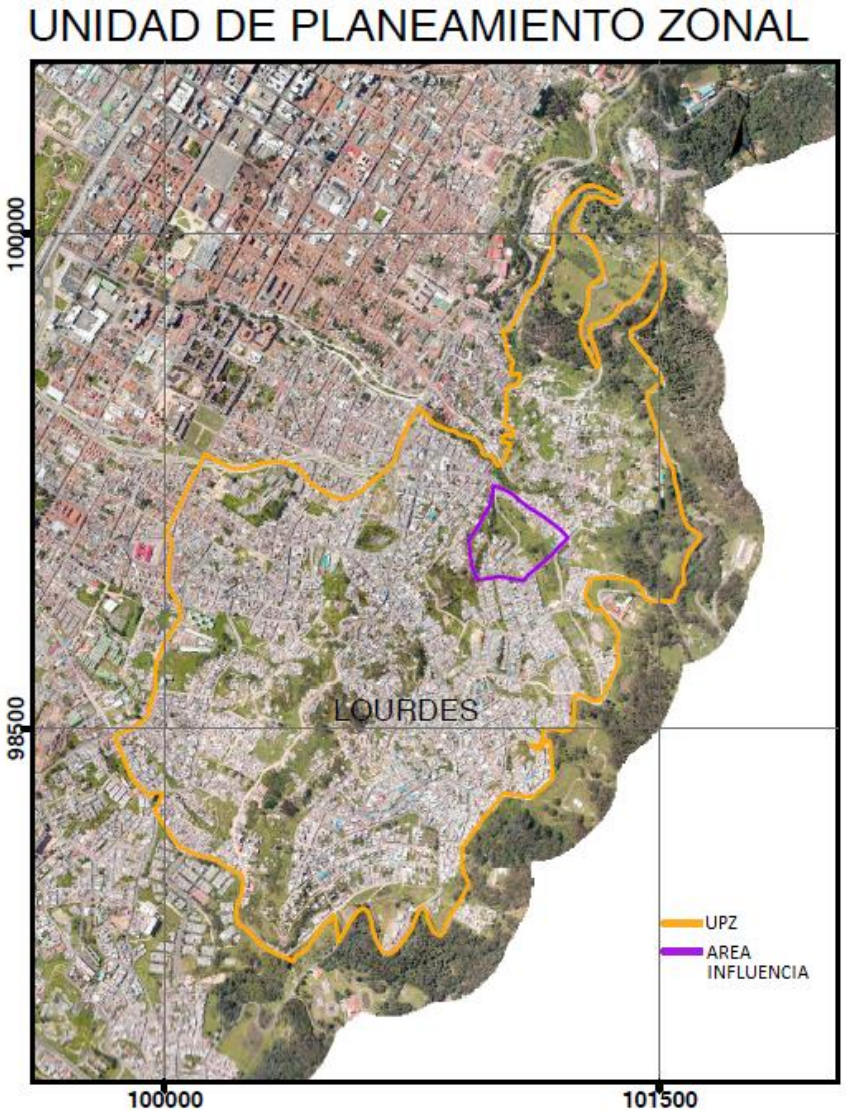


Ilustración 16-9. Localización área de influencia
Fuente: Elaboración propia

16.4 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

16.4.1 Medio Físico

En este apartado se presenta una descripción de la calidad del aire en el sector de estudio que complementa la descripción dada en los anteriores capítulos de Geología, hidrología, clima, entre otros.

- **Calidad del aire:**

La información de calidad del aire disponible para la ciudad de Bogotá, es la reportada por la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá – RMCAB a cargo de la Secretaría Distrital de Ambiente, conformada por 12 estaciones fijas distribuidas por la ciudad y una estación móvil. La RMCAB cuenta con la estación Sagrado Corazón en la localidad Santa Fe. En el Informe anual de calidad del aire año 2015 se presenta la distribución espacial de los parámetros monitoreados Material Partículado PM_{10} y $PM_{2,5}$ y Ozono, los cuales se presentan a continuación.

Material Partículado (PM_{10})

De acuerdo al informe de calidad del aire del año 2015 se observa que en la zona de estudio se presentan concentraciones de material Partículado PM_{10} entre 15 y 21 µg/m^3, dicho valor es el menor de la ciudad y es inferior al máximo permisible de acuerdo a la Resolución 610 de 2010 definido en 50 µg/m^3. La baja concentración de material partículado se debe a las zonas verdes que ocupan gran parte del sector de estudio, a las pocas vías del sector y al buen estado de las mismas.

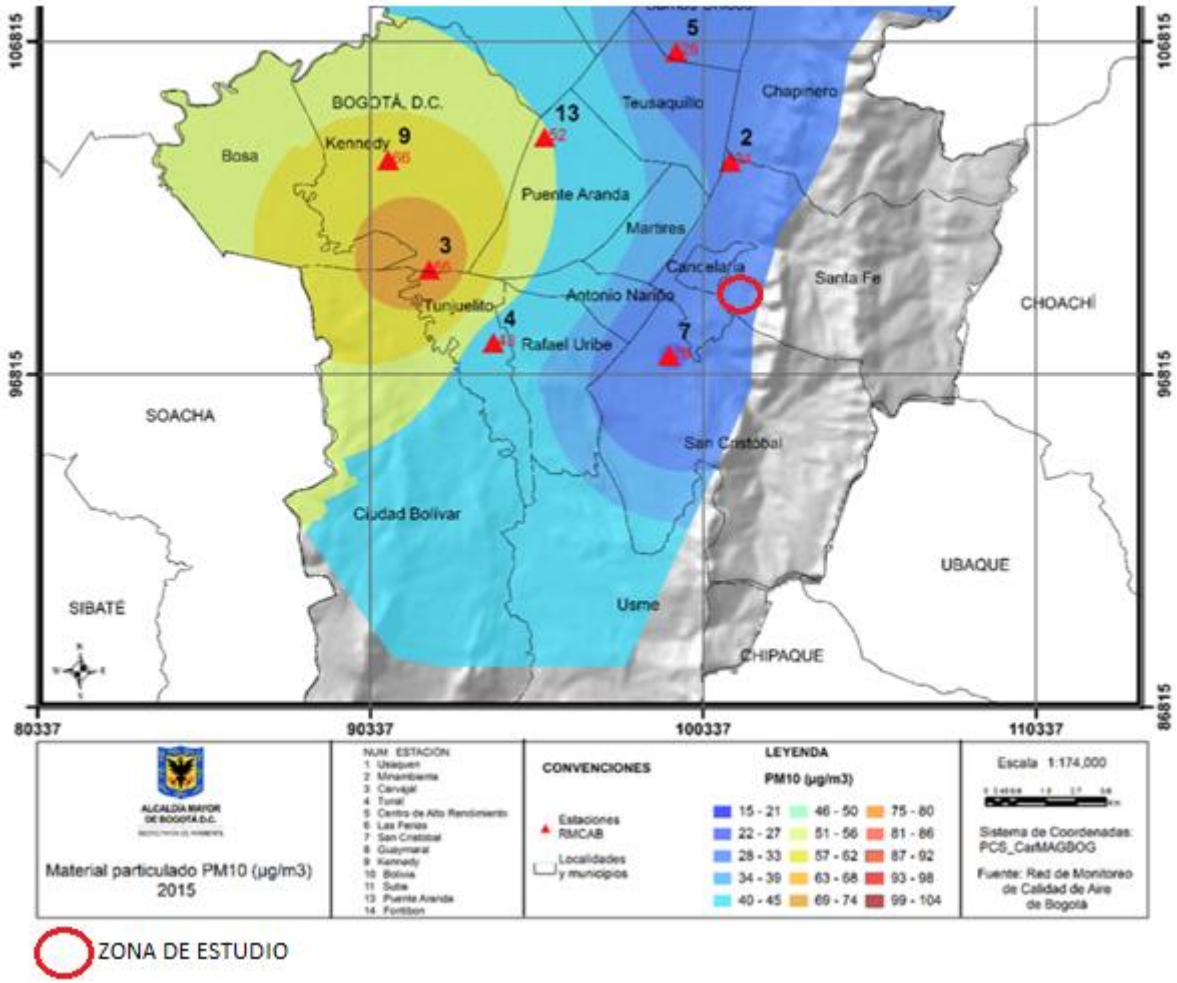


Ilustración 16-10. Concentración de material Partículado (PM 10) – Área de estudio
Fuente: Adaptado de figura 3-9 del informe anual de calidad del Aire Año 2015, SDA.

Material Partículado ($PM_{2,5}$)

De acuerdo al informe de calidad del aire del año 2015, se observa que en la zona de estudio se presentan concentraciones de material partículado $PM_{2,5}$ entre 6 y 10 µg/m^3, valor que se encuentra en el límite del máximo permisible de acuerdo a la Resolución 610 de 2010 definido en 25 µg/m^3. La fuente del poco material partículado en la zona de estudio puede estar asociada a la circulación de vehículos que en su mayoría corresponden a transporte público y SITP.

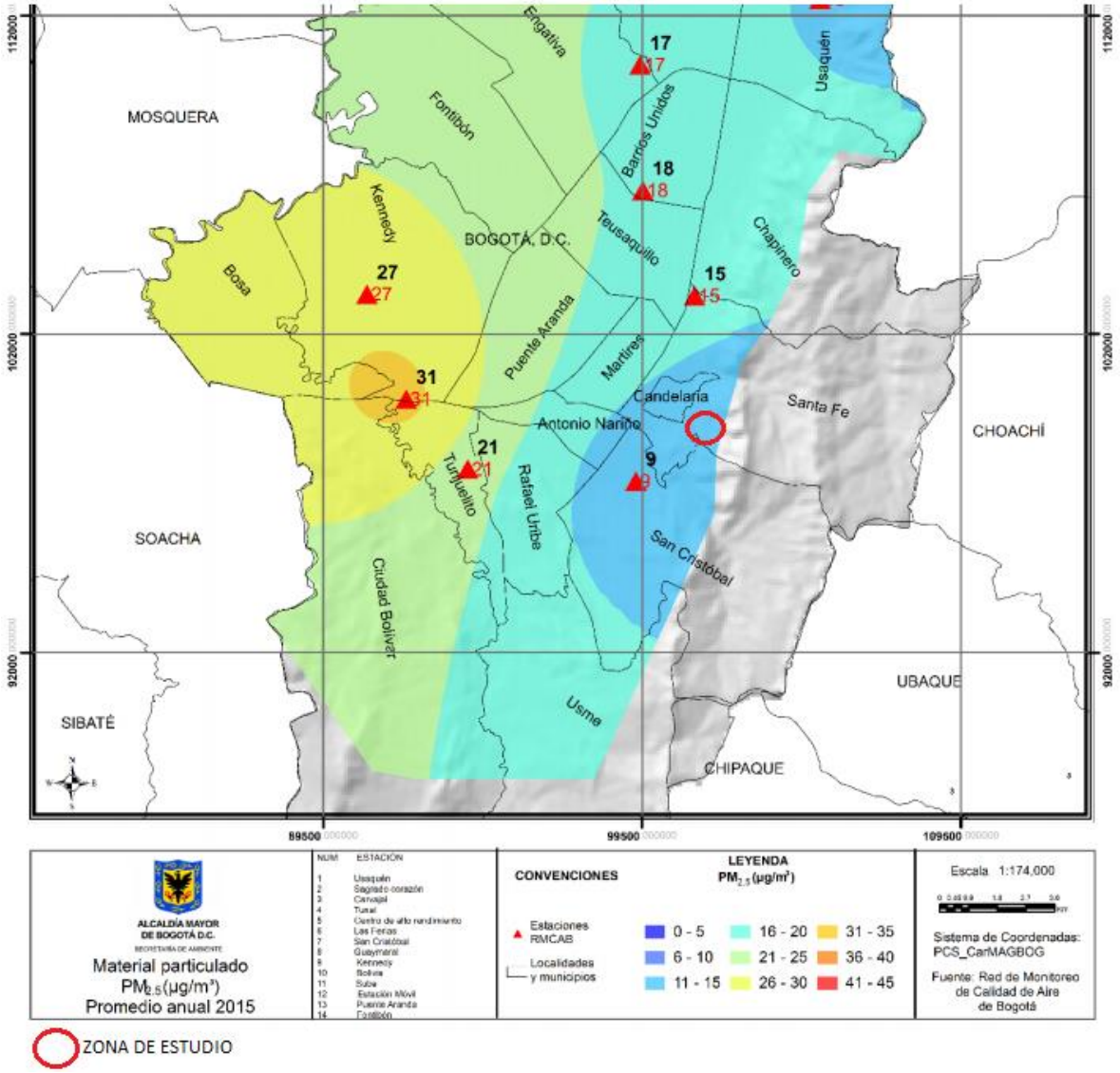


Ilustración 16-11. Concentración de material Partículado (PM 2,5) – Área de estudio
Fuente: Adaptado de figura 3-20 del informe anual de calidad del Aire Año 2015, SDA.

Ozono (O_3)

De acuerdo al informe de calidad del aire del año 2015, se observa que en la zona de estudio se presentan concentraciones de Ozono entre 26 y 30 µg/m^3, valor inferior al máximo permisible de acuerdo a la Resolución 610 de 2010 definido en 80 µg/m^3.

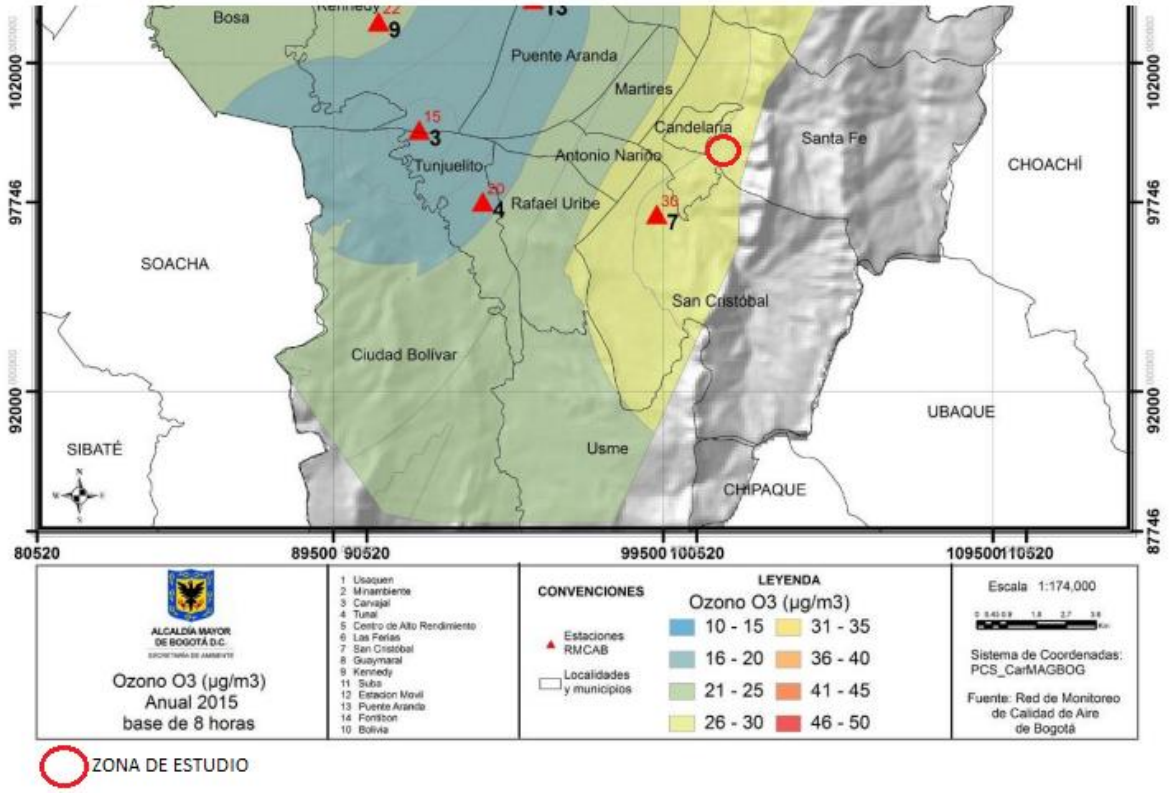


Ilustración 16-12. Concentración de material Partículado (PM 2,5) – Área de estudio
Fuente: Adaptado de figura 3-32 del informe anual de calidad del Aire Año 2015, SDA.

16.4.2 Medio Biótico

Ecosistemas

El área de estudio, ocupa terrenos comprendidos entre una altitud cercana a los 2,700 msnm. Clasificándose dentro del piso térmico microtérmico frío.

Uno de los factores de mayor relevancia en los ecosistemas son las coberturas vegetales, debido a la sustancial incidencia y control que tienen sobre los regímenes hidrológicos y climáticos. Dada la destrucción de las coberturas vegetales y pon ende de los hábitats naturales y de los organismos que habitan en ellos, se generó una transformación de los ecosistemas que se tradujo en una disminución generalizada de la biota silvestre, y consecuente pérdida de la biodiversidad y pérdida neta de bienestar para la población humana.

En lo que respecta a cobertura de la tierra y usos de suelo, como se describió en el capítulo 7, resalta la caracterización de la zona dentro del bosque seco montano bajo (baja

precipitación pluvial, deficiencia de agua, heladas, vegetación natural de bajo porte) en donde destacan unidades de tejido urbano continuo (Tuc): recreacional (TUCRc), residencial (TUCRd), educacional (TUCEd), comunal (TUCCu).

Además se encuentran presentes pastos limpios (PI) , pastos enmalezados (Pe), la red vial y territorios asociados (Rv), plantaciones de latifoliadas aisladas (Pllta) , arbustal denso alto (Arlda) , arbustal denso bajo (Arldb) , afloramiento rocoso (Afr), tierras desnudas y degradadas (Tdd).

16.4.3 Medio Socio económico

Aspectos demográficos

Acorde con lo identificado en el capítulo de gestión social se estima según el DANE que en la localidad Santa Fe, habitaban en el año 2015 cerca de 110.053 personas de las cuales 55.489 corresponden a hombres y 54.564 a mujeres. En cuanto a distribución de edad se refiere; se establece que el 22.5% corresponde a niños entre 0-14 años de edad, 67.9% entre 15 y 64 años y 9.5% de 65 años o más.

Aspectos económicos

El nivel de pobreza en la localidad es del 58%, el nivel de indigencia del 19.3%. El 24% de la población de la población de la localidad se encuentra en el barrio Los Laches. En el sector el ingreso per cápita estuvo entre los 743.361 2’337.371 pesos.

Aspectos educativos

En la localidad en general se encuentran colegios oficiales y privados, también se alberga gran cantidad de instituciones de educación superior. En el sector de intervención se localiza el colegio Los Pinos IED – Sede A ubicado en la Carrera 6 B Este # 4 - 57, la cual es una institución de carácter oficial bajo administración distrital, este colegio presenta un nivel de atención preescolar, básica primaria, básica secundaria y media bajo el modelo educativo: Preescolar Escolarizado / Educación Tradicional. Para el área donde se realizan las obras se presenta una tasa de deserción escolar baja.

Afiliación al sistema de salud

En el sector la oferta de salud se considera aceptable, respecto al tipo de afiliación el 63% pertenece a al régimen contributivo y el 37% al subsidiado. El SISBEN tiene una coebrtura del 72.3%.

Movilidad

La localidad en general cuenta con vías vehiculares, peatonales y ciclo-rutas. En la localidad se encuentran avenidas importantes como dos avenidas metropolitanas: la Circunvalar y la Avenida El Dorado; varías vías arteria como la Carrera 10ma, Carrera 7ma, Calles 6ta, 19, 13 y red de vías de interconexión local. Para el caso de la zona de intervención se encuentra la Diagonal 4A, la cual es una vía en pavimento rígido, con una franja de circulación peatonal, la vía actualmente se encuentra en buen estado, sobre esta vía no se presenta circulación de rutas de transporte público.

Vivienda

Según encuesta de calidad de vida DANE realizada en el 2003, se reporta que en la localidad el 3.2% de los hogares pertenecen a estrato 1, el 53.6% a estrato 2, el 31.8% a estrato 3 y el 10.5% a estrato 4.

Aspectos culturales

La localidad cuenta con un alto número de museos, parques, plazoletas, sitios históricos y atractivos turísticos, que representan la cultura de la ciudad y del país. Entre estos destacan la ruta hacia el santuario de Monserrate, la Plazoleta Jorge Tadeo Lozano, el edificio Colpatria, el Parque Central Bavaria, el Parque de la Independencia, el Parque de los Periodistas, el Parque Nacional Olaya Herrera, la Plaza la Santa María, el Planetario Distrital, el Museo Nacional, la Biblioteca Nacional, el parque de Las Cruces y la Plaza de La Mariposa en San Victorino, entre otros.

16.5 EVALUACIÓN AMBIENTAL

En este capítulo se presenta la identificación y evaluación de impactos ambientales asociados al desarrollo del proyecto, tomando como base la metodología de Conesa Fernández-Vitora (1995); según la cual hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración favorable o desfavorable en el medio ambiente o en alguno de los componentes del medio. Para realizar esta evaluación, se utiliza una matriz

causa/efecto, en donde para cada elemento caracterizado, se identifican los posibles impactos y su relación con las actividades con y sin proyecto. (Ver anexo 12-2).

Cada uno de los impactos identificados se califica en una matriz, en los dos escenarios descritos previamente (sin proyecto y con proyecto) de acuerdo a los criterios presentados en la siguiente tabla.

Tabla 16.2. Valoración cualitativa de impactos

Parámetro	Sigla	Rango	Valoración	Descripción
Carácter	C	+	Positivo	Son acciones que introducen mejoras al medio o a los factores considerados en términos de su valor ambiental, económico, entre otros.
		-	Negativo	Se traduce en una pérdida del valor o perjuicio en relación con las características de la zona.
Intensidad	I	1	Baja	El efecto sobre el factor considerado no es significativo.
		2	Media	El efecto no es suficiente para poner en riesgo o potenciar los recursos; pérdida/ganancia ambiental.
		4	Alta	El impacto afecta los recursos naturales.
		8	Muy alta	El impacto afecta altamente los recursos naturales.
Extensión	Ex	1	Puntual	Si la acción produce un efecto muy localizado.
		2	Local	Se considera como una situación intermedia, según su gradación.
		4	Parcial	Tiene una influencia generalizada dentro del proyecto.
		8	Extenso	El efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno de la actividad (proyecto), teniendo una influencia generalizada en todo él.
Probabilidad	Pr	1	Poco probable	El impacto difícilmente ocurriría.
		2	Probable	El impacto podría ocurrir.
		4	Cierto	El impacto ocurre.
Duración	D	1	Fugaz	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes.
		2	Temporal	Duración entre uno (1) y doce (12) meses.
		4	Permanente	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años.
Tendencia	T	1	Decreciente	El impacto disminuye con el pasar del tiempo.
		2	Estable	El impacto permanece igual con el pasar del tiempo.
		4	Creciente	El impacto a medida que pasa el tiempo aumenta.

Parámetro	Sigla	Rango	Valoración	Descripción
Reversibilidad	Rv	1	Corto plazo	El retorno a condiciones originales toma menos de un (1) año.
		2	Mediano plazo	Se requieren de uno (1) a cinco (5) años.
		4	Largo plazo	El retorno a condiciones originales toma más de cinco (5) años.
		8	Irreversible	El cambio supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación anterior a la acción que lo produce.
Mitigabilidad	Mt	1	Corto plazo	El efecto es totalmente recuperable en un plazo menor a un (1) año.
		2	Mediano plazo	El efecto es totalmente recuperable en un plazo entre uno (1) y cinco (5) años.
		4	Largo plazo	El efecto es totalmente recuperable en un plazo mayor cinco (5) años.
		8	Irrecuperable	No hay posibilidades de una recuperación ni de tipo natural o antrópica.
Momento	Mo	1	Largo plazo	El efecto tarda en manifestarse más de tres (3) años.
		2	Mediano plazo	El periodo de tiempo va de uno (1) a tres (3) años.
		4	Corto plazo	El tiempo transcurrido es inferior a un (1) año.
		8	Inmediato	El tiempo transcurrido es nulo o inferior a un (1) año.
Efecto	Ef	1	Indirecto	La manifestación del efecto no es consecuencia directa de la acción.
		2	Directo	Es la acción misma la que origina el efecto.
Periodicidad	Pe	1	Irregular y discontinuo	La manifestación del efecto es de forma impredecible en el tiempo.
		2	Periódico	La manifestación del efecto es de manera cíclica o recurrente.
		4	Continuo	La manifestación del efecto es de manera constante en el tiempo.
Sinergia	S	1	Sin sinergismo	La acción no es sinérgica con otras acciones cuando actúan sobre el mismo factor.
		2	Sinérgico	Se estima de acuerdo al tipo de reforzamiento (moderado o alto) de dos o más efectos.
		4	Muy sinérgico	

Parámetro	Sigla	Rango	Valoración	Descripción
Acumulación	A	1	Simple	La acción no produce efectos acumulativos y la recuperación se da en un plazo menor a un (1) año.
		4	Acumulativo	El efecto producido es acumulativo.

Fuente: Elaboración propia

Con los anteriores criterios de evaluación, se obtiene la importancia del impacto, aplicando la siguiente formula:

$$IA = C * (3I + 2Ex + Pr + D + T + Rv + Mt + Mo + Pe + S + A)$$

El resultado final de la valoración es la clasificación de los impactos negativos como positivos, como se presenta a continuación:

Tabla 16.3. Clasificación de impactos positivos y negativos

Importancia de impactos positivos (+)	Clasificación	Importancia de impactos negativos (-)	Clasificación
Leve	15 y 33	Irrelevante	-15 y -33
Notable	34 y 52	Moderado	-34 y -52
Significativo	53 y 71	Severo	-53 y -71
Importante	72 y 90	Crítico	-72 y -90

Fuente: Elaboración propia

16.5.1 Evaluación sin proyecto

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la evaluación de impactos sin proyecto, se evaluaron cuatro actividades: Actividad residencial de autoconstrucción, invasión de zonas verdes, afectación a la IED Los Pinos ,Tránsito de vehículos , Vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua y zonas verdes, las cuales se identificaron como relevantes. La evaluación indica que los componentes ambientales más afectados son el Biótico y el Geoesférico. Las actividades más impactantes son la invasión de zonas verdes y la afectación a la IED Los Pinos.

Tabla 16.4. Clasificación de impactos evaluación sin proyecto

COMPONENTE	ACTIVIDAD	Actividad residencial de autoconstruccion		Invasion de zonas verdes		Tránsito de vehículos		Afectacion a la IED LOS PINOS		Vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua			
	IMPACTO	IA (Calif)		IA (Calif)		IA (Calif)		IA (Calif)		IA (Calif)		Suma	componente
SOCIO ECONÓMICO	Generación de expectativas	0		0		0		-47	Moderado	0		-47	-363
	Generación de molestias a la comunidad	0		0		0		-66	Severo	0		-66	
	Potenciación de conflictos	-38	Moderado	-48	Moderado	0		-68	Severo	0		-154	
	Generación de empleo	0		0		0		-50	Moderado	0		-50	
	Daños a cultivos o a áreas de pastoreo	0		0		0		0		0		0	
	Daños a accesos	0		0		0		0		0		0	
	Incremento de la accidentalidad	0		0		-54	Severo	0		0		-54	
	Desplazamiento de población	0		0		0		0		0		0	
	Desplazamiento infraestructura	0		0		0		-64	Severo	0		-64	
	Afectación del patrimonio arqueológico	0		0		0		0		0		0	
	Afectación de la salud de la comunidad del área de influencia	0		0		-41	Moderado	0		0		-41	
GEOSFÉRICO	Modificación de uso del suelo	-53	Severo	-53	Severo	0		0		0		-106	-549
	Alteración del paisaje	-53	Severo	-66	Severo	0		-54	Severo	0		-173	
	Generación de fenómenos de remoción en masa	0		0		0		-49	Moderado	0		-49	
	Generación de residuos sólidos	-41	Moderado	-54	Severo	0		0		0		-95	
	Alteración de la calidad química del suelo	0		0		0		0				0	
	Compactación del suelo	0		0		0		0		0		0	
	Alteración de la estabilidad del terreno	0		0		0		0				0	
	Cambios en la forma del terreno	0		0		0		0				0	
	Generación de procesos erosivos	-41	Moderado	-41	Moderado	0		-44	Moderado			-126	
HIDRICO	Alteración de la calidad del agua	0		0		0		0		-50	Moderado	-50	-50
	Disminución de la oferta hídrica	0		0		0		0				0	
	Afectación de cauces	0		0		0		0		-48	Moderado	-48	
	Cambio en la calidad del agua subterránea	0		0		0		0		0		0	
	Cambio en la cantidad de agua subterránea	0		0		0		0				0	
ATMOSFÉRICO	Aumento de la presión sonora	0		0		-54	Severo	0		0		-54	-148
	Afectación de la calidad del aire por gases	0		0		-41	Moderado	0		0		-41	
	Afectación de la calidad del aire por material particulado	0		0		-53	Severo	0		0		-53	
	Afectación de la calidad del aire por olores	0		0		0		0		0		0	
BIOTICO	Perdida cobertura vegetal	-41	Moderado	-41	Moderado	0		0		0		-82	-479
	Fragmentación de las coberturas vegetales	-54	Severo	-54	Severo	0		0		0		-108	
	Afectacion comunidades faunisticas	-45	Moderado	-45	Moderado	0		0		0		-90	
	Proliferación de vectores	-53	Severo	-53	Severo	0		0		-43	Moderado	-149	
	Aumento de población de especies carroñeras	0											
	Cambio en la estructura de la comunidad hidrobiológica	0		0		0		0		-50	Moderado	-50	
	Deterioro del habitat para las comunidades hidrobiológicas	0		0		0		0				0	
	TOTAL	-419		-455		-243		-442		-141			

Fuente: Elaboración propia

16.5.2 Evaluación con proyecto

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En la tabla 16.5 y se presenta la identificación de impactos positivos y negativos en cada componente ambiental, considerando cada una de las actividades del proyecto.

Tabla 16.5. Identificación de impactos por componentes

COMPONENTE	ACTIVIDAD	Instalación y operación de infraestructura temporal	Excavaciones y rellenos	Demolición de estructuras existentes	Construccion de estructuras de mitigacion	Colocación de materiales drenantes, construcción de obras de drenaje	Plantación de material vegetal, arbolado, trinchos y zonas verdes	Transporte y manejo de escombros y materiales de construcción	Movimiento de maquinaria y equipos	Acopio temporal de materiales	Limpieza final de sitios de trabajo
SOCIO ECONÓMICO	Generación de expectativas	-1		-1	-1	-1					
	Generación de molestias a la comunidad	-1		-1	-1			-1	-1		
	Potenciación de conflictos			-1							
	Generación de empleo		1		1	1	1	1			1
	incremento de la accidentalidad		-1								
GEOSFERICO	Modificacion del uso del suelo										
	Alteración del paisaje		-1		-1						
	Generacion de fenomenos de remocion en masa		1		1	1					
	Generación de residuos sólidos	-1	-1	-1	-1						
	Compactacion del suelo		1								
	Alteracion de la estabilidad del terreno		1		1	1					
	Cambios en la forma del terreno		-1								
	Generacion de procesos erosivos		1			1					
HIDRICO	Alteración de la calidad del agua		-1	-1						-1	
BIOTICO	Perdida cobertura vegetal						1				
	Afectacion comunidades faunisticas						1				
ATMOSFERICO	Aumento de la presión sonora	-1	-1	-1	-1						
	Afectación de la calidad del aire por gases		-1					-1			
	Afectación de la calidad del aire por material particulado		-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de impactos ambientales

De acuerdo a la calificación de impactos realizada en la matriz adjunta en el Anexo 11-2, se clasificaron los impactos, su categorización se presenta en las tablas

Tabla 16.6. Clasificación de impactos por componentes y actividades (A)

COMPONENTE	ACTIVIDAD	Instalación y operación de infraestructura temporal	Excavaciones y rellenos	Demolición de estructuras existentes	Construccion de estructuras de mitigacion	Colocación de materiales drenantes, construcción de obras de drenaje
	IMPACTO	Observación o comentario	Observación o comentario	Observación o comentario	Observación o comentario	Observación o comentario
SOCIO ECONÓMICO	Generación de expectativas	Irrelevante		Moderado	Moderado	Irrelevante
	Generación de molestias a la comunidad	Moderado		Moderado	Moderado	
	Potenciación de conflictos			Moderado		
	Generación de empleo		Leve		Leve	Leve
	incremento de la accidentalidad		Moderado			
GEOSFERICO	Modificacion del uso del suelo					
	Alteración del paisaje		Moderado		Moderado	
	Generacion de fenomenos de remocion en masa		Significativo		Importante	Significativo
	Generación de residuos sólidos	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	
	Compactacion del suelo					
	Alteracion de la estabilidad del terreno		Significativo		Importante	Significativo
	Cambios en la forma del terreno		Moderado			
	Generacion de procesos erosivos		Notable			Significativo
HIDRICO	Alteración de la calidad del agua		Moderado	Moderado		
BIOTICO	Perdida cobertura vegetal					
	Fragmentacion de las coberturas vegetales					
	Deterioro del Habitad para las comunidades hidrobiologicas					
	Afectacion comunidades faunisticas					
ATMOSFERICO	Aumento de la presión sonora	Irrelevante	Moderado	Severo	Moderado	
	Afectación de la calidad del aire por gases		Moderado			
	Afectación de la calidad del aire por material particulado		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.7. Clasificación de impactos por componentes y actividades (B)

COMPONENTE	ACTIVIDAD	Plantación de material vegetal, arbolado, trinchos y zonas verdes	Transporte y manejo de escombros y materiales de construcción	Movimiento de maquinaria y equipos	Acopio temporal de materiales	Limpieza final de sitios de trabajo
	IMPACTO	Observación o comentario	Observación o comentario	Observación o comentario	Observación o comentario	Observación o comentario
SOCIO ECONÓMICO	Generación de expectativas					
	Generación de molestias a la comunidad		Moderado	Moderado		
	Potenciación de conflictos					
	Generación de empleo	Leve	Leve			Leve
	incremento de la accidentalidad					
GEOSFERICO	Modificacion del uso del suelo					
	Alteración del paisaje					
	Generacion de fenomenos de remocion en masa					
	Generación de residuos sólidos					
	Compactacion del suelo					
	Alteracion de la estabilidad del terreno					
	Cambios en la forma del terreno					
	Generacion de procesos erosivos					
HIDRICO	Alteración de la calidad del agua				Moderado	
BIOTICO	Perdida cobertura vegetal	Leve				
	Fragmentacion de las coberturas vegetales					
	Deterioro del Habitad para las comunidades hidrobiologicas					
	Afectacion comunidades faunisticas	Notable				
ATMOSFERICO	Aumento de la presión sonora					
	Afectación de la calidad del aire por gases		Moderado			
	Afectación de la calidad del aire por material particulado	Moderado	Moderado		Moderado	Moderado

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la Tabla 16.8 se presenta la sumatoria de las calificaciones de los impactos en todas las actividades, donde se observa que el impacto con mayor calificación es la afectación de la calidad del aire por la generación de material partículado, seguido por la generación de molestas a la comunidad.

Tabla 16.8. Sumatoria de calificación por impacto

COMPONENTE	IMPACTO	Suma	TOTAL COMPONENTE NEGATIVOS
SOCIO ECONÓMICO	Generación de expectativas	-144	-421
	Generación de molestias a la comunidad	-195	
	Potenciación de conflictos	-41	
	Generación de empleo	162	
	incremento de la accidentalidad	-41	
		0	
GEOSFERICO	Modificacion del uso del suelo	0	-283
	Alteración del paisaje	-78	
	Generacion de fenomenos de remocion en masa	189	
	Generación de residuos sólidos	-164	
	Compactacion del suelo	0	
	Alteracion de la estabilidad del terreno	197	
	Cambios en la forma del terreno	-41	
	Generacion de procesos erosivos	108	
HIDRICO	Alteración de la calidad del agua	-122	-122
BIOTICO	Perdida cobertura vegetal	27	
	Afectacion comunidades faunisticas	37	
ATMOSFERICO	Aumento de la presión sonora	-184	-606
	Afectación de la calidad del aire por gases	-90	
	Afectación de la calidad del aire por material particulado	-332	

Fuente: Elaboración propia

16.6 MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

Acorde a la intervención descrita y a los impactos identificados, se generaron una serie de actividades ambientales a ejecutar durante el desarrollo del proyecto, dichas actividades se encuentran en las fichas ambientales del Anexo 12-4 Fichas ambientales, a continuación se muestra un inventario de las fichas generadas:

Tabla 16.9. Fichas del PMA.

NUMERO DE FICHA	CONTENIDO
FICHA 1	Conformación del grupo de gestión socio-Ambiental
FICHA 2	Capacitación y concientización del personal de obra.
FICHA 3	Cumplimiento de requerimientos legales
FICHA 4	Manejo integral de materiales de construcción.
FICHA 5	Proyecto de operación y señalización de frentes de obra excavaciones y sitios temporales.
FICHA 6	Manejo y disposición final de escombros y lodos.
FICHA 7	Disposición final de residuos sólidos convencionales y especiales
FICHA 8	Manejo de aguas superficiales y protección de la ronda hídrica
FICHA 9	Manejo de residuos líquidos domésticos e industriales
FICHA 10	Manejo de descapote y cobertura vegetal
FICHA 11	Manejo ambiental de laderas y taludes
FICHA 12	Revegetalización y protección de áreas expuestos
FICHA 13	Erradicación de la especie retamo liso
FICHA 14	Manejo de maquinaria equipos y vehículos
FICHA 15	Actividades de perforación

Fuente: Elaboración propia

17. PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO

17.1 Introducción

Este capítulo muestra el diseño del Plan de Manejo de Tráfico para la construcción de las obras de mitigación descritas anteriormente.

17.2 Localización

Pese a que gran parte de las obras que se llevaran a cabo en el sector se ejecutaran sin generar mayor alteración en las vías, existirá una mínima afectación sobre la diagonal 4ª bis en un tramo ubicado entre la carrera 6b este y la calle 6ta (Ver Ilustración 17-1), en donde uno de los carriles se verá reducido a la mitad.



Ilustración 17-1. Localización de eventual reducción de carril.
Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de Google Earth.

17.3 Duración de la obra

Se estima un periodo de ejecución de las obras del sector de 4 meses, de los cuales se estima un periodo de obras que impliquen afectación de via de 1.5 meses.

17.4 Equipos y maquinaria a utilizar

Los equipos a utilizar generaran un impacto mínimo debido a que necesitan poco espacio y tiempo para maniobrar. Se utilizarán los siguientes equipos: mini compactador, mezcladoras de concreto y volquetas.

Teniendo en cuenta lo anterior la maquinaria se considera como mediana, que no genera restricciones en el espacio remanente para el tránsito vehicular y/o peatonal. Los periodos programados de ejecución de trabajos, se efectuarán con herramienta menor y maquinaria mediana que no necesita ningún proceso especial de instalación o retiro en la operación.

17.5 Particularidades de la zona de influencia

Particularidades de la zona de influencia

- Usos del Suelo: Sobre la diagonal 4ª en el tramo a intervenir destaca el uso institucional de la IED LOS PINOS y la cercanía de la quebrada el Chorrerón, ninguna de estas áreas se verá afectada por la intervención vial propuesta.

- Sitios Especiales: Destaca la cercanía de la Institución Educativa Distrital LOS PINOS cuya accesibilidad no se verá afectada por las obras propuestas.

17.6 Tránsito de la zona de influencia

El tránsito que se presentara en la zona de influencia de las obras es principalmente vehículos particulares, buses del sistema integrado de transporte SITP y transporte de víveres.

17.7 Manejo del tránsito vehicular

La duración total de la ejecución de obras en el sector se estima en 4 meses, particularmente el área de trabajo se contempla en tramos de aproximadamente 10 metros

de largo los cuales irán desplazándose a medida que avance la obra, de esta manera la afectación real se traduce en la reducción de un carril en un tramo relativamente corto.

Tras evaluar el aforo efectuado el jueves 5 de abril de 2018 (Ver anexo 12-5) se define el manejo de tráfico vehicular descrito a continuación:

Inicialmente se limitará la velocidad máxima para el tramo afectado a 30 km/h, se establecerán claramente las zonas de prevención, zonas de transición y zonas de tránsito. Las zonas de prevención y transición se desarrollaran por auxiliares de tránsito, las zonas de transito que son en las que se ejecutaran las obras, se delimitaran de manera clara sin interrupción del tráfico o de las obras (Ver Ilustración 17-2).

En cuanto a horarios se refiere, se estima que a partir de las 7:00 am se realicen las actividades de adecuación y señalización con elementos móviles, y posteriormente cuando las actividades se están desarrollando plenamente, se realizara cierre de medio carril con paso escalonado controlado por auxiliares de transito hasta el final de la jornada de trabajo a las 5pm. Es necesario que aun cuando terminen las obras cercanas a la vía, permanezca personal en obra que pueda ejercer el rol de auxiliar de transito cuando se necesite, esto con el fin de dar el correspondiente manejo vehicular en situaciones de transporte de material, escombros, entre otros.

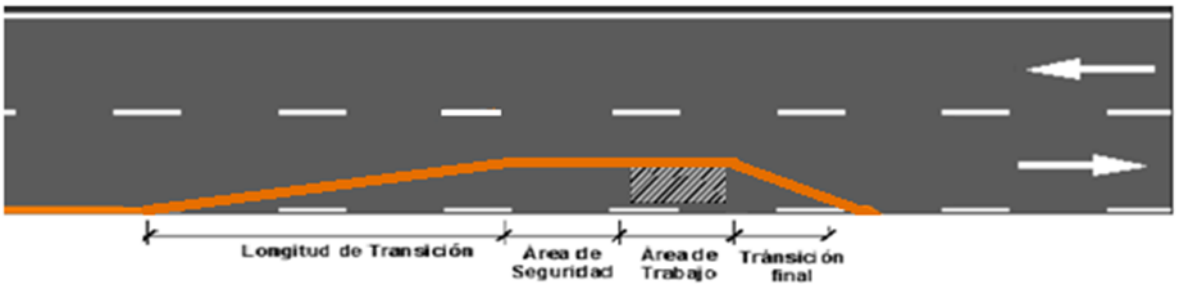


Ilustración 17-2. Zonas de manejo de tráfico.
Fuente: Secretaria de movilidad SM-57207-09.

Para una velocidad máxima de 30 km/h se estiman las siguientes longitudes de zona:

ZONA	LONGITUD(m)
Longitud de transición	15
Distancia de seguridad	20
Longitud transición final	10
Longitud área de trabajo	10

17.8 Manejo del tránsito Peatonal

Los volúmenes de tráfico peatonal en el área de afectación pueden ser manejados por la acera ubicada en frente del área de obras (Ver Ilustración 17-3) .En este orden de ideas se generara señalización permanente durante toda la ejecución de las obras que indique a los peatones por cual acera circular.



Ilustración 17-3. Acera contemplada para tráfico peatonal.
Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de Google Earth.

17.9 Señalización

Cuando se ejecutan trabajos de construcción en una determinada vía como en el caso de la construcción de las obras de mitigación en el sector de estudio en el barrio Los Laches se deben implementar medidas técnicas apropiadas, que se incorporan a lo largo de la ejecución del proyecto, esto con el objeto de reducir el riesgo de accidentes del flujo vehicular (conductores), el flujo peatonal (transeúntes) y personal de la obra que intervienen en el mismo.

Los dispositivos para la regulación del tránsito, en el tramo a intervenir deberán ubicarse con anterioridad al inicio de la obra, permanecer durante la ejecución de la misma y serán retirados una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación. Como es el caso de la ejecución de los trabajos de excavación, y construcción de las obras que se realizarán las cuales se deben acometer por etapas, deberán permanecer en el lugar solamente las señales y dispositivos que sean aplicables a las condiciones existentes y ser removidas o cubiertas las que no sean requeridas.

17.10 SEÑALES PREVENTIVAS

Tienen por objeto advertir a los usuarios de la vía sobre los peligros potenciales existentes en la zona, cuando existe una obra que afecta el tránsito y puede presentarse un cierre parcial de la vía. Las señales preventivas deberán ubicarse con suficiente anticipación al lugar de inicio de la obra. Las señales preventivas tienen forma de rombo y sus colores serán naranja para el fondo y negro para símbolos, textos, flechas y orla. Se colocarán a el (los) lado(s) (derecho y/o izquierdo) de la vía que se afecte por la obra.

Esta señal se empleará para advertir la proximidad a un tramo de la vía que se ve afectado por la ejecución de una obra que perturba el tránsito por la calzada o sus zonas aledañas.

SPO-01. TRABAJOS EN LA VÍA



Ilustración 17-4. Señal SPO-01
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Esta señal se empleará para advertir la proximidad a un tramo de la vía que se ve afectado por la ejecución de una obra que perturba el tránsito por la calzada o sus zonas aledañas.

SPO-03. BANDERERO



Ilustración 17-5. Señal SPO-03
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Esta señal se empleará para advertir a los conductores la aproximación a un tramo de vía que estará regulado por personal de la obra, el cual utilizará señales manuales.

SP-30. REDUCCIÓN ASIMÉTRICA DE LA CALZADA (IZQUIERDA) Y SP-31. REDUCCIÓN ASIMÉTRICA DE LA CALZADA (DERECHA)



Ilustración 17-6. Señal SP-30 y SP-31.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Estas señales se emplearán para advertir al conductor la proximidad a una reducción en el ancho de la calzada con desplazamiento del eje a la izquierda o a la derecha; esta reducción puede ser del número de carriles o simplemente de las dimensiones de la calzada. Deben complementarse con la señal SR-30 - reglamentaria de velocidad máxima, en las proximidades de la reducción.

- **SEÑALES REGLAMENTARIAS**

Los trabajos en las vías públicas o en las zonas próximas a ellas que afecten el tránsito, originan situaciones que requieren atención especial. Si en tales condiciones son necesarias medidas de reglamentación diferentes a las usadas normalmente, los dispositivos reglamentarios permanentes se removerán o se cubrirán adecuadamente y se reemplazarán por los que resulten apropiados para las nuevas condiciones del tránsito. Estas señales se identificarán con el código SRO-Número.

SRO-03. PASO UNO A UNO



Ilustración 17-7. Señal SRO-03.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Se usará esta señal para reglamentar el paso alternado de los vehículos, cuando en una calzada de dos carriles se cierra uno de ellos.

SR-30. VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA



Ilustración 17-8. Señal SR-30.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Esta señal se empleará para notificar la velocidad máxima a la que se puede circular (velocidad de operación), expresada en múltiplos de 10 y en kilómetros por hora (Km/h).

SEÑALES INFORMATIVAS

S10-01. APROXIMACIÓN A OBRA EN LA VÍA



Ilustración 17-9. Señal SIO-01
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Esta señal se empleará para advertir a conductores y peatones la aproximación a un tramo de vía afectado por la obra. La señal llevara la leyenda "OBRA EN LA VÍA", seguida de la distancia a la cual se encuentra la obra. Se podrá usar conjuntamente con otras señales o repetirla variando la distancia.

SI0-02. S10-03. INFORMACIÓN DE INICIO O FIN DE OBRA



Ilustración 17-10. Señal SIO-02 y SIO-03.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Esta señal indicará el inicio de los trabajos en la vía o zona adyacente a ella, con el mensaje "INICIO DE OBRA". Igualmente, se instalará otra señal con las mismas características, pero indicando el sitio de finalización de la obra, con la leyenda "FIN DE OBRA".

SI0-04. CARRIL CERRADO (DERECHO-CENTRO-IZQUIERDO)



Ilustración 17-11. Señal SIO-04.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Esta señal se empleará para prevenir a los conductores sobre la proximidad a un tramo de vía en el cual se ha cerrado uno o varios carriles de circulación. El texto de la señal deberá mencionar el (los) carril(es) inhabilitado(s) para el servicio. Por ejemplo: "CARRIL CENTRAL CERRADO".

- Dispositivos para la canalización del transito

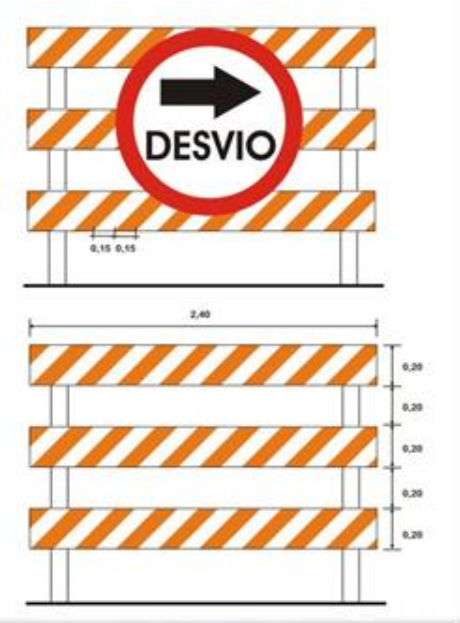


Ilustración 17-12. Señal Canalización del Tránsito.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Barricadas.

Las barricadas estarán formadas por bandas o listones horizontales, con una longitud entre 2,0 m y 2,4 m y una altura de 0,20 m, separados por espacios iguales a sus alturas. Las bandas serán fijadas a postes firmemente hincados cuando sean fijadas para obras de larga duración y sobre caballetes cuando sean portátiles para obras de corta duración.

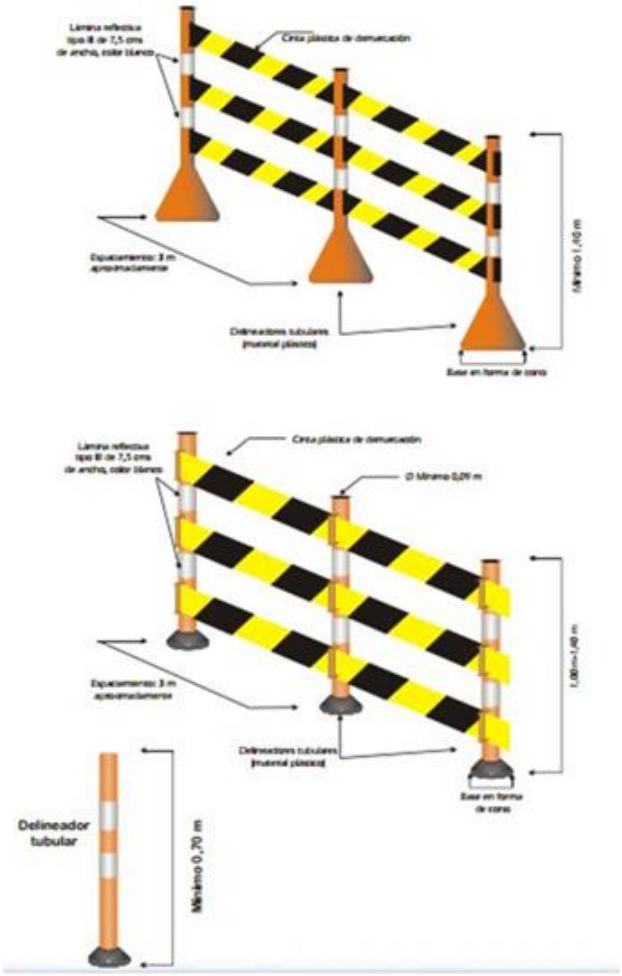


Ilustración 17-13. Señal Barricadas.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Estos dispositivos de canalización vehicular y peatonal serán fabricados en material plástico anaranjado y unido por cinta de señalización (CINTA PELIGRO).

Barreras plásticas flexibles (maletines)

Son dispositivos, en material plástico, utilizados para restringir y canalizar el tránsito vehicular, cuando se genera un cierre total o parcial de la vía. Generalmente como dispositivos de canalización, se colocan en serie a una distancia máxima de separación de 3 m; su color deberá ser naranja.

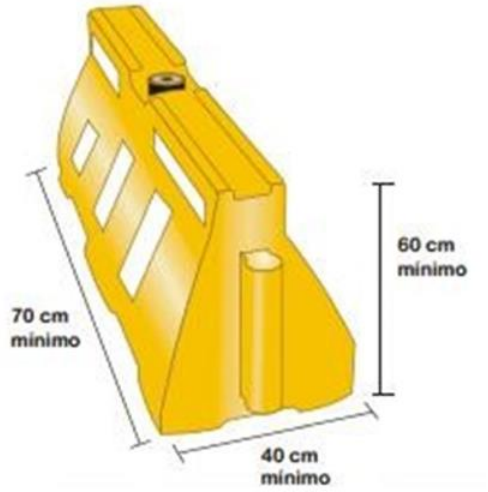


Ilustración 17-14. Señal Barreras Plásticas Flexibles.
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

Dispositivos Luminosos

Se emplearan estos dispositivos en horas nocturnas o en condiciones climáticas adversas, por lo tanto es necesario complementar las señales verticales y los elementos de canalización con dispositivos luminosos, tales como reflectores, luces permanentes y luces intermitentes o de destello.

Reflectores

Estos dispositivos se usarán cuando se desarrollen trabajos nocturnos para iluminar la zona de trabajo, también para iluminar el bandereo. Se debe tener cuidado en iluminar correctamente el área deseada para evitar el encandilamiento de los conductores.

Luces de identificación de peligro (luces intermitentes)

Serán utilizadas en puntos de peligro como un medio de llamar la atención de los conductores. Las luces de identificación de peligro son del tipo intermitente con luz amarilla, con una lente mínima de 20 cm de diámetro. La activación de las luces intermitentes se hará en horas nocturnas. En el día se usarán cuando las condiciones climáticas lo exijan. Podrán operarse por unidades o en grupos.

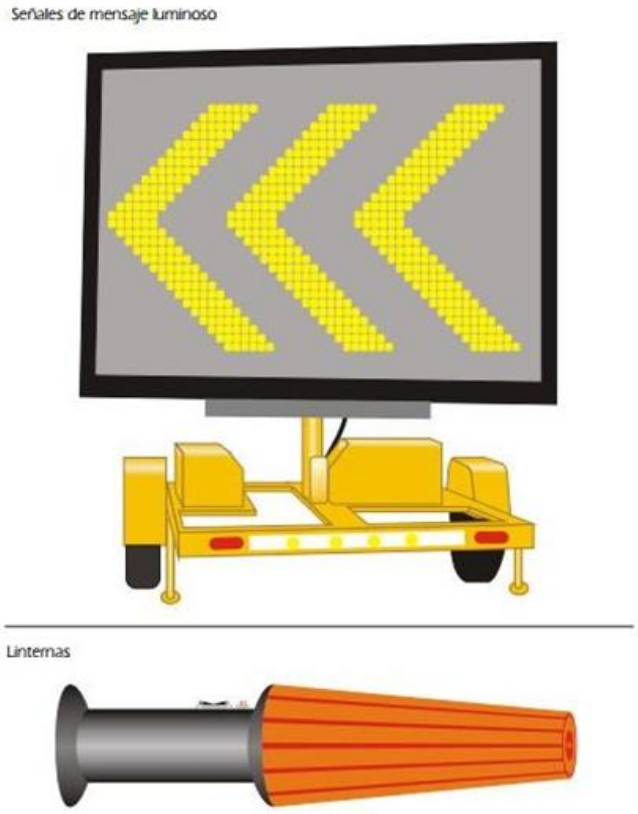


Ilustración 17-15. Señal Luces de Identificación de Peligro
Fuente: Manual de señalización Vial INVÍAS.

17.11 Dispositivos Manuales

En la construcción de las obras de mitigación cercanas a la diagonal 4a, la regulación del tránsito alternado por el carril libre se realizará mediante un banderero en cada en cada extremo de la obra, con radios que permitan la comunicación entre ellos dando paso únicamente a un sentido a la vez.

Auxiliar de transito

El auxiliar de transito desarrolla sus actividades generalmente en las horas del día para efectos de regulación del tránsito en vías afectadas por la ejecución de obras.

Las paletas son elementos fabricados en madera, plástico u otros materiales semirrígidos livianos, con forma octagonal con las características de la señal SR-01 (Pare). Estas tienen por una cara el fondo rojo con la palabra "PARE" en letras blancas y por la otra cara fondo verde y la palabra "SIGA" en blanco.

La indumentaria de auxiliar de transito:

1. Un casco de color amarillo o azul.

2. Chaleco color naranja con un mínimo de dos franjas (horizontales, verticales u oblicuas), de 5 cm cada una, en cinta reflectiva que cumpla con los coeficientes de retrorreflección especificados en la norma técnica colombiana NTC - 4739, para la lámina reflectiva Tipo I. Las franjas serán en color blanco, rojo o amarillo.

3. Cuando las condiciones climáticas lo requieran, se usará un impermeable de color amarillo.

4. El auxiliar de tráfico deberá estar visible para los conductores que se acercan, desde una distancia suficiente que permita una respuesta oportuna en el cumplimiento de las instrucciones que se impartan. Esta distancia está relacionada con las velocidades de aproximación.

Siempre que sea posible, el banderero les indicará a los conductores la razón del cierre del carril y el período aproximado de espera para tomar el carril habilitado, el cual se estima que no será superior a un minuto. Es necesario hacer entender a los bandereros y operadores de equipo que debe concederle el derecho de paso al público y evitar demoras excesivas.



Ilustración 17-16. Auxiliar de Tránsito.
Fuente: Imagen de uso libre.

18. DISEÑOS DE OBRAS

18.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se describen los diseños elaborados para las zonas con medio o alto riesgo por movimientos en masa.

18.2 PROPUESTA ARQUITECTÓNICA Y PAISAJÍSTICA

La formulación de las obras de contención estuvo enmarcada en una propuesta arquitectónica de recuperación y conexión del espacio público, especialmente los andenes viales, áreas de espacio público peatonal adosadas al colegio e implementación de un manejo florístico que complete las modificaciones topográficas.

En el mapa 19 y 20 se presenta la propuesta en planta de las obras, incluyendo la modificación del paisaje actual.

18.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE OBRAS

Del análisis de alternativas y con base a los resultados obtenidos en la matriz de análisis de alternativas, se seleccionó como la alternativa más viable la denominada alternativa 1, la cual involucra las obras que se resumen a continuación:

1. La estructura de contención propuesta consiste en una cortina de caisson de 1 m de diámetro, los cuales van espaciados desde el eje 2.5 m, y con longitud de 5 m, y de los cuales debe garantizarse una la longitud mínima de empotramiento sobre el suelo residual arcilloso de 4 m; los caisson van modulados de tal forma que por cada cada tres unidades ván restringidos en la cabeza por la presencia de una viga de amarre de sección transversal de 1.4 m x 0.5 m. Este sistema de contención se implanta a 3 m del borde de la vía diagonal 4A de Sur a Norte, colindando con el pie de la ladera del colegio los Pinos, tal como se muestra en los planos anexos (Anexo 16).

2. Sobre la ladera, adicionalmente se plantea realizar un perfilado (2H: 1V), con el fin no solo de remover la mayor cantidad del material de relleno superficial sino de suavizar la pendiente, adicionalmente se deben instalarán trinchos en guadua con separación y dimensiones presentes en los planos.

3. En la parte superior de la ladera a inmediaciones de la institución educativa los Pinos, se realizará la prolongación de muro de contención tipo cantiliver, el cual va cimentado sobre pilotes de diámetro de 0.8 m.

4. Se realizará un muro de gavión, el cual se localiza delante de la cortina de caisson, esta obra permite que se gane altura en la pata del talud y de esta manera el perfilado del talud sea suave; esta obra adicionalmente brinda estabilidad y trabaja como sistema drenante ya que facilita la evacuación de agua subsuperficial presente en la ladera.

5. Cárcamo para recolección de agua de escorrentía proveniente de la vía para evitar recarga de agua en el talud.

6. Filtros y cajas de inspección.

7. Andenes para la recuperacion del espacio público.

8. Barrera de retención cuya finalidad es contener los posibles desprendimientos de roca en el macizo rocoso expuesto.

Las obras propuestas sobre el talud del colegio los Pinos, se muestran en la Ilustración 18-1 e Ilustración 18-2.

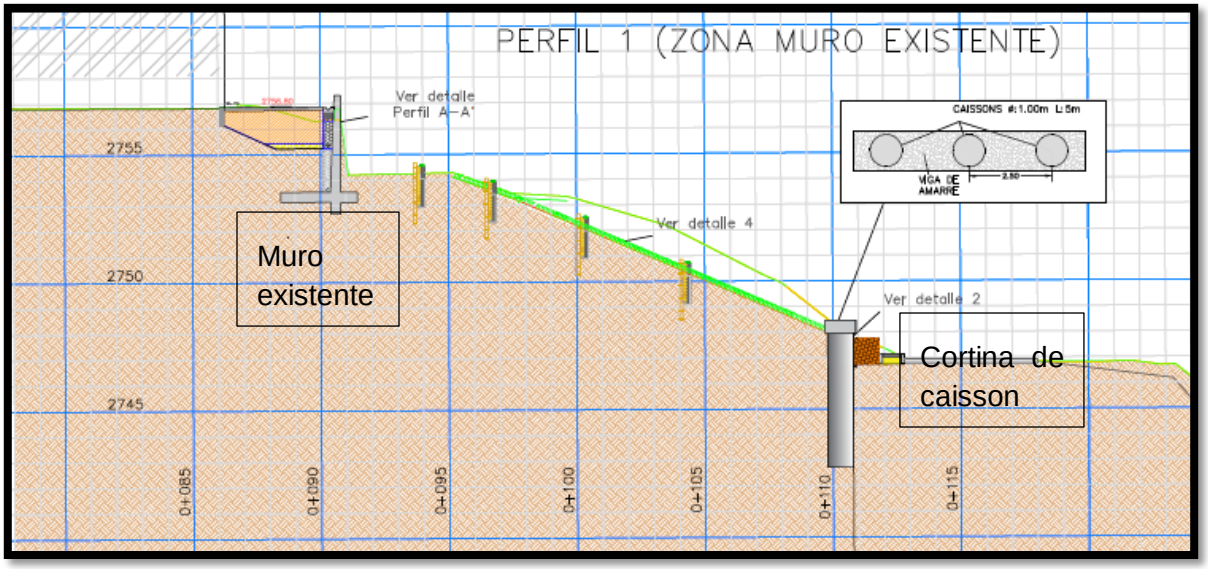


Ilustración 18-1. Obras propuestas
Fuente: Elaboración Propia

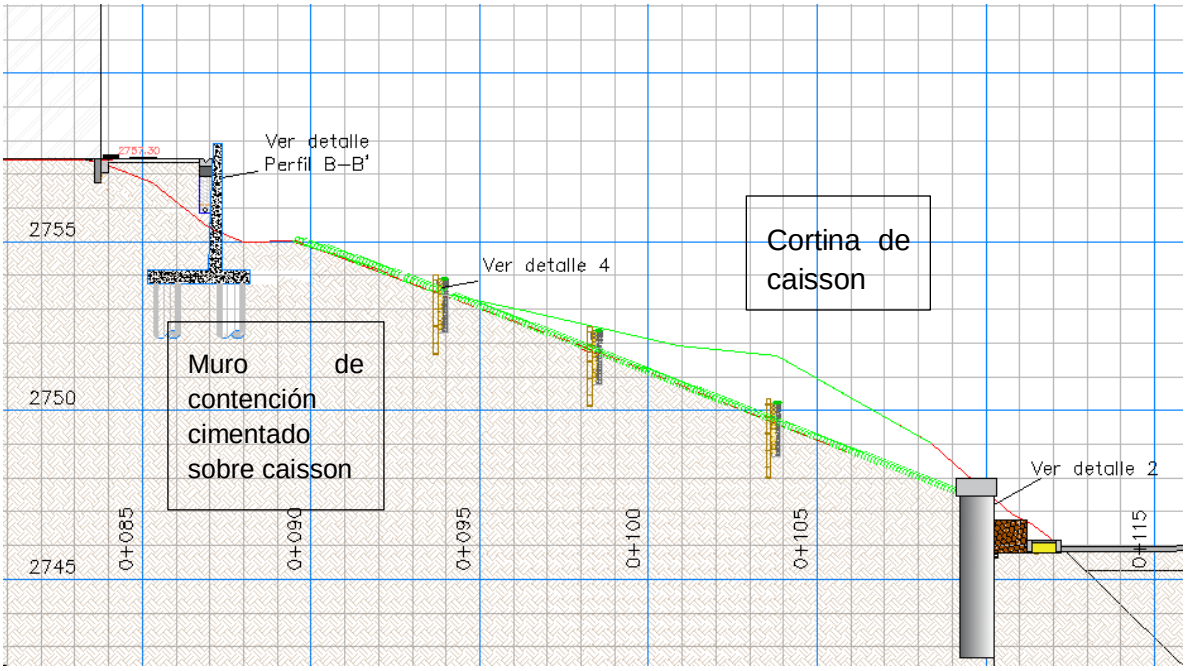


Ilustración 18-2. Obras propuestas perfil 2
Fuente: Elaboración Propia

18.4 DISEÑO GEOTÉCNICO

18.4.1 Cortina de caisson

La longitud de los caisson se determinó garantizando dos condiciones: la primera que los caisson superaran la profundidad de la superficie de falla crítica con fs < 1.3 en el lugar de implantación de la obra de contención. (Capítulo 14).

La segunda condición fue garantizar que, por debajo de los caisson, se generaran superficies de falla que cumplieran el factor de seguridad mínimo de 1.3, para el escenario futuro; para ello, se determinó la variación del factor de seguridad respecto a diferentes longitudes de caisson correspondientes a 4 m, 8 m y 12 m. Del análisis realizado se encontró que, para una longitud de empotramiento de 4 m, se logró obtener el factor de seguridad de 1.3 en el escenario futuro.

CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

Como consideraciones generales se tuvo en cuenta no sólo la geometría del sistema propuesto, el cual consiste en caisson de longitud de empotramiento de 4 m, con un desplante aproximado de 1 m donde se incluye los elementos estructurales de amarre, sino que adicionalmente debido a que no se reportó nivel freático en las perforaciones que se realizaron en la pata del talud en estudio, el análisis se realizó en condiciones secas; los coeficientes de presión de tierras activo y pasivo ka y kp respectivamente se tomaron, con base a la propuesta de Coulomb; también se evaluó la influencia de la sobrecarga que representa la vía diagonal 4ª, que se encuentra a 3 m del sistema, y la magnitud tomada en la evaluación se realizó considerando una sobrecarga de 15 kN/m^2, (NSR-10).

A continuación, se presenta un diagrama ilustrativo de las presiones actuantes en el sistema.

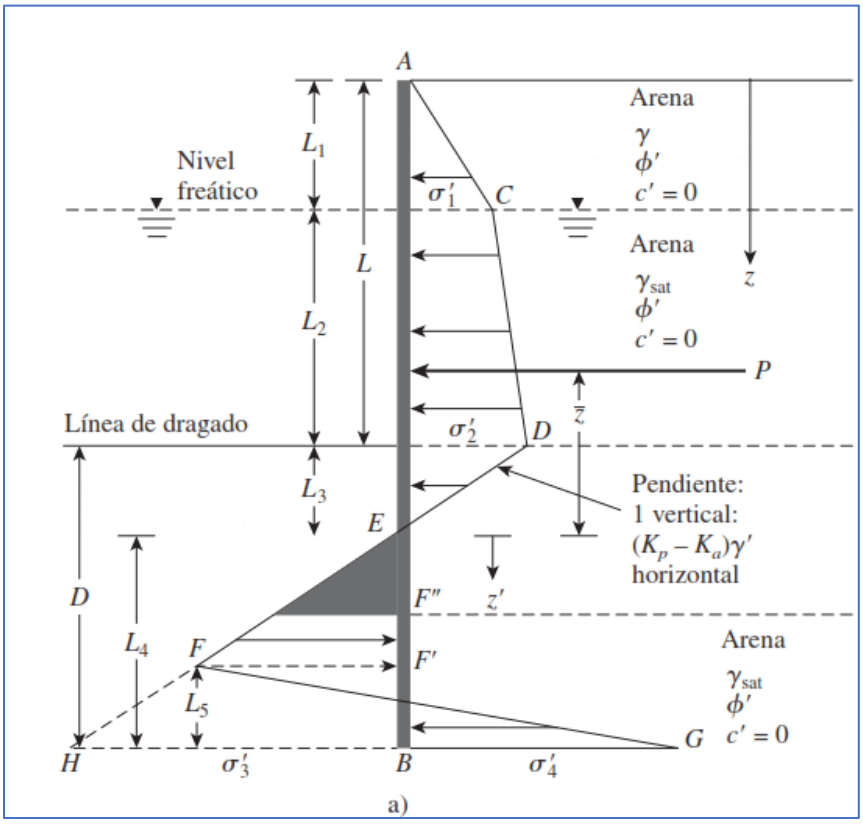


Ilustración 18-3. Esquema general.
Fuente: Fundamentos De Ingeniería Geotécnica - BRAJA M. Das

Cálculo del diagrama de presión activa y presión pasiva.

Tabla 18.1. Geometría de caisson

Longitud total de Caisson	Longitud mínima de empotramiento	Diámetro de Caisson	Separación entre ejes
5 m	4 m	1 m	2.5 m

En la Ilustración 18-4, se presenta el diagrama de presión activa y pasiva; y en la Ilustración18-5, se presenta en diagrama de presión total, teniendo en cuenta la diferencia entre la presión pasiva y presión activa.

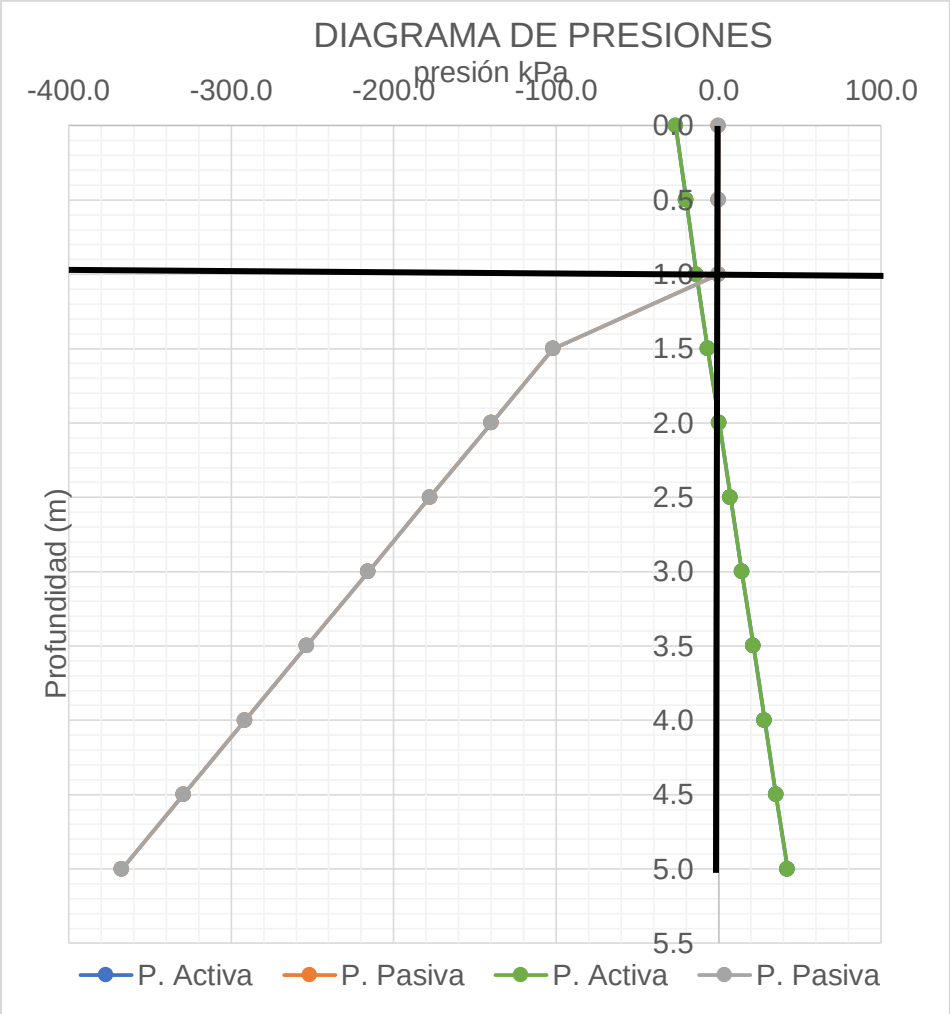


Ilustración 18-4. Esquema general.
Fuente: Elaboración Propia

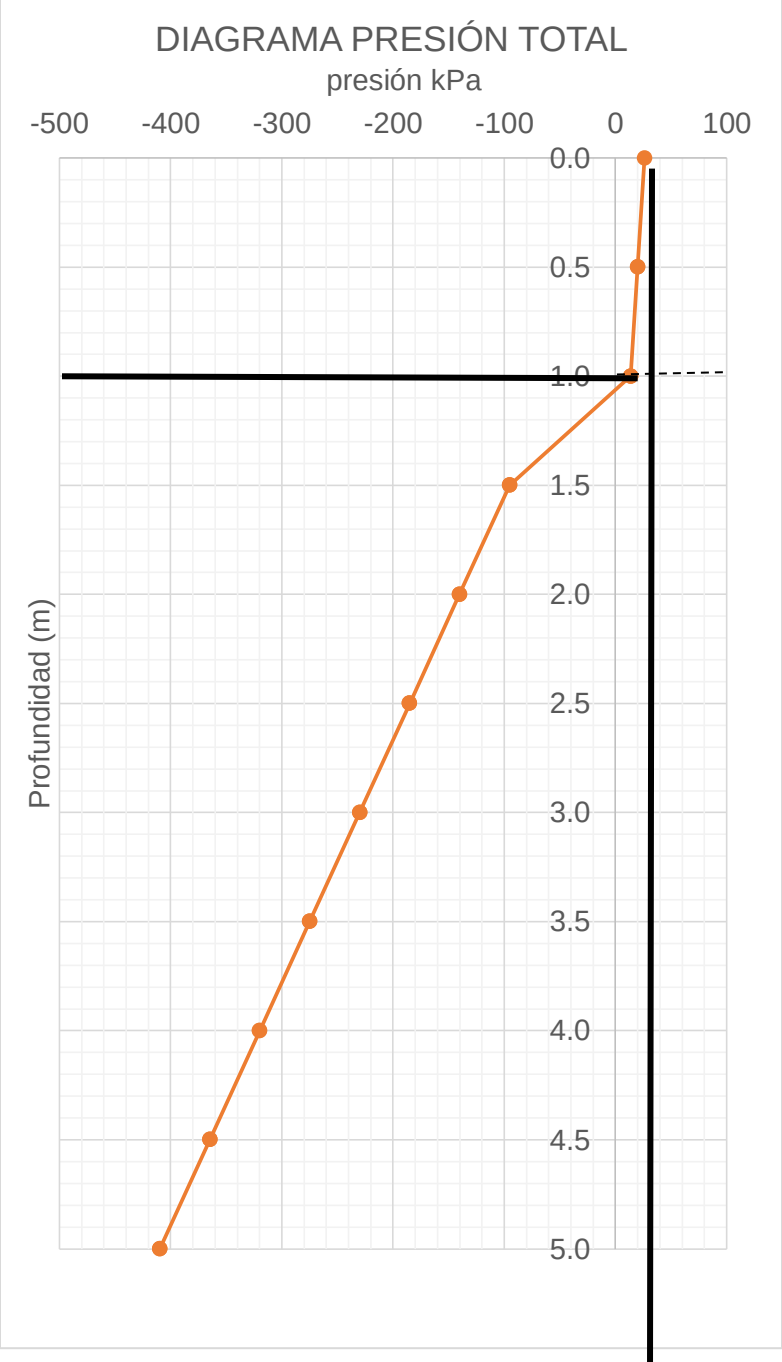


Ilustración 18-5. Diagrama de presiones
Fuente: Elaboración Propia

18.4.2 Muro de contención.

En la implantación y diseño del muro de contención, se verificó que no se presentara interferencia con la institución educativa, así mismo teniendo en cuenta la información del modelo geotécnico, con el fin de superar el material de relleno superficial que en la zona de implantación del muro alcanza hasta 3 m de profundidad, se contempla cimentar el muro sobre una cimentación profunda de tal manera que se logre sobrepasar el estrato de relleno.

Dado lo anterior y por la facilidad constructiva se recomienda cimentar sobre pilotes de diámetro de 80 cm distribuidos a tresbolillo, la hilera de pilotes hacia el costado del Colegio tendrá una profundidad de 8.3 m y la hilera hacia el talud una profundidad de 6.0 m. Para el proceso constructivo del muro se diseña un entibado, el cual se presenta en el Anexo 14 Diseño Estructural de Obras.

A continuación, se muestra el esquema del muro de contención y la cimentación profunda.

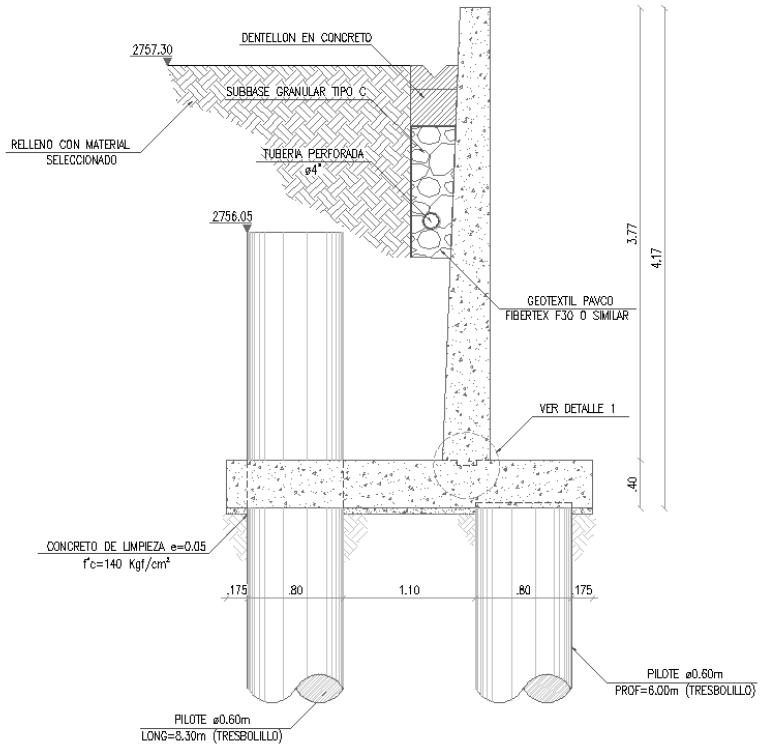


Ilustración 18-6. Muro de contención cimentado sobre caisson
Fuente: Elaboración Propia

El diseño del muro de contención se presenta más adelante en el capítulo de estructuras.

18.4.3 Evaluación de capacidad portante de pilote de D= 80 cm

La capacidad portante se evalúa utilizando la metodología de O'Neill and Reese 1999 para el cálculo de resistencia por fricción y para la resistencia por punta se seguirá la metodología propuesta por Janbu (1976), los cuales ofrecen buenos resultados para ese tipo de cimientos. Las expresiones utilizadas para el cálculo de la capacidad de carga en pilotes, se presentan a continuación:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

En suelos finos, la resistencia por punta (Q_p) del pilote se determina principalmente por la resistencia al corte no drenado (Su), por lo tanto, la expresión anterior se reduce a:

$$Q_p = Nc * Su * Ab$$

Dónde:

q_p : Resistencia unitaria de punta

A_p : Área de la base $((\pi/4).D_b^2$

N_c^* : Factor de capacidad de carga

Su Resistencia al corte no drenada

Por otro lado, para estimar la resistencia por fricción en suelos finos se siguió el método de α, el cual se basa en un análisis de corto tiempo donde se considera el punto crítico para evaluar la capacidad portante de la estructura, este consiste en determinar el coeficiente α que se relaciona con la adhesión entre el suelo-estructura y se expresa matemáticamente así:

$$Q_s = \alpha * su * Al$$

Donde,

Q_s : Resistencia unitaria por fricción

A_l : Área en contacto con el suelo π L D_b

α^* : Factor de adhesión 0.55 – 0.1 *(cu/pa -1.5)

Su Resistencia al corte no drenada

Para la determinación de la capacidad portante admisible del suelo se empleó un factor de seguridad de 3.0 para punta y 1.8 para fricción, factores indirectos estipulados en la NSR10.

18.4.4 Evaluación de asentamientos

El asentamiento total se calcula como la suma de asentamientos elásticos y asentamientos por consolidación.

15.13.1.1 Asentamientos Elásticos

Para evaluar los asentamientos inmediatos en los materiales encontrados bajo el nivel de cimentación, se empleó la metodología propuesta por el Budhú (2001), la cual comprende los siguientes componentes:

Deformación del fuste (Se_1):

$$Se1 = \frac{Qsadm}{E_s * L} * I$$

Donde:

$Qsadm$	:	Carga de diseño transferida al componente friccional.
I	:	Factor de influencia.
L_p	:	Longitud del caisson
E_s	:	Módulo de Elasticidad del suelo

Deformación por carga en la punta (Se2):

$$Se2 = \frac{Qp\ adm * D}{E_s * Ap} * (1 - \nu^2) * I$$

Donde:

Q_{wp}	:	Carga tomada en la punta del pilote bajo condición de carga de trabajo.
A_p	:	Área de la base
Es	:	Módulo de Elasticidad del material del caisson (Concreto).
D	:	Ancho o diámetro del caisson
E_s	:	Módulo de elasticidad del suelo en o debajo de la punta del pilote.
ν	:	Relación de Poisson del suelo
I_{wp},	:	Factores de influencia.

Deformación del caisson (Se3):

$$Se3 = c * \frac{Qadm * l}{Ep * Ap}$$

Con base en lo anterior, el asentamiento total inmediato del pilote se calcula como la suma de los tres componentes relacionados anteriormente.

A continuación, se presenta el ábaco de capacidad portante, asentamientos elásticos, módulo de reacción horizontal y vertical para pilotes de 80 cm de diámetro.

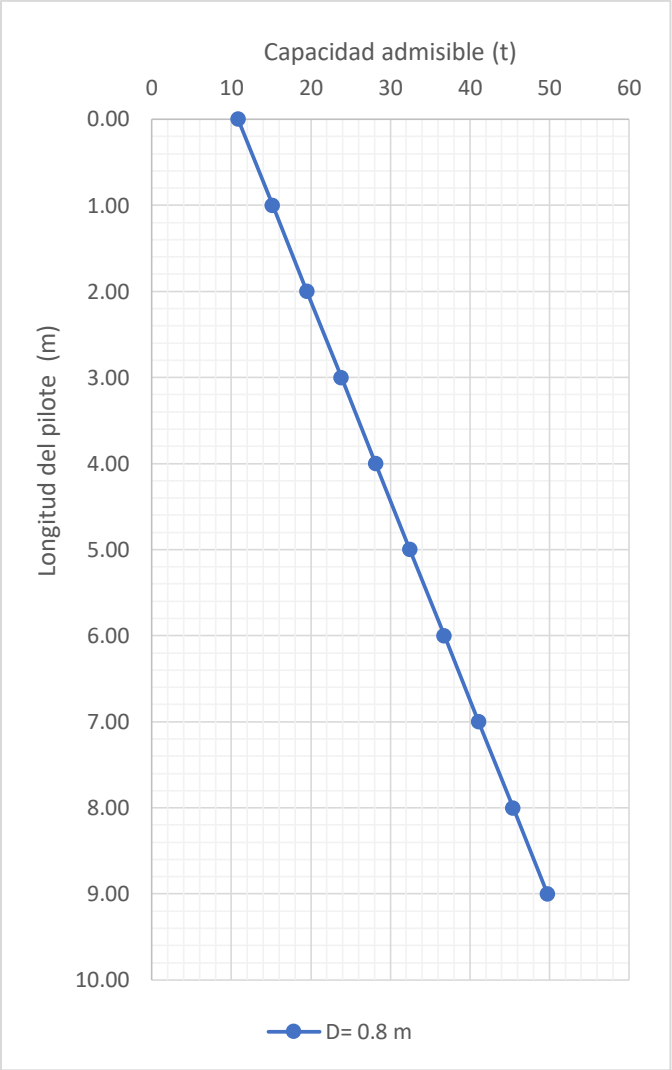


Ilustración 18-7. (Q admisible)
Fuente: Elaboración Propia

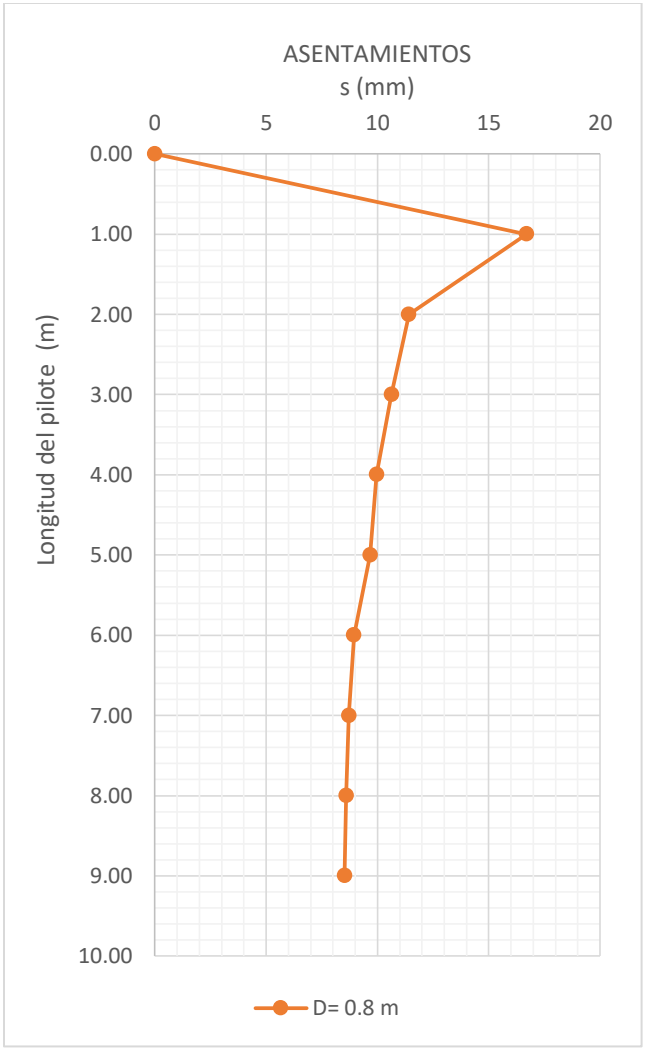


Ilustración 18-8. Asentamientos
Fuente: Elaboración Propia

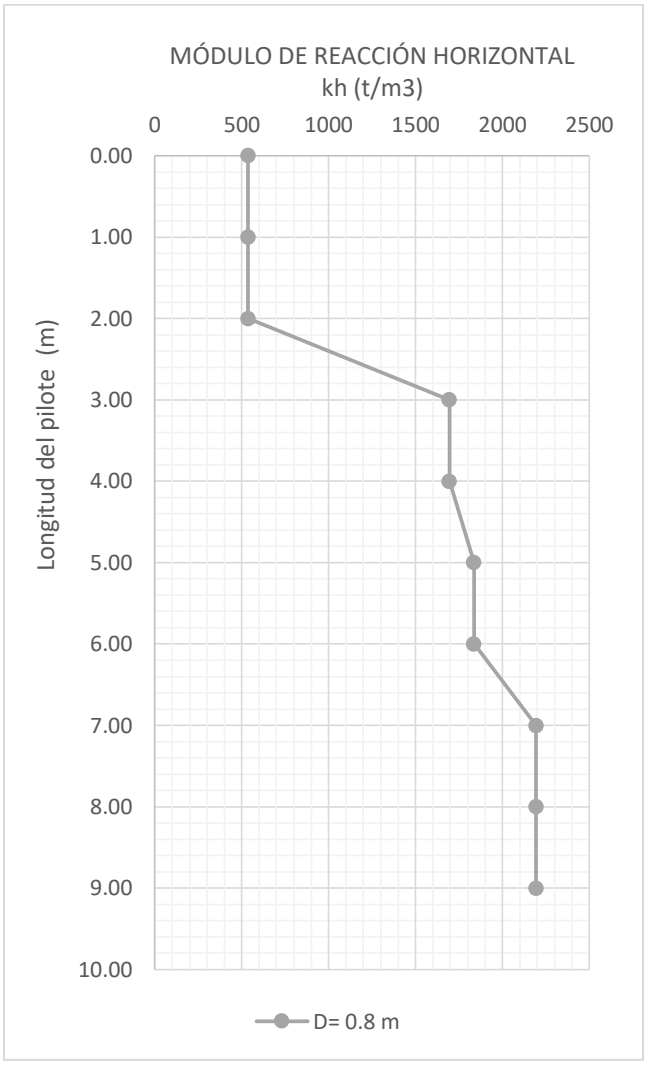


Ilustración 18-9. Módulo de reacción horizontal
Fuente: Elaboración Propia

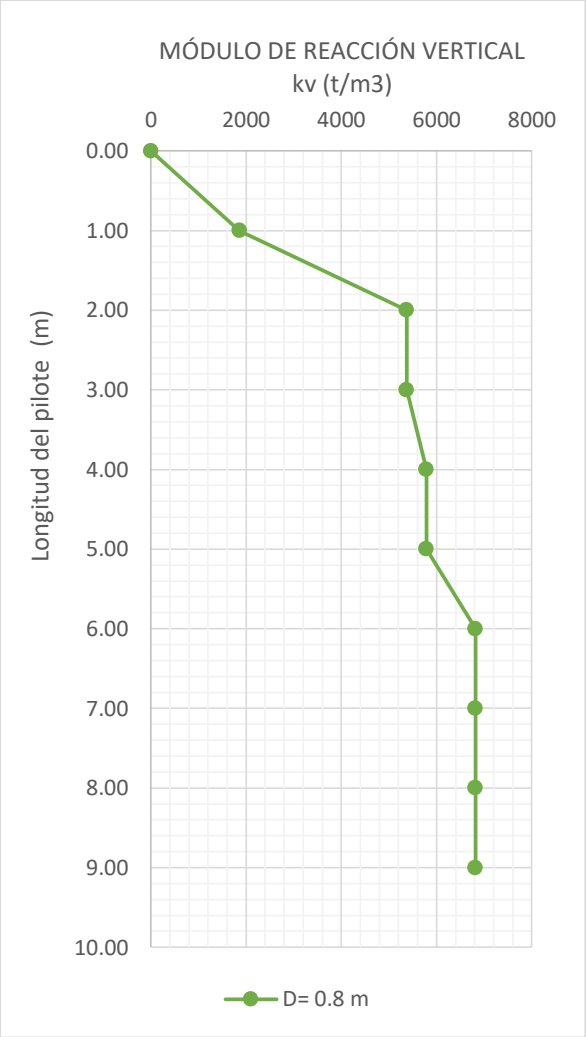


Ilustración 18-10. Módulo de reacción vertical
Fuente: Elaboración Propia

18.4.5 Excavaciones

Excavaciones para cajas de inspección

Los empujes laterales que actúan sobre los muros de las cajas de inspección, que se presentan en el diseño hidráulico, se determinan con base a la propuesta de Coulomb. A continuación, se presenta los valores recomendados de presión de tierra.

Tabla 18.2. Coeficiente de Presión de Tierras.

COEFICIENTES DE EMPUJES DE TIERRAS		
SÍMBOLO	**DESCRIPCIÓN**	**Relleno arcilloso**
ϕ	Angulo de fricción del material de corte*	28.00
α	Angulo de inclinación de la superficie	24.00
β	Angulo de inclinación del muro	90.00
δ	Angulo de ficción entre el relleno y el muro	15
Kh	Coeficiente de aceleración horizontal (g)	0.18
Kv	Coeficiente de aceleración vertical (g)	0.00
θ'	$\tan^{-1}(Kh/(1-Kv))$	**9.98**
Ka	**Coeficiente de presión activa**	**0.549**

Fuente: Elaboración Propia

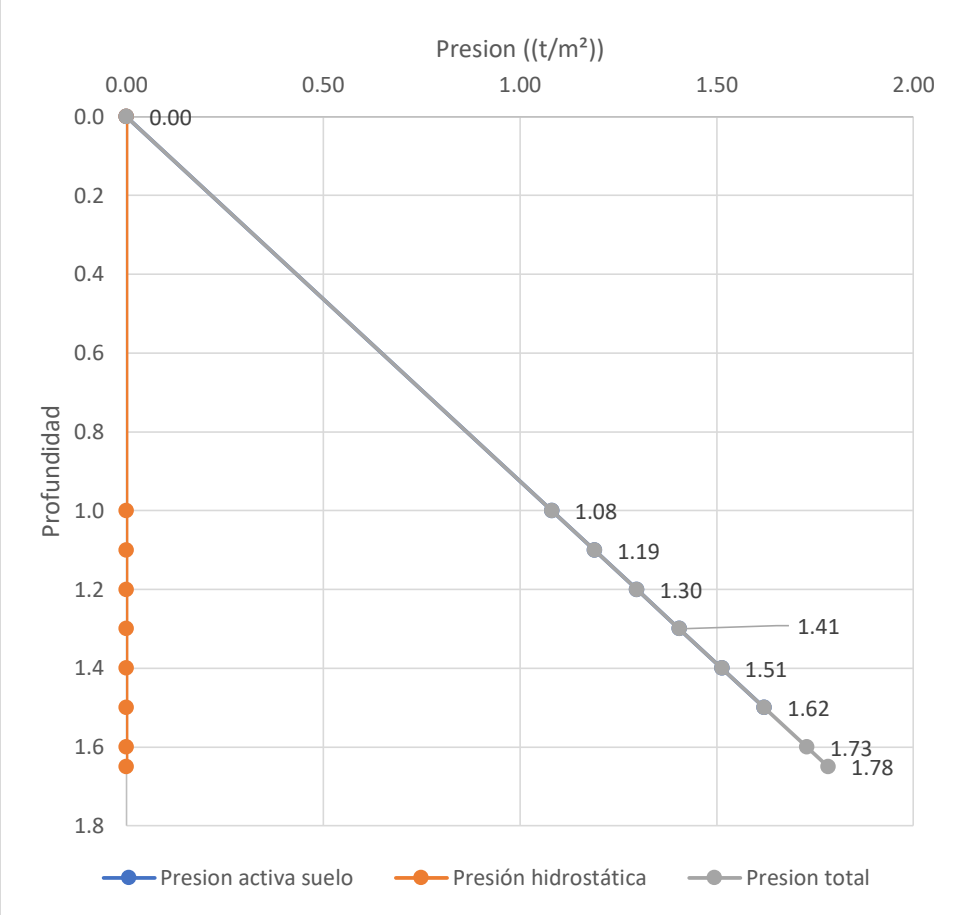


Ilustración 18-11. Diagrama de presión lateral
Fuente: Elaboración Propia

18.4.6 Análisis de cortes temporales

Altura Crítica

Partiendo de un análisis de equilibro limite y asumiendo un modelo de esfuerzos totales en suelos cohesivos se calculó la altura critica de excavación vertical con un factor de seguridad de 2.5, teniendo en cuenta la sobre carga del suelo colindante a la excavación.

$$Hc = 4 * \frac{Cu}{\gamma * F.S} = 4 * \frac{2.65}{1.8 * 2.5} = 2.35\ m$$

Nota: La altura crítica se calculó teniendo en cuenta los valores promedios de Cu γ, para lo cual se obtuvo una altura de 2.35 m en condición no drenada, por esta razón se limita a este valor las excavaciones verticales en las arcillas.

Por tanto, la profundidad de excavación de las cajas de inspección caja 1 y caja 2 cuyas profundidades son de 1.65 m y 1.5 m respectivamente, no superan la altura crítica.

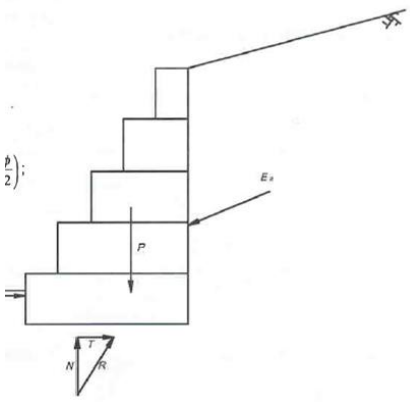
18.4.7 Gaviones

Análisis de capacidad Portante

La capacidad de soporte del muro de contención de contención se calculó para el valor del ancho de cimentación, de acuerdo a la tipología de las estructuras y profundidad de cimentación propuestas en los diseños. Las propiedades índices y parámetros de resistencia utilizados en la verificación de capacidad de soporte se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 18.3. Tipología de muros de gavión

Parámetro	
γ (kP/m^3)	20
Φ (°)	24
C (kPa)	22
d (m)	0.4



$$\sigma_{lim} = cN_c d_c + qN_q d_q i_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Donde

$$q = \gamma d, \qquad i_q = 1 - \frac{T}{2N}, \quad i_q = 1 - \frac{T}{2N}, \quad i_\gamma = {i_\gamma}^2, \qquad d_c = d_q = 1 + 0.35\frac{d}{B}$$

$$d_\gamma = 1, \qquad N_q = e^{\pi \tan \emptyset} tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\emptyset}{2}\right), \qquad N_\gamma = 1.8\left(N_q - 1\right)\tan \emptyset$$

Reemplazando en las ecuaciones anteriores.

Tabla 18.4. Capacidad portante Muro Gavión.

Capacidad Portante		
q=	8.00	**kPa**
T=	1.71	**kN/m**
N=	21.77	**kN/m**
iq=	0.96	
Iγ=	0.92	
dc=dq=	1.09	
dγ=	1.00	
Nq=	9.63	
Nγ=	6.93	
B=	1.50	**m**
β=	0.36	º
δ=	0.58	º
ω=	0.00	º
Ea=Ps=	14.95	**kN/m**
Ep= Pp=	5.43	**kN/m**
P=	31.50	**kN**
σ_{lim} =	176.9	**kN/m^2**
	3694.1	**psf**
FS=	5.8	

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MURO EN GAVIÓN

Se realizó la verificación de la estabilidad al volcamiento con un factor de seguridad de 2.0, la estabilidad al deslizamiento con un factor de seguridad de 1.5. Se utilizó para este fin herramientas informáticas de licencia libre ("hojas de cálculo" como "*Terra Aqua Gabions Gravity Retaining Wall Calculations*") que permiten realizar los análisis y chequeos mencionados. En el Anexo 13 (Memoria de cálculo muro de gavión), se incluye el resumen de los análisis de estabilidad y capacidad portante de las estructuras de contención propuestas.

Tabla 18.5. Resumen factor de seguridad volteo, deslizamiento y capacidad portante

	VOLTEO		DESLIZAMIENTO		CAPACIDAD PORTANTE	
F.S	4.81	> 2	2.52	> 1.5	5.65	> 3

Fuente: Elaboración Propia

Basado en el análisis realizado se recomienda de estabilidad global se recomienda que el material de relleno confinado no supere los 20 grados de inclinación. En el Anexo 13 se presentan las memorias de caculo con los análisis de estabilidad y capacidad portante completos del muro de gavión propuesto.

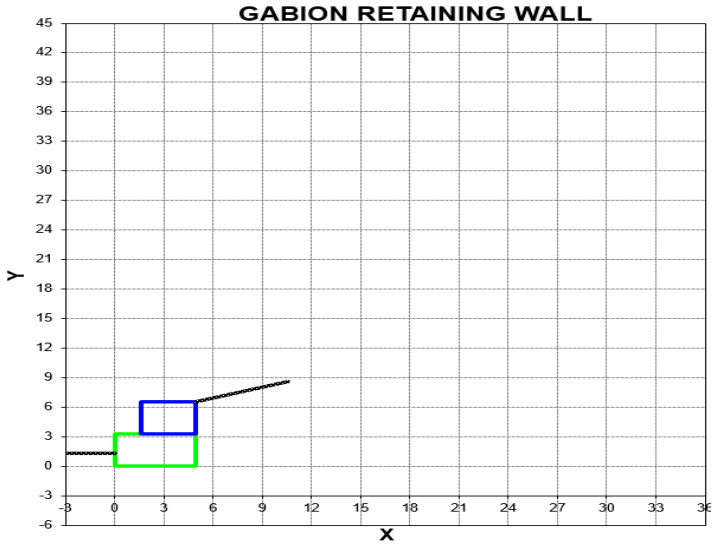


Ilustración 18-12. Esquema de muro de Gavión en hoja de cálculo.
Fuente: Elaboración Propia

18.4.8 Barrera de retención GBE- 11000A

Como medida de reducción del riesgo de las viviendas localizadas al oeste del polígono de estudio, las cuales por su cercanía al macizo rocoso en donde afloran bloques de arenisca de la formación cacho, y para las cuales se estableció en condición de riesgo alto, en la condición actual (sin obras) para los escenarios normal y extremo (Capítulo 13); se propone un método de retención de los bloques inestables mediante la instalación de una barrera GBE -1000 A; complementados con concreto lanzado sobre el área del macizo rocoso que aflora. La propuesta consiste en un grupo de elementos como anclajes laterales, anclajes de ladera, postes, malla longitudinal entre otros, que conforman un sistema de barrera longitudinal el cual fue analizado para soportar el impacto de la roca ante un posible desprendimiento. El análisis se realizó mediante el software Rockfall 6.0, y estuvo a cargo de la firma Geobrugg. En el Anexo 13 se presenta los soportes respectivos.

La longitud a intervenir son 35 m, se implanta en la parte inferior del talud y el esquema típico se presenta en la Ilustración 18-13.

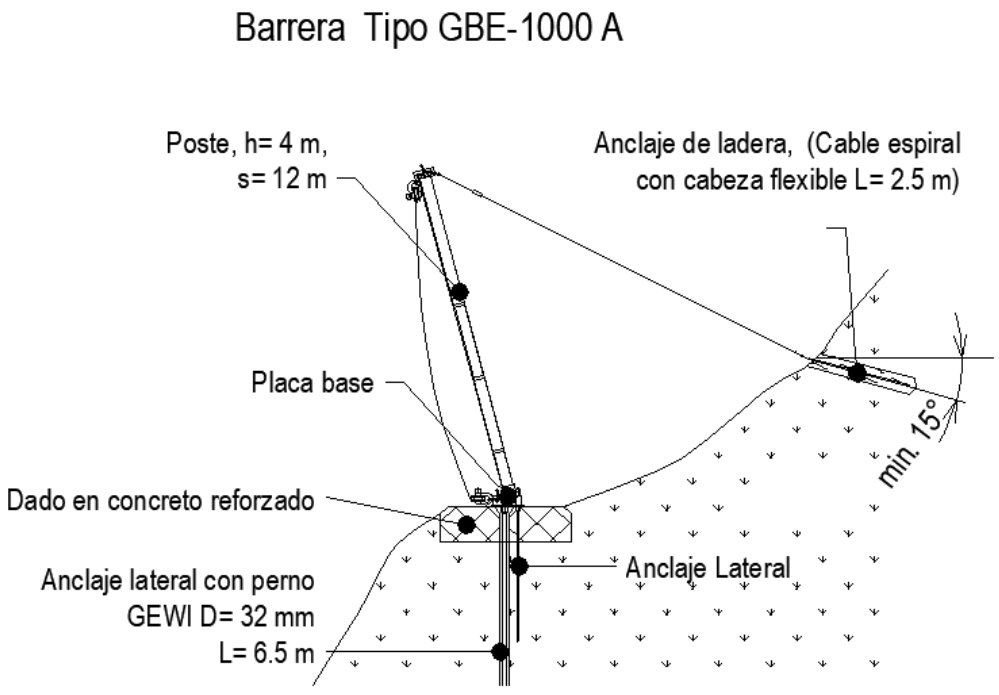


Ilustración 18-13. Detalles barrera de retención (fuente suministrada por GEOBRUGG)
Fuente: Elaboración Propia

18.4.9 Consideraciones generales para el diseño de andén

El diseño de la estructura de andén se realizó teniendo en cuenta las consideraciones respecto a dimensiones mínimas y especificaciones de materiales de las estructuras básicas de andén los cuales son propuestos en la cartilla de andenes de Bogotá D.C, para ello se utilizó el criterio de diseño 1, referente a espacio público peatonal, donde se define una estructura rígida compuesta por losas en concreto hidráulico, una subbase granular, y un geotextil de separación entre la subbase y a subrasante; ésta estructura es denominada “Estructura típica E3”.

PARÁMETROS DE DISEÑO ESTRUCTURA TÍPICA DE ANDEN E3.

Dentro de las consideraciones generales del diseño, se establece como subrasante, el relleno arcilloso de propiedades descritas en el capítulo de Investigación del subsuelo.

La Tabla 18-6, resume los parámetros de diseño que fueron tomados para establecer la estructura típica que se propone en la cartilla de andenes de Bogotá para este tipo de andenes.

Tabla 18.6. Parámetros de diseño estructura típica de andén E3

Criterio de Diseño	Valor adoptado
Periodo de diseño	10 Años
Carga Vehicular	
Tipo de Camión	C 2G
Eje	Simple de 8,2 toneladas
Factor daño (INVIAS)	3,44
Tránsito promedio diario - TPD	2
Número de ejes equivalentes - NESE	25000
Calidad de subbase granular	
Tipología IDU-ET-2011 o vigente	SBG-C
CBR	30%

Criterio de Diseño	Valor adoptado
Módulo	1,050 kg/cm2
Coeficiente estructural SN	0,11
coeficiente de drenaje	0,09
CBR Subrasante	3%
Parámetros AASHTO	
Confiabilidad	50%
Error estándar de predicción	0,45
Servicialidad inicial	4%
Servicialidad Final	1,5

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano

ESPESOR LOSA DE CONCRETO

Las losas de concreto hidráulico para tránsito exclusivamente peatonal tendrán un espesor mínimo de 8 cm, sin importar si son expuestas en superficie o si posteriormente son enchapadas; se recomienda dejar la pendiente transversal de 2 %; alternamente se implementa un sistema de drenaje longitudinal, el cual consiste en una cañuela prefabricada A- 120, la cual se describirá más adelante.

ESPESOR DE MATERIAL GRANULAR:

Con base a las consideraciones y espesores propuestos en la cartilla de andenes, el material de subbase granular a implementar es SBG-C y se dejará un espesor mínimo de 35 cm.

La estructura típica de andén para espacio público peatonal, se muestra en la Ilustración 18-14.

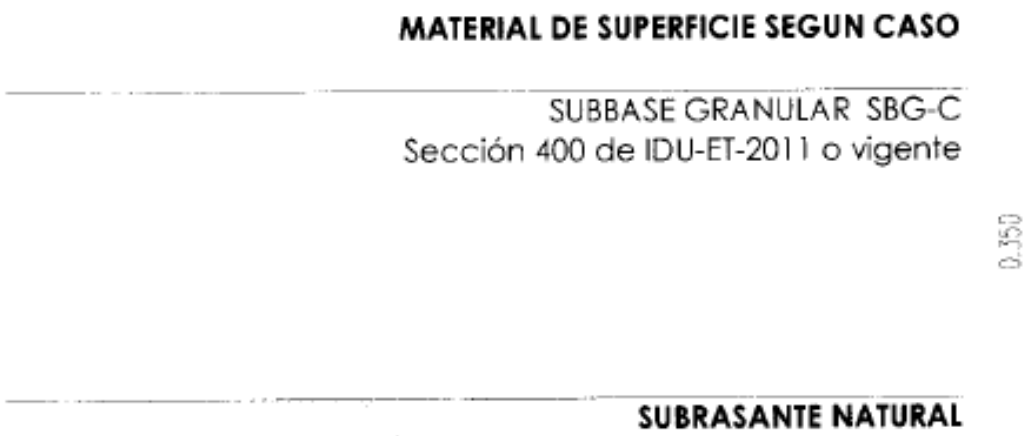


Ilustración 18-14.Estructura típica andén
Fuente: Cartilla de Andenes de Bogotá.

GEOTEXTIL DE SEPARACIÓN

Para separar la subrasante de la estructura de andén, se instalará un geotextil tejido Fortex BX30 o similar, el cual cumplirá la función de evitar la contaminación las capas granulares de apoyo de la estructura de andén con material fino proveniente de la subrasante.

El geotextil debe cumplir con las especificaciones mínimas del IDRD (CAP4) 5.1 (FORTEX BX30, T-2100 Pavco o similar)

ALTURA DE ANDÉN RESPECTO A LA VÍA

La altura del andén se estima según el tipo de vía, tal como se muestra a continuación.

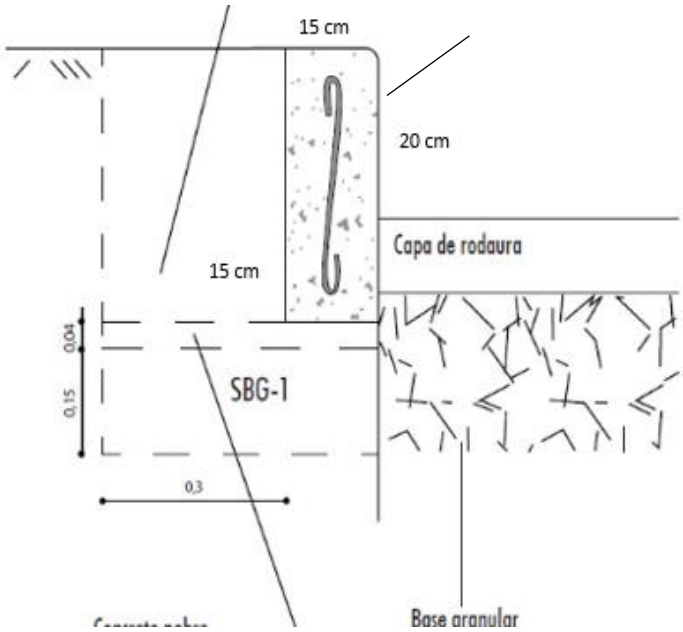
Tabla 18.7. Altura de andén

TIPO DE VIA	ALTURA ANDEN (mm)
Vías de servicios, Barrios residenciales, calles sin rutas de transporte público ni presencia de camiones. POCOS PEATONES	150
Vias arterias y Avenidas. Centros de ciudad, Calles con rutas de transporte público, circulación de velocidad alta. MUCHOS PEATONES	200
Terminales de Transporte y patios de carga en industrias y comercio, con poco volumen de tráfico	250
Terminales de Transporte y patios de carga en puertos, industrias y comercio, con gran volumen de tráfico	300

BORDILLO PREFABRICADO

Se instalarán bordillos laterales prefabricados A81 Tipo B, de dimensiones (800 mm x 150 mm x 350 mm), que cumplan con la norma IDRD 4.1.1, con cota propuestas en planos de diseño y siguiendo los lineamientos de IDRD respecto a proceso constructivo y resistencia (21 MPa).

Ilustración 18-15. Bordillo A81 Tipo B



18.4.10 Estructura de Andén de vía diagonal 4A.

Con base a la información anterior, se establece las siguientes dimensiones de la estructura de andén localizado al lado de la vía diagonal 4A.

Tabla 18.8. Estructura de andén

Capa	Espesor
Losa en concreto modulada 1 m x 1 m	10 cm
Material de subbase granular SBG-C	35 cm
Geotextil de separación	FORTEX BX30

18.4.11 Estructura de Andén Institución Educativa los Pinos.

Para el andén localizado entre el paramento de la institución educativa los Pinos y el muro de contención (Ver Plano detalles), se establece una losa en concreto hidráulico de 10 cm de espesor con una pendiente del 2%.

Respecto al material de subbase granular tendrá un espesor 130 cm, ésta dimensión se determinó teniendo en cuenta que entre el andén actual y el colegio se presentan grietas de profundidades superiores a 70 cm, con aberturas aproximadas de 15 cm, y por ésta razón, se proponen obras de recuperación como un submuro en ciclópeo, y obras de drenaje como la implementación y/o recuperación de una estructura de filtro en el trasdós del muro de contención, éste tipo de obras implica que aumente la profundidad en la excavación y por tanto, requiere que el relleno se realice con material seleccionado.

A continuación, se presenta la estructura de andén propuesta.

Tabla 18.9. Estructura de andén Institución Educativa los Pinos

Capa	Espesor
Losa en concreto	10 cm
SBG –C. (Definido por dimensiones de planos)	130 cm
Material Filtrante	20 cm
Geotextil de separación	FORTEX BX30

18.5 RECOMENDACIONES PARA EXCAVACIONES

18.5.1 Excavación para caisson

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones durante el proceso constructivo de los caissons:

- Se deberá llevar un registro continuo de la perforación de cada caisson donde se consignes la profundidad y la calidad del terreno.

- La cota de fondo del caisson consignada en los planos estructurales se podrá ajustar durante la construcción si se determina que el material de fundación no es el correspondiente al suelo residual.

18.5.2 Excavación para muro de contención

Se recomienda realizar una excavación en etapas para el muro de contención:

1. Se realiza la excavación y posteriormente se funden los pilotes de 8.3 m y 6.0 m (Ver Etapa #1 en plano de proceso constructivo muro de contención).

2. Se realiza la excavación entre el pilote de 8.3 m de profundidad y el colegio los pinos, posteriormente se instala el entibado, el cual consta de láminas de contención hacia el costado del colegio con apuntalamientos a 45° cada 3.0 m. (Ver Etapa #2 en plano de proceso constructivo muro de contención).

3. Se instala entibada en láminas de contención a lo largo de los pilotes de 8.3 m de profundidad y posteriormente se realiza la excavación entre los pilotes de 8.3 m y 6.0 m para alcanzar la cota de implantación del muro de contención. (Ver Etapa #3 en plano de proceso constructivo muro de contención).

4. Construcción de la zarpa del muro de contención. (Ver Etapa #4 en plano de proceso constructivo muro de contención).

5. Finalmente se retira el entibado y se rellenan los volúmenes excavados para alcanzar cotas de diseño. (Ver Etapa #5 en plano de proceso constructivo muro de contención).

Como recomendaciones generales se debe iniciar la construcción cuando se tengan todos los materiales necesarios, de tal forma que se minimice el tiempo de exposición de los materiales del terreno, si la construcción se realiza en época de lluvias se debe contar con una bomba por precaución para mantener el fondo de la excavación seco.

18.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

18.6.1 Descripción de la estructura

Las obras de contención que se proponen en el sitio son:

- Muro en voladizo: Estructura en concreto reforzado de 4.17m de altura y 3.10 m de zarpa, cimentado en pilotes de 6.0 m y 8.30 de longitud y 0.80 m de diámetro, con un arreglo en tres bolillos (cada 3.0m, ver detalle estructural).

- Cortina de Caisson: sucesión de Caisson de 1.00 m de diámetro y longitud de 5.0 m, con una separación entre ejes de 2.50 m.

18.6.2 Información geotécnica utilizada

A continuación, se citan los datos del estudio de suelos empleados en la elaboración del siguiente informe:

Muro en voladizo

- Ángulo de fricción material de relleno[ø]: 30°
- Peso específico: 2.0 t/m³
- Coeficiente de aceleración horizontal (K_h): 0.18

CAPACIDAD POR FRICCIÓN				CAPACIDAD POR PUNTA						
α*	β	fs (t/m2)	Qs (t)	Nc	Nq	Qp (t)	Friccion, Punta , Ambos	Q adm (t)	Peso Pilote (t)	Q adm (t)
0.55	0.00	1.46	0.00	9.00	11.12	0.00	a	0.00	0.00	0.00
0.55	0.00	1.46	0.00	9.00	11.12	0.00	a	0.00	0.00	0.00
0.55	0.00	1.46	0.00	9.00	11.12	0.00	a	0.00	0.00	0.00
0.55	0.00	3.96	0.00	9.00	7.61	32.57	a	10.86	0.00	10.86
0.55	0.00	3.96	9.95	9.00	7.61	32.57	a	16.39	1.21	15.18
0.55	0.00	3.96	19.91	9.00	7.61	32.57	a	21.92	2.41	19.50
0.55	0.00	3.96	29.86	9.00	7.61	32.57	a	27.44	3.62	23.83
0.55	0.00	3.96	39.81	9.00	7.61	32.57	a	32.97	4.83	28.15
0.55	0.00	3.96	49.76	9.00	7.61	32.57	a	38.50	6.03	32.47
0.55	0.00	3.96	59.72	9.00	7.61	32.57	a	44.03	7.24	36.79

Tabla 18.10. Capacidad pilotes D=0.80m. (Anexo 13)
Fuente: Elaboración Propia

Cortina de pilotes

Se utiliza el diagrama de presión total (ver Ilustración 18-5):

18.6.3 Normas de diseño

En los siguientes ítems, se describen las normas que se utilizan en el diseño de la estructura; como norma principal se utiliza:

- Código colombiano de diseño sísmico de puentes (CCP-14); Asociación colombiana de ingeniería sísmica

Como normas complementarias:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2012; American association of state highway and transportation official
- LRFD guide specifications for the design of pedestrian bridges
- Code-Modele CEB-FIP pour les estructures en beton

18.6.4 Materiales

Concretos

- Concreto muro $f'_c = 280\ Kg/cm^2$
- Concreto Caisson $f'_c = 210\ Kg/cm^2$
- Concreto pilote $f'_c = 245\ Kg/cm^2$
- Concreto de limpieza $f'_c = 140\ Kg/cm^2$

El cemento debe cumplir lo especificado en las normas NTC 121, 321 y se permite el uso de cementos fabricados bajo las normas ASTM C150, 6595. Adicional a lo anterior se deben cumplir lo estipulado en la NSR-10.

- Peso unitario del concreto 2.4 ton/m³
- Módulo elasticidad concreto $E_c = 12500\sqrt{F'c}(Kg/cm^2)$
- Coeficiente de expansión térmica $\propto = 0.00001/°c$

Aceros (Estructural y pasivo)

- Acero de refuerzo (fy 4200 Kg/cm²), NTC 2289, ASTM A706
- Ángulos < 1-1/2", Acero A 36 (ASTM A36/A 36M; Especificaciones para acero estructural)

- Ángulos > 1-1/2" incluyendo, Acero A572 GR 50 (ASTM 572/A 572M; Especificaciones para aceros de alta resistencia y bajas aleaciones para calidad de acero estructural)
- Perfiles de acero tipo I, tubería estructural y láminas, Acero A588 GR 50.

18.6.5 Parámetros de análisis estructural

Evaluación de cargas

En el siguiente ítem se describe de manera cuantitativa, todas las acciones que se tienen en cuenta para el diseño de los muros (Cargas permanentes y transitorias). A continuación, se muestra una lista con las acciones consideradas y las abreviaturas que se utilizarán en el documento.

- Carga por peso propio (DC)
- Sobre carga vehicular (LS)
- Empuje horizontal (EH)
- Carga de sismo (EQ)

Carga por peso propio (DC)

Para determinar la carga de los componentes de la estructura, se utiliza un peso específico del concreto de 2.4 t/m³ y un peso específico del relleno de 2.0 t/m³. A continuación, se estima la carga a nivel de cimentación:

- **Muro en voladizo**

$$W_{vas} = 0.325m * 3.77m * 2.4t/m^3 \approx 2.94t/m$$

$$W_{zap} = 0.40m * 3.10m * 2.4t/m^3 \approx 2.98t/m$$

$$\sum DC = 5.92t/m$$

- **Cortina de pilotes**

$$W_{vas} = 1.40m * 0.50m * 2.4t/m^3 \approx 1.68t/m$$

$$\sum DC = 1.68t/m$$

Sobre carga vehicular (LS)

Para cuantificar los efectos de la carga viva vehicular en el muro, se siguen los requisitos de la sección 3.11.6.4. A continuación, se muestra las alturas equivalentes de suelo para diferentes casos:

Tabla 18.11. Alturas equivalentes de suelo para carga vehicular, sobre muros de contención paralelos al tráfico. Fuente: CCP-2014 (Tabla 3.11.6.4-2)

Altura del Muro de Contención (mm)	h_{eq} (m) Distancia desde el respaldo del muro al borde del tráfico	
	0.0 mm	300 mm o más
1500	1500	600
3000	1000	600
≥ 20000	600	600

Fuente: Elaboración Propia

Empuje horizontal (EH)

Para determinar las acciones del relleno se usa la teoría clásica de suelos (presión activa de Coulomb) así:

- Presión activa

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

$$K_a = \frac{sen^2(\beta + \emptyset)}{\varphi sen^2\beta sen(\beta - \delta)}$$

$$\varphi = \left[1 + \sqrt{\frac{sen(\emptyset + \delta)sen(\emptyset - \alpha)}{sen(\beta - \delta)sen(\alpha + \beta)}}\right]^2$$

Siendo:

$[\gamma]$ Peso específico del suelo. Según informe de suelos. $\gamma = 2.0\ t/m^3$

$[H]$ Altura del relleno.

$[K_a]$ Coeficiente de presión activa.

Para una altura de 4.17m, la fuerza por unidad de longitud es:

$$P_a = \frac{1}{2} * 2.0t/m^3 * (4.17m)^2 * 0.32 \approx 5.56t/m$$

Carga de sismo (EQ)

Coeficiente de aceleración horizontal cuando no ocurre desplazamiento (Suelo tipo D, sección 11.6.5.2.1):

- $[PGA]$ Aceleración pico del terreno: (0.25g)
- $[S_s]$ Coeficiente de periodo corto: 0.60
- $[S_1]$ Coeficiente de periodo largo: 0.30
- Perfil del suelo: D
- $[F_{PGA}]$Factor de sitio para periodo (0 S): 1.30
- $[F_A]$ Factor de sitio para periodo corto: 1.32
- $[F_V]$Factor de sitio para periodo largo: 1.80
- $[S_{D1} = F_V S_1]$ con un valor de: 0.54
- Zona de desempeño sísmico 4
- Clasificación operación: Otra

$$K_{ho} = F_{pga} PGA = 1.3 * 0.25 \approx 0.33$$

$$K_h = 0.55 K_{ho} \approx 0.18$$

Siguiendo la metodología propuesta por Coulomb, se tiene:

$$P_{ae} = \frac{1}{2}\gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae}$$

$$K_{ae} = \frac{sen^2(\emptyset + \beta - \theta)}{\varphi cos\theta sen^2\beta sen(\beta - \theta - \delta)}$$

$$\theta = Tan^{-1}\left(\frac{K_h}{1 - K_v}\right)$$

$$\varphi = \left[1 + \sqrt{\frac{sen(\emptyset + \delta)sen(\emptyset - \theta - \alpha)}{sen(\beta - \delta - \theta)sen(\alpha + \beta)}}\right]^2$$

Siendo:

$[\emptyset]$ Ángulo de fricción del suelo.

$[\delta]$ Ángulo de fricción entre suelo y estribo.

$[\beta]$ Inclinación cara posterior del vástago.

$[\alpha]$ Inclinación del talud

Para una altura de 4.17m, la fuerza por unidad de longitud es:

$$P_{ae} = \frac{1}{2} * 2.0 t/m^3 * (4.17m)^2 * 0.45 \approx 7.83 t/m$$

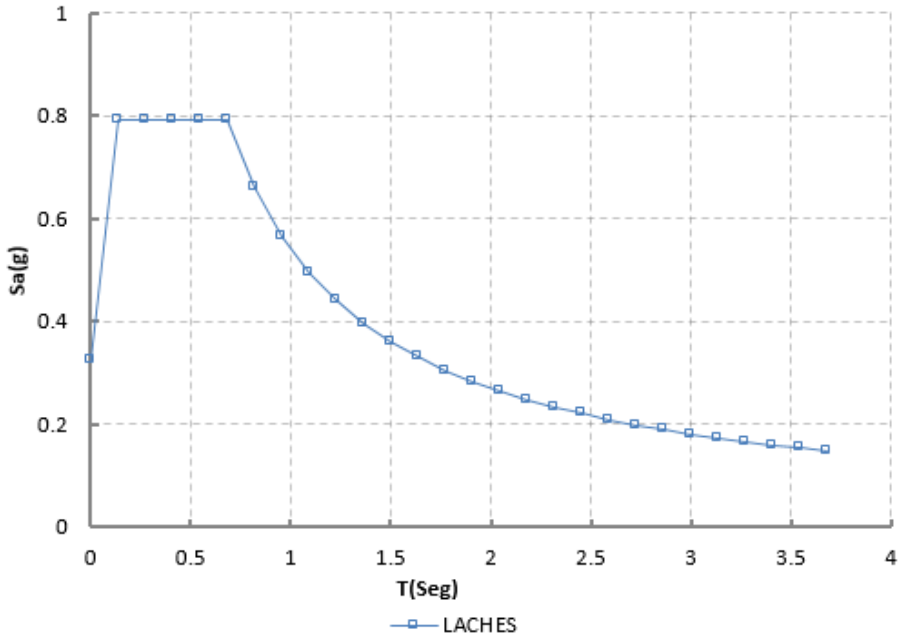


Ilustración 18-16. Espectro elástico de diseño
Fuente: Elaboración Propia

Combinaciones de carga

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Versión para revisión

Tabla 18.12. Combinaciones de diseño. Fuente: CCP-2014 (Tabla 3.4.1-1)
Fuente: Elaboración Propia

18.6.6 Muro en voladizo

Mediante el uso de una hoja de cálculo se determinan las fuerzas internas y se verifica la estabilidad (ver convención en Tabla. para el estado límite último y el estado límite evento extremo; cuando se verifica el evento extremo se utiliza la más desfavorable de las siguientes condiciones:

- Combinar el 100% del empuje activo en condiciones de sismo con el 50% de fuerza inercial del muro.
- Combinar el 50% del empuje activo en condiciones de sismo (Pero no menor a la presión activa estática) con el 100% de la fuerza inercial.

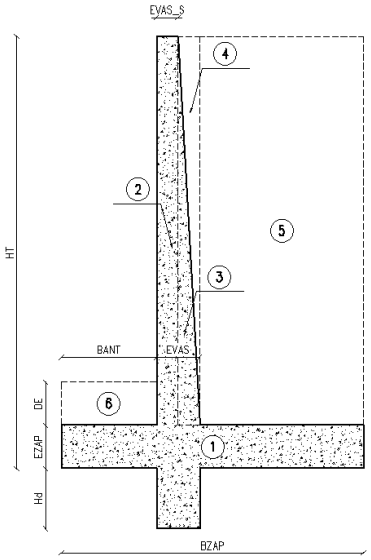


Ilustración 18-17. Convenciones utilizadas
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.13. Estática del muro en voladizo

ID MURO	H_T (m)	E_{VAS} (m)	E_{vas_s} (m)	B_{ZAP} (m)	E_{ZAP} (m)	B_{ANT} (m)	D_e (m)	H_d (m)	L_{PIL} (m)	B/H_T
1	4.17	0.40	0.25	3.05	0.40	0.85	0.80	0.00	1.90	0.73

ITEM	W (t/m)	B_X (m)	M_Z (t-m/m)	F_{H_i} (t/m)	B_Y (m)	M_i (t-m/m)
1	2.93	1.53	4.47	0.53	0.2	0.11
2	2.26	0.98	2.21	0.41	2.29	0.93
3	0.68	1.15	0.78	0.12	1.66	0.2
4	0.57	1.2	0.68	0.1	2.91	0.3
5	13.57	2.15	29.18	2.44	2.29	5.58
6	1.36	0.43	0.58	0.24	0.8	0.2
	21.37		37.89	3.85		7.31

DATOS SUELOS	
α (°)	0
δ (°)	15
ϕ_S (°)	30
γ_S (t/m³)	2.0
ϕ_{cim} (°)	28
γ_{CIM} (t/m³)	1.8
C_{CIM} (t/m²)	1.64
H_s (m)	0
K_h	0.18
K_a	0.32
K_{ae}	0.45
K_{p_CIM}	2.67

Fuente: Elaboración Propia

15.13.1.2 Diseño en concreto

A continuación, se resumen los momentos flectores en la base del vástago; se emplea un recubrimiento de 0.06 m en el cálculo de la armadura.

Tabla 18.14. Fuerzas internas de diseño.

CORTANTE			MOMENTO		
V_{vas} (t/m)	V_{ant} (t/m)	V_{pos} (t/m)	M_{vas} (t-m/m)	M_{ant} (t-m/m)	M_{pos} (t-m/m)
6.74	8.71	5.04	8.47	3.27	6.8
8.05	8.46	6.37	12.85	3.25	9.77

Fuente: Elaboración Propia

- **Verificación cortante**

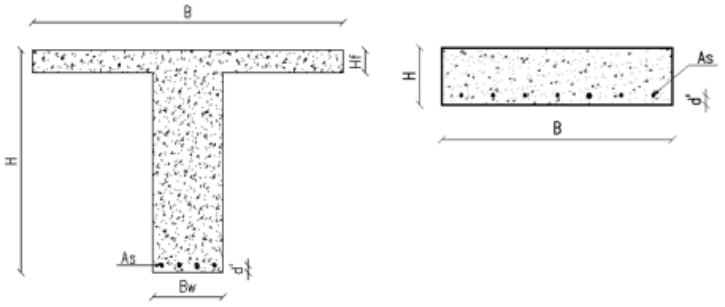
Para placas con un espesor de 0.40 m, la capacidad del concreto es:

$$\emptyset V_c = 0.9\left[0.53 * \sqrt{f'_c} b_v d_v\right]$$

$$\emptyset V_c = 0.90 * \left[0.53 * \sqrt{280\, kg/cm^2} * 100cm * (0.95 * 34cm)\right] \approx 25.77\, ton/m$$

- **Diseño flexión**

CONCRETO	
F'_c (Kg/cm²)	280
E (Kg/cm²)	209165.01
ACERO	
F_y (Kg/cm²)	4200
E (Kg/cm²)	2040000



Tipo	B (cm)	B_w (cm)	H_F (cm)	H (cm)	d' (cm)	M_U (Ton-m)	A_S (cm²)	Descrip
REC	100	0	0	40	6	12.85	10.27	

Para la cual se utilizan barras ϕ5/8" cada 0.20m en la cara contra terreno y varillas ϕ1/2" cada 0.20m en la cara exterior. Como refuerzo de retracción y temperatura se disponen barras ϕ1/2" cada 0.25 m.

Revisión pilotes

Teniendo en cuenta la separación transversal de los pilotes, la reacción estimada en los pilotes es:

Tabla 18.15. Reacción pilotes, estado límite de resistencia (RI) y evento extremo (EXI)

PILOTES	
R_A (t/m)	R_B (t/m)
16.31	11.95
15.76	5.61

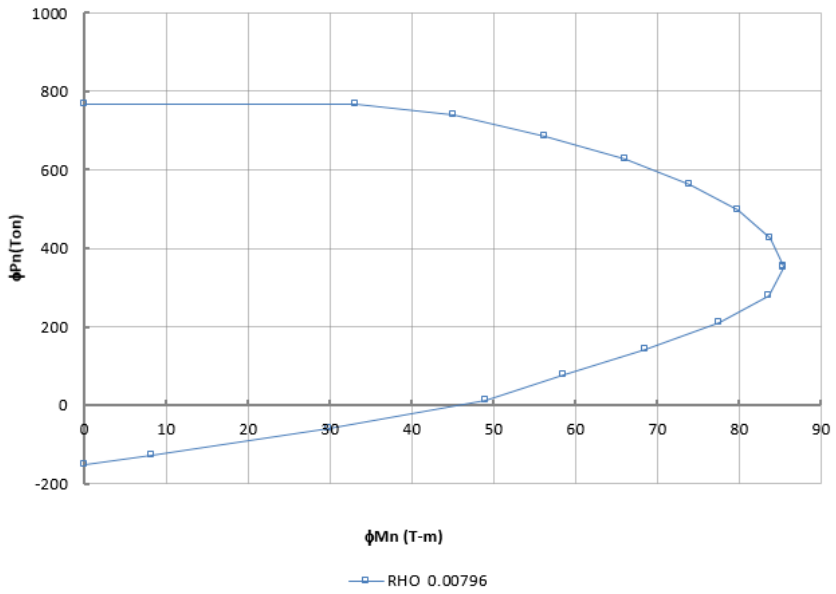
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la Tabla 18-15, la capacidad admisible de los pilotes de 6 m por metro es:

$$\sigma_{adm} = \frac{32.47t}{3.0m} \approx 10.82t/m$$

La reacción en el estado límite de servicio es:

$$R_{SI} = \frac{16.31t/m}{1.5} \approx 10.87t/m$$



ϕ (cm)	80
d' (cm)	8.5
F_Y (Kg/cm²)	4200
F'_c (Kg/cm²)	245
T_CONG	ESPIRAL
N_FI	SI
COD	*AASHTO*

Ilustración 18-18.Curva interacción pilote D= 0.80m
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la Ilustración 1-18, se utilizan 20 barras ϕ5/8”

18.6.7 Cortina de caisson

A continuación, se muestra los diagramas de fuerzas internas (Estado límite de servicio) suministrados por el área de suelos.

Tabla 18.16. Fuerzas internas Caisson D=1.0m

Z (m)	P (kn/m²)	Vx (kn/m)	M(kn-m/m)
0	26.33	0.00	0.00
0.5	20.02	11.59	2.90
1	13.70	20.02	10.80
1.5	-95.10	-0.33	15.72
2	-140.03	-59.12	0.86
2.5	-184.97	-140.37	-49.01
3	-229.90	-244.08	-145.12
3.5	-274.84	-370.27	-298.71
4	-319.77	-518.92	-521.01
4.5	-364.71	-690.04	-823.25
5	-409.64	-883.63	-1216.67

Fuente: Elaboración Propia

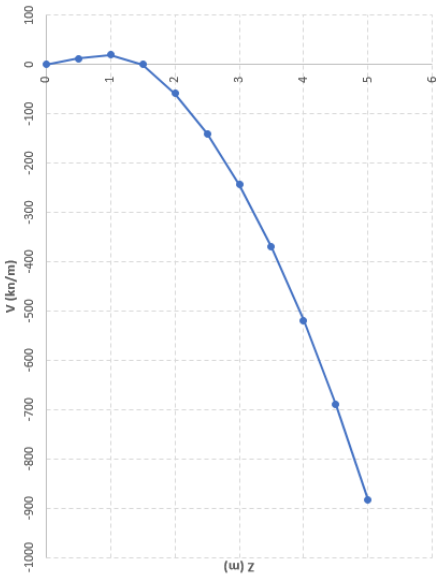


Ilustración 18-19. Diagrama de fuerza cortante Caisson (kN/m)
Fuente: Elaboración Propia

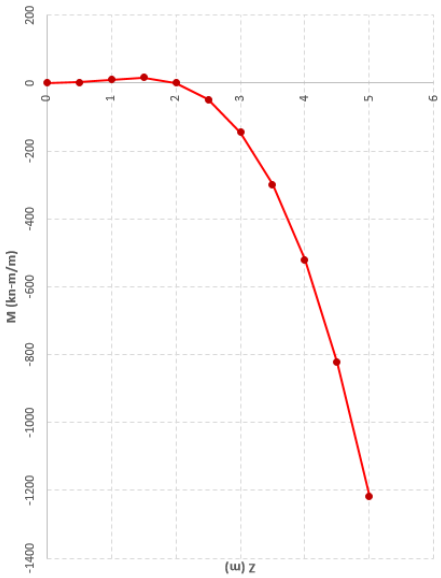
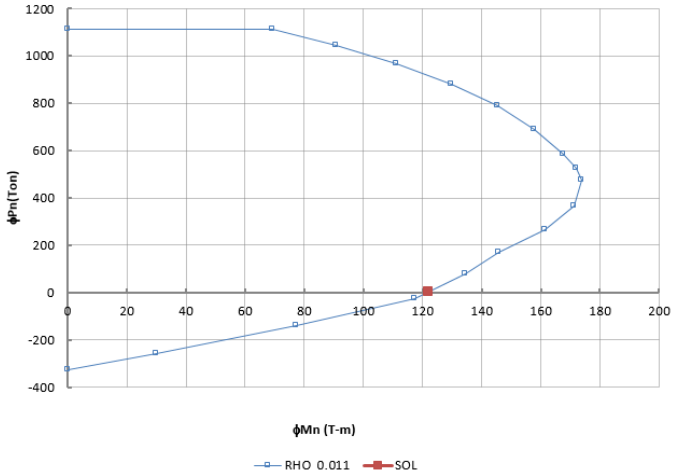


Ilustración 18-20. Diagrama de momento flector Caisson (kN-m/m)
Fuente: Elaboración Propia



ϕ (cm)	100
d' (cm)	6
F_Y (Kg/cm²)	4200
F'_C (Kg/cm²)	210
T_CONG	ESPIRAL
N_FI	SI
COD	*AASHTO*

Ilustración 18-21. Curva interacción Caisson D= 1.0m
Fuente: Elaboración Propia

El refuerzo mínimo para elementos a flexión según 5.7.3.3.2 es:

$$M_{cr} = \gamma_3 \left[(\gamma_1 f_r + \gamma_2 f_{cpe}) S_c - M_{dnc} \left(\frac{S_c}{S_{nc}} - 1 \right) \right] \quad (5.7.3.3.2 - 1)$$

$$M_{cr} = \gamma_3 [(\gamma_1 f_r) S_c] = 0.75 * [1.6 * 31.3 kg/cm^2 * 98175 cm^3] \approx 37 t - m$$

Teniendo en cuenta la Ilustración 1-21, se utilizan 14 barras ϕ3/4 más 14 barras ϕ7/8”

F_y (kg/cm²)	4200
F'_c (kg/cm²)	210

	ϕ	A_V (cm²)	A_t (cm²)	B (cm)	H (cm)	T_B (cm)	T_H (cm)	d' (cm)	V_U (T)	N_U (T)	S_V (cm)
PIL	0.85	2.58	1.29	100	100	0	0	6	84.00	0	19.84

Se utiliza espiral ϕ1/2” cada 0.075m.

18.7 DISEÑO HIDRÁULICO

18.7.1 Filtro Francés

Para el diseño del filtro francés se deben tener en cuenta los distintos aportes de agua al filtro, como por ejemplo la infiltración o la acción del abatimiento del nivel freático. El cálculo de los caudales se realiza mediante las siguientes metodologías.

Caudal por Infiltración

$$q_i = C * i_R (W * L) f_R$$

En donde,

q_i: Tasa de infiltración, en metros cúbicos por día por metro cuadrado

C: Relación de infiltración. En este caso se adopta igual a 1

i_R: Intensidad de la precipitación, tomada de las curvas IDF. Generalmente, se acostumbra a utilizar una lluvia de diseño con una frecuencia de 2 años y 60 minutos de duración

f_R: Factor de entrega de agua de la base. Depende de la gradación de la base, por lo tanto se asume un valor de 1/3 correspondiente a una base bien gradada

W: Ancho del área de aporte

L: Longitud del filtro hasta su descarga. Se toma el valor de 1 metro, con el ánimo de generalizar su diseño

Para el cálculo de la intensidad, debido a que la curva IDF suministrada por la EAAB-ESP presenta los coeficientes para una frecuencia mínima de 3 años, se tomará dicho valor para la lluvia de diseño, con lo cual la intensidad para una lluvia de 60 minutos de duración y una frecuencia de 3 años es de 31.38 mm/h.

$$q_i = 1 * 31.38 \frac{mm}{h} * (3.9m * 1m) * \frac{1}{3} * \frac{1}{1000} \left(\frac{m}{mm}\right) * 24 \left(\frac{h}{día}\right)$$

$$q_i = 0.98 \frac{m^3}{día}$$

Caudal por Abatimiento del Nivel Freático

Para el caso del nivel freático, de acuerdo con los resultados de la exploración, no se tiene en cuenta su efecto, debido a que no se reportó presencia del mismo durante las labores realizadas.

Se realiza el cálculo de la capacidad hidráulica de la tubería de 4" mediante la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A \, R_h^{\,2/3} \, S^{1/2}$$

En donde,

Q: Caudal

A: Área de la sección transversal

R_h: Radio hidráulico de la sección transversal

S: Pendiente del fondo del canal

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

Se tiene entonces que el caudal máximo que se podrá pasar por la sección transversal es:

$$Q = \frac{1}{0.009} \, (0.038) \, (0.691)^{2/3} \, (0.01)^{1/2}$$

$$Q = 0.0096 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 831.19 \frac{m^3}{día}$$

Como resultado se tiene que la tubería está en capacidad de transportar el caudal por infiltración.

18.7.2 Cuneta

Se propone la construcción de una cuneta en concreto de referencia A-120 (Ilustración 1-22), de dimensiones adecuadas para drenar el caudal generado sobre el área para un evento con un período de retorno de 5 años.



Ilustración 18-22. Ilustración de cuneta prefabricada A-120
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presenta la ecuación para el cálculo del caudal de escorrentía generado, empleando el método racional:

$$Q = 0.278 * c * i * A$$

Donde,

$Q =$ Caudal de escorrentía, en m^3/s.

$c =$ Coeficiente de escorrentía, adimensional.

$i =$ Intensidad de la tormenta de diseño, en mm/h.

$A =$ Área del área de aporte, en km^2.

Como resultado se tiene que, para un área de aporte de 70 m^2 y un coeficiente de escorrentía de 0.97, se obtiene un caudal de 1.4 l/s. Se plantea entonces la cuneta con dimensiones de 22.5 cm de ancho, una profundidad de 5 cm y una pendiente del 1%. A continuación, se presenta el cálculo de la capacidad máxima de la cuneta y luego una comprobación de la velocidad del flujo con el caudal de escorrentía (1.4 l/s).

Tabla 18.17. Capacidad máxima

Cálculo de Capacidad Máxima	
y (m)	0.05
T (m)	0.225
Área (m^2)	0.013
Perímetro (m)	0.246
Rh (m^2/m)	0.0244
n	0.013
S	0.01
Q máx. (l/s)	3.88
V (m/s)	0.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.18. Velocidad máxima

Verificación Velocidad Máxima Permisible	
y (m)	0.036
Área (m^2)	0.003
Perímetro (m)	0.176
Rh (m^2/m)	0.0176
n	0.013
S	0.01
Q diseño (l/s)	1.40
V (m/s)	0.45

Fuente: Elaboración Propia

18.7.3 Cárcamo

Como solución al volumen de escorrentía proveniente del área de atrás del colegio Los Pinos y que actualmente discurre sobre el talud objeto de análisis se plantea la intercepción de dicho flujo por medio de la construcción de un cárcamo, de tal forma que las aguas lluvias sean conducidas a una caja de inspección y posteriormente evacuadas hacia el alcantarillado pluvial, por medio de un canal.

Para el diseño se emplea el método racional, considerando un área de aporte de 831.1 m^2, un coeficiente de escorrentía de 0.9 y una intensidad de la tormenta correspondiente al período de retorno de 10 años.

Como resultado se tiene que el caudal generado es aproximadamente de 17.47 l/s, de tal forma que se plantea una sección hidráulica de 20 cm de ancho y 20 cm de alto. A continuación, se muestran los cálculos de capacidad máxima y verificación de la velocidad:

Tabla 18.19. Capacidad máxima

Cálculo de Capacidad Máxima	
b (m)	0.20
h (m)	0.20
Área (m^2)	0.04
Perímetro (m)	0.6
Rh (m^2/m)	0.067
n	0.013
S	0.01
Q máx. (l/s)	50.59
V (m/s)	1.26

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.20. Velocidad máxima permisible

Verificación Velocidad Máxima Permisible	
b (m)	0.20
h (m)	0.09
Área (m^2)	0.02
Perímetro (m)	0.38
Rh (m^2/m)	0.047
n	0.013
S	0.01
Q diseño (l/s)	17.47
V (m/s)	1.00

Fuente: Elaboración Propia

18.7.4 Tubería Caja 1 – Caja 2

Se plantea que el volumen de escorrentía captado por la tubería proveniente del filtro, la cuneta y el cárcamo se lleve a la caja de inspección 1, la cual cuenta con una trampa de sedimentos, de tal forma que toda el agua sea conducida por una tubería hacia la caja de inspección 2, de la cual saldrá la tubería de descarga.

El diseño de la tubería de conducción tiene como premisa que, para el caudal de diseño, la estructura nunca debe presentar una condición de flujo a presión, motivo por el cual su diseño se basa en la ecuación de Manning.

Se calcula entonces el caudal que puede ser transportado por la tubería, considerando la pendiente del tramo del recorrido y estableciendo que la máxima relación de llenado no podrá ser superior al 50%.

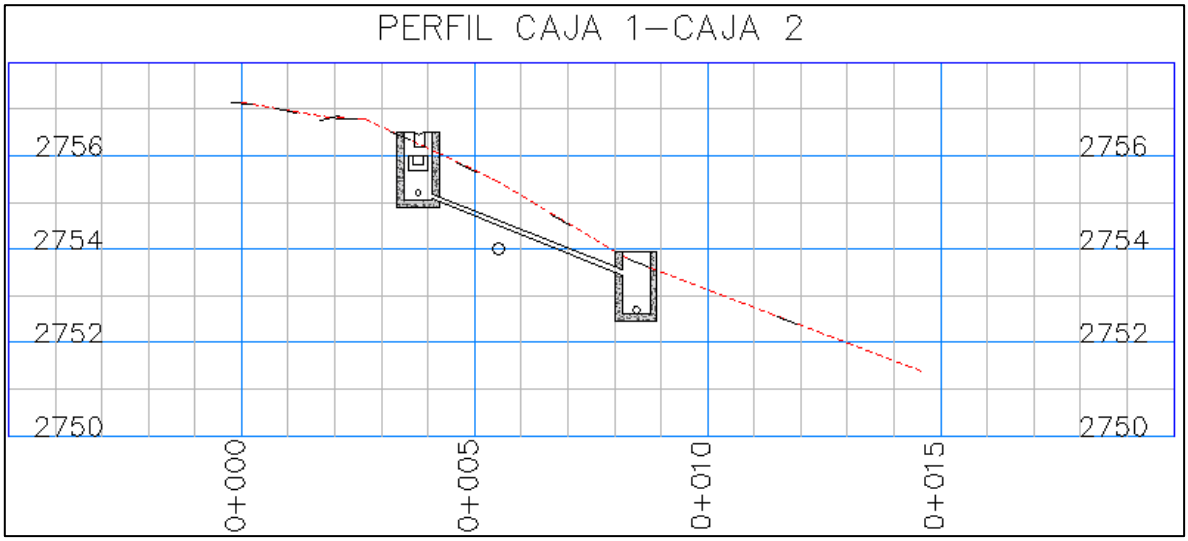


Ilustración 18-23. Perfil tubería de conducción.
Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño de la tubería de conducción se tiene en cuenta el valor del ángulo θ, el cual se utiliza para el cálculo del Área Mojada y Radio Hidráulico y también define las relaciones de llenado (Ilustración 1-19) con las cuales se inicia el diseño:

$$A_m = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)d^2 \qquad R_h = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)d$$

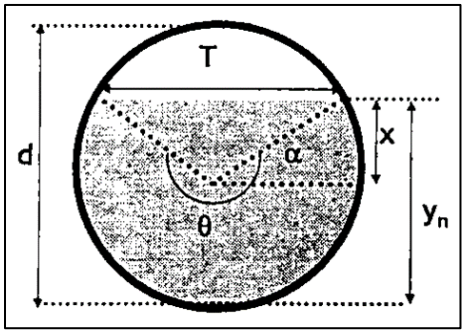


Ilustración 18-24. Geometría del flujo en tuberías

Para el diseño se considera un caudal correspondiente a la suma del proveniente del filtro (0.98 m^3/d), el caudal interceptado por el cárcamo (17.47 l/s) y el caudal captado por la cuneta (1.4 l/s), con lo cual se tiene un caudal total a drenar de 18.88 l/s.

Como resultado se tiene que, para realizar la conducción del caudal proveniente de las estructuras de captación de escorrentía superficial y del filtro, se emplea una tubería Novafort de 4'' de diámetro. A continuación, se presentan las tablas de cálculo de la capacidad máxima y de verificación del diseño de la tubería.

Tabla 18.21. Capacidad máxima

Cálculo de Capacidad Máxima	
d (pulg)	4
d (m)	0.11
S	0.4
n	0.009
θ	3.1416
Área (m^2)	0.0048
Rh (m^2/m)	0.0275
Q máx. (m^3/s)	0.0304
V (m/s)	6.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.22. Velocidad máxima permisible

Verificación Velocidad Máxima Permisible	
d (pulg)	4
d (m)	0.11
S	0.4
n	0.009
θ	2.6679
Área (m^2)	0.0033
Rh (m^2/m)	0.0228
Q máx. (m^3/s)	0.0189
V (m/s)	5.65

Fuente: Elaboración Propia

18.7.5 Tubería Caja 2 – Canal

Para la entrega de las aguas lluvias se propone descargarlas en un canal existente y el cual hace parte de la red pluvial del área de estudio. El diseño parte de las mismas consideraciones tenidas en cuenta para la tubería que conecta la caja 1 a la caja 2.

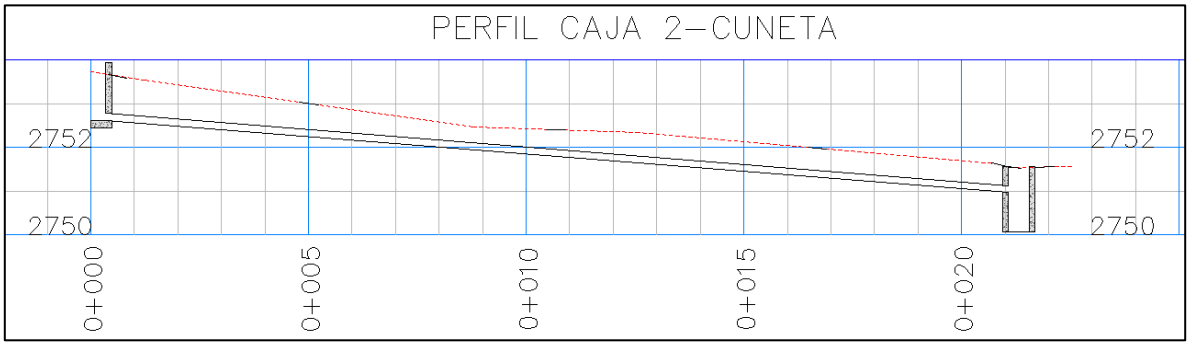


Ilustración 18-25. Perfil tubería de entrega.

Como resultado se plantea una tubería Novafort de 6'' de diámetro. Las tablas del cálculo de capacidad máxima y verificación de la velocidad máxima permisible se presentan a continuación.

Tabla 18.23. Capacidad máxima

Cálculo de Capacidad Máxima	
d (pulg)	6
d (m)	0.16
S	0.08
n	0.009
θ	3.1416
Área (m^2)	0.0101
Rh (m^2/m)	0.0400
Q máx. (m^3/s)	0.0370
V (m/s)	3.68

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.24. Velocidad máxima

Verificación Velocidad Máxima Permisible	
d (pulg)	6
d (m)	0.16
S	0.08
n	0.009
θ	2.5107
Área (m^2)	0.0061
Rh (m^2/m)	0.0306
Q máx. (m^3/s)	0.0189
V (m/s)	3.07

Fuente: Elaboración Propia

18.8 Dren Gaviones

Se propone un dren en la base del muro de gaviones (tramo 1) de manera que toda la escorrentía superficial y subsuperficial que se genera en la cara del talud pueda ser evacuada hacia la red pluvial del área de estudio (tramo 2).

Para el diseño del dren se tiene en cuenta la ecuación de flujo a superficie libre (Ec. Manning) y la misma restricción en la relación de llenado que se maneja para el diseño de las estructuras antes mencionadas.

18.9 Dren Tramo 1

Se calcula entonces el caudal a drenar, considerando el área comprendida entre el muro de contención ubicado en la corona del talud y hasta la vía (Diagonal 4ª Bis), un coeficiente de escorrentía de 0.4 correspondiente a zonas verdes con pendientes altas y una intensidad de la tormenta de duración 15 min para un periodo de retorno de 10 años.

Como resultado se obtiene que el caudal generado en un área de 804 m2 con una tormenta de intensidad 84 mm/h es de 7.5 l/s, por lo cual se propone una tubería Novafort de 4''. A continuación, se presentan los cálculos de capacidad y verificación de velocidad máxima permisible.

Tabla 18.25. Cálculo de capacidad máxima

Cálculo de Capacidad Máxima	
d (pulg)	4
d (m)	0.11
S	0.16
n	0.009
θ	3.1416
Área (m^2)	0.0048
Rh (m^2/m)	0.0275
Q máx. (m^3/s)	0.0191
V (m/s)	4.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.26. Velocidad máxima

Verificación Velocidad Máxima Permisible	
d (pulg)	4
d (m)	0.11
S	0.16
n	0.009
θ	2.3217
Área (m^2)	0.0024
Rh (m^2/m)	0.0188
Q máx. (m^3/s)	0.0075
V (m/s)	3.13

Fuente: Elaboración Propia

18.10 Dren Tramo 2

El segundo tramo corresponde a la entrega del caudal sobre la vía, para el cual también se propone una tubería Novafort de 4'' con una pendiente longitudinal del 7%. Se presentan los cálculos:

Tabla 18.27. Capacidad máxima

Cálculo de Capacidad Máxima	
d (in)	4
d (m)	0.11
S	0.07
n	0.009
θ	3.1416
Área (m^2)	0.0048
Rh (m^2/m)	0.0275
Q máx. (m^3/s)	0.0123
V (m/s)	2.58

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.28. Velocidad máxima

Verificación Velocidad Máxima Permisible	
d (in)	4
d (m)	0.11
S	0.07
n	0.009
θ	2.6568
Área (m^2)	0.0033
Rh (m^2/m)	0.0227
Q máx. (m^3/s)	0.0075
V (m/s)	2.27

Fuente: Elaboración Propia

19. PRESUPUESTO, ESPECIFICACIONES Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

El presupuesto estimado para la ejecución del proyecto es de $ 1,439,099,626.98, distribuido como se muestra en la Tabla 19.1.

Tabla 19.1. Resumen componentes costo total del proyecto

COSTO DIRECTO DE OBRA		**$ 1,009,306,772.91**
Administración	27.00%	$ 272,512,828.69
Imprevistos	1.00%	$ 10,093,067.73
Utilidad	5.00%	$ 50,465,338.65
(A) COSTOS INDIRECTOS OBRA	33.00%	$ 333,071,235.07
(A) COSTO TOTAL DE OBRA		**$ 1,342,378,007.98**
(B) - VALOR TOTAL COMPONENTE GESTIÓN AMBIENTAL. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST - SGA)	5.39%	$ 54,447,398.00
(C) - VALOR TOTAL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL	1.56%	$ 15,788,627.00
(D) - VALOR TOTAL COMPONENTE PMT	2.62%	$ 26,485,594.00
(E) TOTAL PROYECTO (E=A+B+C+DT)		**$ 1,439,099,626.98**

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra de manera general el proceso realizado para la obtención de estos valores.

19.1 Cantidades de obra

Una vez seleccionada la Alternativa de Diseño, se definieron las actividades de obra necesarias para su ejecución, distribuidas en 6 capítulos así:

- ***Actividades preliminares:*** localización y replanteo, demoliciones y movimientos de tierras (excavaciones y rellenos).

- ***Estabilización y protección de taludes:*** que corresponde a las actividades de obra necesarias para la construcción del muro de contención en concreto con cimentación en Caisson, construcción de la cortina de Caisson en la parte baja de la ladera y el muro de contención en gaviones.

- ***Estructuras de drenaje:*** corresponde cada de una de las actividades de obra necesarias para la construcción de los drenes propuestos (geotextil, lleno en material granular y tubería de drenaje), estructuras de drenaje superficial (cunetas y cárcamos), la conducción de los caudales captados (tuberías y cajas de inspección), así como su respectiva descarga.

- ***Acero de refuerzo:*** Acero figurado para refuerzo del muro de contención, Caisson y cajas de inspección en concreto, y malla electrosoldada para el refuerzo de los senderos peatonales en concreto.

- ***Construcción de andenes:*** bordillos, submuración, placas y demás actividades necesarias para construcción y/o reconstrucción de los senderos peatonales.

- ***Transporte:*** transporte y disposición final de escombros y materiales sobrantes de excavación.

En el ***ANEXO 17-1*** se presenta la memoria de cálculo de cantidades 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.

19.2 Análisis de Precios Unitarios

Se presenta en el ***ANEXO 17-5*** 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 aclara que los costos de mano de obra utilizados en los APU corresponden al análisis realizado por el Consultor, que se presenta en el ***ANEXO 17-4***, en el cual se atienden las disposiciones legales vigentes en cuanto a porcentajes de aportes de parafiscales y demás costos asociados al factor prestacional; así mismo, en dicho análisis se incluye un factor multiplicador de “hora efectiva”.

19.2.1 Listado de insumos (estudio de mercado)

Con el fin de obtener valores actuales de mercado para los insumos incluidos en los APU, se realizó un listado de los materiales y equipos necesarios para la ejecución de las obras propuestas, con el fin de realizar el estudio de mercado respectivo, que consistió en solicitar como mínimo tres (3) cotización es para cada uno de estos.

Una vez obtenidas las cotizaciones que se muestran el ***ANEXO 17-2***, se procedió a realizar la depuración de las cotizaciones recibidas, con el fin de poner a los diferentes proveedores en igualdad de condiciones, es decir, verificar o ajustar a la misma unidad de medida, dimensiones, inclusión de impuestos, transportes, etc.

Así mismo, por tratarse de un proyecto de obra en la ciudad de Bogotá D.C. donde se tiene un listado de precios de referencia a cargo del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) que se actualiza regularmente, se usó este listado como base para la descripción y unidad de medida de los insumos (***versión publicada el 04 de mayo de 2018, "Precios_Unitarios_de_Referencia_2017_Mano_de_Obra_2018_04_Mayo"***), incluyendo también el precio de referencia de la entidad en el promedio realizado con los valores cotizados; en el ***ANEXO 17-3*** se presentan los listados de insumos con descripción, unidad de medida y precio para cada insumo.

19.3 Presupuestos y especificaciones técnicas

En el ***ANEXO 17-6*** se muestra el presupuesto de obra, el cual se distribuyó en los mismos 6 capítulos creados desde la definición de las actividades de obra.

En la Tabla 19.2 se muestra el esquema de presentación del presupuesto de obra, donde se establece un numero para ítem o actividad de obra, se muestran su descripción, unidad de medida, cantidad de obra, valor unitario y el producto de estas últimas para obtener el valor total de la actividad (costo directo).

Tabla 19.2. Esquema presupuesto de obra

ÍTEM	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
	IDU-2013	INVIAS 2013	PARTICULAR					
						(A)	(B)	(C)=(A)*(B)

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 19.3 un resumen de los costos directos obtenidos para cada capítulo, que para el total de la obra ascienden a **$ 1,009,306,772.91**

Tabla 19.3. Resumen Costos Directos de obra

I - ACTIVIDADES PRELIMINARES		
SUBTOTAL I - ACTIVIDADES PRELIMINARES:	**$**	**71,972,775.09**
II - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES		
SUBTOTAL II - ESTABILIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES:	**$**	**703,674,042.27**
III - ESTRUCTURAS DE DRENAJE		
SUBTOTAL III - ESTRUCTURAS DE DRENAJE:	**$**	**13,949,913.54**
IV - ACERO DE REFUERZO		
SUBTOTAL IV - ACERO DE REFUERZO:	**$**	**115,233,358.83**
V - CONSTRUCCIÓN ANDENES		
SUBTOTAL V - CONSTRUCCIÓN ANDENES:	**$**	**35,598,908.42**
VI - TRANSPORTE		
SUBTOTAL VI - TRANSPORTE:	**$**	**68,877,774.76**
SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE OBRA	**$**	**1,009,306,772.91**

Fuente: Elaboración propia

Como se mostró en la Tabla 19.2, para cada actividad se relaciona la especificación técnica general de construcción correspondiente, ya sea de las especificaciones técnicas vigentes del IDU (*Resolución 3243 del 18 de diciembre de 2013 "Por la cual se adopta la actualización del Manual MG-IC-010 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTÁ D.C. - IDU ET 2011 versión 3.0"*) o de las especificaciones técnicas vigentes del INVIAS (*Resolución 0001317 del 26 de mayo de 2014 "Por la cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras"*).

Para las actividades que no cuentan con una Especificación General de Construcción se elaboraron las respectivas Especificaciones Técnicas Particulares; todas las especificaciones técnicas de construcción se presentan en el ***ANEXO 17-8***.

19.3.1 Costos indirectos

Una vez obtenida la sumatoria del Costo Directo de todas las actividades de obra propuestas se calculan los respectivos costos indirectos, de los cuales se presenta su desglose en el ***ANEXO 17-7***, en donde se discrimina los costos estimados para el personal administrativo de la obra, operacionales, impuestos y garantías (pólizas).

Los valores obtenidos para los Costos Indirectos se presentan en el presupuesto de obra como porcentajes del total de Costos Directos, como se muestra a continuación en la Tabla 19.4.

Tabla 19.4. Resumen Costos Indirectos de obra

Descripción	*Porcentaje costo directo*	Vr total
Administración	27.00%	$ 272,512,828.69
Imprevistos	1.00%	$ 10,093,067.73
Utilidad	5.00%	$ 50,465,338.65
COSTOS INDIRECTOS OBRA	33.00%	**$ 333,071,235.07**

Fuente: Elaboración propia

19.3.2 Otros costos

La materialización del proyecto requiere la ejecución de otros componentes, además de la ejecución de las actividades propias de obra, para los cuales se realizó su respectiva estimación de costos, que son:

- Presupuesto gestión ambiental, seguridad y salud en el trabajo (SST – SGA), que se presenta en el ***ANEXO 17-9***.
- Presupuesto plan de gestión social, que se presenta en el ***ANEXO 17-10***.
- Presupuesto plan de manejo de tráfico, que se presenta en el ***ANEXO 17-11***.

Para cada componente se realiza el cálculo del AIU con su respectivo desglose, de donde se resalta que los costos administrativos corresponden únicamente a impuestos y garantías, pues los costos operativos (oficina, campamentos, seguridad, etc.) se incluyen

en el AIU de obra y los costos de personal son el ítem principal en los Costos Directos de cada uno de estos componentes.

Se aclara que los costos asociados a estos componentes también se incluyen en el presupuesto del proyecto como un porcentaje del Costo Directo las obras, como se mostró en la Tabla 19.1, donde se presenta el costo total de ejecución del proyecto incluyendo el costo de obra y los componentes ambiental, social y de tránsito asociados.

19.4 Programación de obra

Se estimó un plazo de ejecución de cuatro (4) meses para las obras propuestas, de acuerdo con la programación de obra que se presenta en el ***ANEXO 17-12***; adicionalmente, en este mismo anexo se incluyó el flujo de caja semanal y mensual de todo el proyecto, es decir, costos de obra y de los demás componentes (ambiental, social y de tránsito).

20. ESTUDIO PREDIAL

20.1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presentan los resultados de la consulta y análisis del estado de los predios del área de estudio, y en particular de las áreas a intervenir por las obras propuestas. Esta organizado conforme lo solicitado en el anexo técnico del proyecto.

Comprende la verificación mediante los títulos, folios de matrícula inmobiliaria, escrituras públicas, etc., de los reales titulares de los derechos de dominio del predio correspondiente en mayor y menor extensión objeto de gestión predial, saneamiento y/o adquisición predial localizados en zonas a intervenir por condiciones de riesgo en el sector objeto de estudio.

20.2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del estudio de títulos, se analizó la información primaría y secundaría obtenida. En primer lugar, se realizó una consulta de los códigos catastrales en la base de información del IDECA, el cual permite conocer la distribución predial del área de estudio. Posteriormente y para los predios a intervenir, se hizo una aproximación a partir de la información catastral de los predios para identificar los poseedores y la información asociada a los mismos. También se consultó el archivo de la Secretaría Distrital de Planeación, para identificar los folios de matrícula inmobiliaria asociados a

Con la información recopilada, se presenta de manera general el número total de predios; se identifican físicamente los inmuebles afectados (dirección, tipo de predio, matricula inmobiliaria, cedula catastral, área aproximada, linderos); la titularidad sobre el mismo (propietario, identificación del propietario y título de adquisición). Los principales documentos consultados son:

a. Certificación catastral del 04 de julio de 2018.

b. Reporte de Secretaría Distrital de Planeación con el informe consolidado de la Localización del predio DG 3 Bis A 7 a 2 ESTE.

c. Certificación de bienes del patrimonio inmobiliario distrital – Sector central.

d. Plano consultado en el RUPI (Registro único del patrimonio inmobiliario).

e. Consulta Ventanilla única de registro VUR.

f. Página web IDECA.

20.3 DISTRIBUCIÓN PREDIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El área sobre la cual se desarrolla el estudio se localiza en el barrio Los Laches de la localidad Santa Fe de la ciudad de Bogotá D.C. se procedió a la revisión de la información catastral de cada uno de los predios afectados por Obra, y se identifican por CHIP y dirección, según el boletín catastral. En el área de estudio se encuentran tres (3) predios que se verían afectados por obra y corresponden a predios del Distrito con destino Catastral de Espacio Público. En la Ilustración 20-1 la distribución de los predios con código catastral.

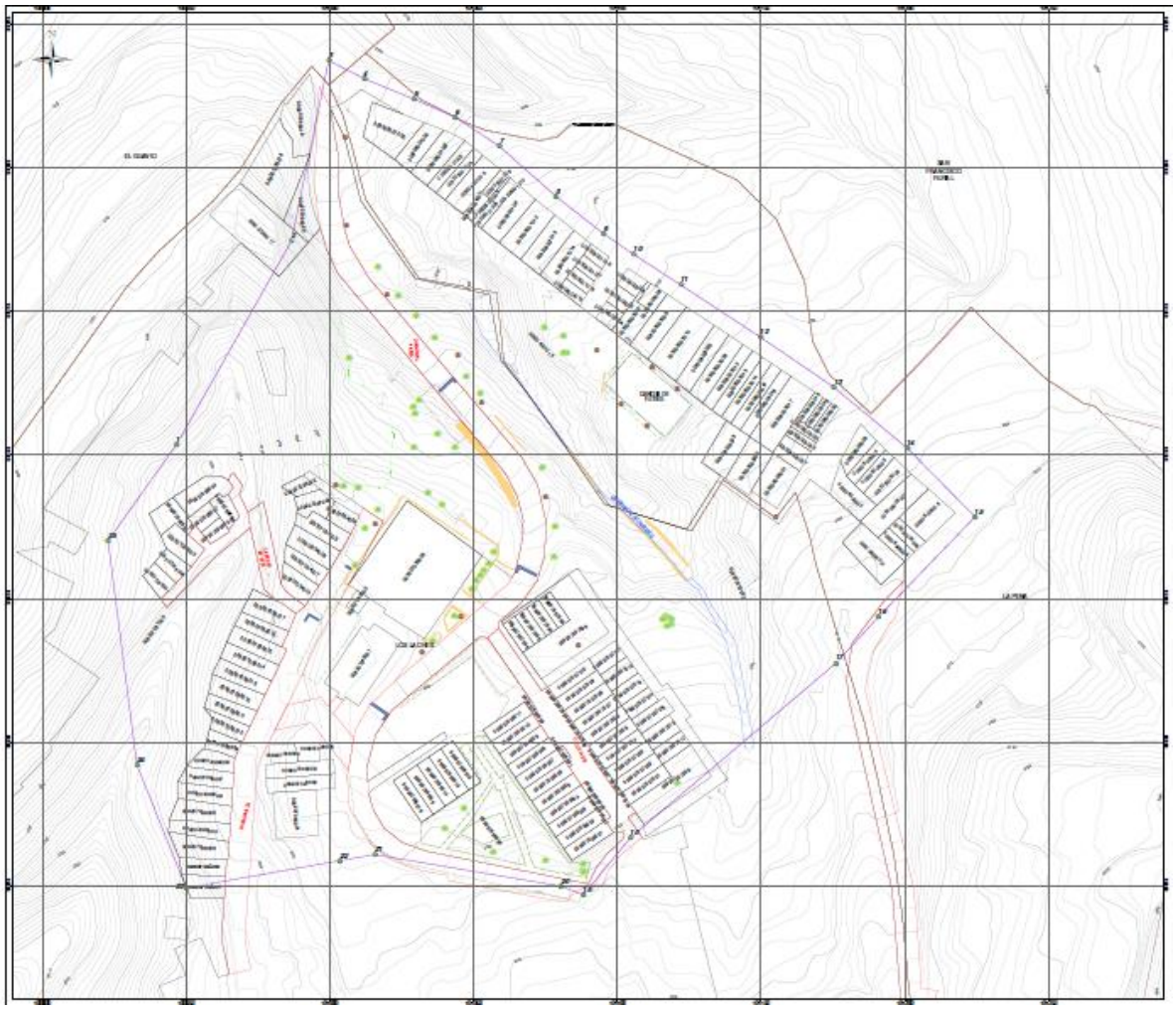


Ilustración 20-1. Distribución predial en el polígono de estudio
Fuente: Elaboración propia con información de IDECA

De los predios del área de estudio, se reconocer tres predios a intervenir como muestra La Tabla 20-1.

Tabla 20-1. Predios afectados por obras

Predio	Código Catastral	Ubicación
003207037003	003207 37 03 000 00009	Zona verde ubicada entre la diagonal 4Abis, diagonal 3ª y barrio El Guavio
003207007037	003207 07 37 000 00009	Margen izquierda de la Quebrada el El Chorrerón entre la Diagonal 4A y Carrera 8E - Barrio Los Laches
003206001015	003206 01 15 000 00009	Margen derecha de la Quebrada el El Chorrerón entre la Diagonal 4A y Carrera 8E – Barrio la Peña

Fuente: Elaboración Propia

Conforme el Plano Urbanístico de la Secretaria Distrital de Planeación - SDP y la consulta al SinuPot, geoportal de la SDP, ver Ilustración 20-2, las zonas objeto de afectación por obras de mitigaciones corresponden a zonas verdes o espacio público, de propiedad del Distrito.



Ilustración 20-2 Consulta del consolidado del estado predial en el SINUPOT y Plano Urbanístico.
Fuente: Elaboración Propia a partir del SINUPOT.

20.4 PLANO DE LEGALIZACIÓN

El plano de Legalización del barrio Los Laches corresponde a LOS LACHES Estado: 1 Decreto: 338 de 11-OCT-99 y del barrio La Peña corresponde a LA PEÑA Estado: 1 Decreto: 1126 de 18-DEC-96.

20.5 ESTUDIO DE TÍTULOS PREDIO 003207 37 03 000 00009

A continuación, se presenta la ficha resumen del estudio de títulos del predio mencionado, que cubre la ladera inferior del Colegio Los Pinos. Es un predio de uso público registrado en el RUPI (Registro único del patrimonio inmobiliario).

Tabla 20-2 Ficha predial

INFORMACIÓN CATASTRAL	**Dirección Oficial (Nomenclatura)**	**DG 3 BIS A 7A 02 ESTE - Código Postal: 110321**
	Código Catastral	003207 37 03 000 00009
	CHIP	AAA0165DTAF
	UPZ	96-LOURDES
	Área del Terreno (m2) (Catastral)	96998.14
	Propietario	Bogotá Distrito Capital
	Tipo de Propietario	2
	Destinatario Catastral	66 ESPACIO PÚBLICO
	Tipo de Propiedad	Distrital
	Localidad	3-Santa Fe
	Barrio Catastral	003207 los Laches
	Avalúo catastral (año 2018)	9.923.375.000.
INFORMACIÓN URBANÍSTICA	Desarrollo	Los Laches
	Plano No.	SF.11/4-11, SF.11/4-12
	Código Urbanístico	030016B001 Tipo Plano:2
	Documento de Aprobación	Resolución Número 0338 del 11 de octubre de 1999 emitido/a por DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL - D.A.P.D. Resolución Número 0217 del 26 de mayo de 2000 emitido/a por DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL - D.A.P.D.
	Edificabilidad	El predio no se encuentra en esta categoría
	Plan Parcial	El predio no se encuentra en esta categoría
	Zonas antiguas y consolidadas	El predio no se encuentra en esta categoría
	Sistema de áreas protegidas	El predio no se encuentra en esta categoría
	Reserva Vial	El predio no se encuentra en esta categoría

	Estrato	2. Acto administrativo DEC394 de 28-JUL-17
INFORMACIÓN DEL REGISTRO ÚNICO DEL PATRIMONIO INMOBILIARIO - RUPI	No. URB.	2850
	Predio	106
	Uso	Zonas Recreativas - Zona Verde - Zona Verde a Tramo 2.
	Área (m2) (RUPI)	35069,65 según Folio No. 50C-1774312
	Acta de Recibo No.	138 del 01 de julio de 2009
	Documento de Transferencia	Escritura de Cesión Título Gratuito Número 1609 del 08 de octubre de 2009 Notaria 22 de la ciudad de Bogotá
OBSERVACIONES	El Predio se considera un BIEN DE USO PÚBLICO y se certifica como PROPIEDAD DEL DISTRITO CAPITAL	
	El interesado debe comunicar al DADEP cualquier omisión o error en el registro de los documento anotados	

Fuente: Elaboración Propia

La representación cartográfica del predio que contiene los linderos (en este caso mojones), área, dominio (propiedad del Distrito Capital) se encuentran en la certificación de bienes del patrimonio inmobiliario.

El predio o requiere de avalúos comerciales ya que es propiedad del Distrito Capital y está contenido en la reglamentación urbanística Distrital vigente, incorporada como Zona Verde y de uso recreativo (mayor y mejor uso).

20.6 ESTUDIO DE TÍTULOS PREDIO 003207 37 03 000 00009

A continuación, se presenta la ficha resumen del estudio de títulos del predio mencionado, que cubre la margen izquierda de la quebrada El Chorrerón. Es un predio de uso público registrado en el RUPI (Registro único del patrimonio inmobiliario).

Tabla 20-3 Ficha predial

INFORMACIÓN CATASTRAL	**Dirección Oficial (Nomenclatura)**	**CL 6 5B 03 ESTE - Código Postal: 110321**
	Código Catastral	003206 01 15 000 00000
	CHIP	AAA0172REFZ
	UPZ	96-LOURDES
	Área del Terreno (m2) (Catastral)	5280.0
	Propietario	Bogotá Distrito Capital
	Tipo de Propietario	2
	Destinatario Catastral	63 NO URBANIZABLE / SUELO PROTEGIDO
	Tipo de Propiedad	Distrital
	Localidad	3-Santa Fe
	Barrio Catastral	003207 los Laches
	Avalúo catastral (año 2018)	31.487.000
INFORMACIÓN URBANÍSTICA	Desarrollo	Los Laches
	Plano No.	SF.11/4-11, SF.11/4-12
	Código Urbanístico	030016B001 Tipo Plano:2
	Documento de Aprobación	Resolución Número 0338 del 11 de octubre de 1999 emitido/a por DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL - D.A.P.D. Resolución Número 0217 del 26 de mayo de 2000 emitido/a por DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL - D.A.P.D.
	Edificabilidad	El predio no se encuentra en esta categoría
	Plan Parcial	El predio no se encuentra en esta categoría
	Zonas antiguas y consolidadas	El predio no se encuentra en esta categoría
	Sistema de áreas protegidas	El predio no se encuentra en esta categoría
	Reserva Vial	El predio no se encuentra en esta categoría
	Estrato	2. Acto administrativo DEC394 de 28-JUL-17
INFORMACIÓN DEL REGISTRO ÚNICO DEL PATRIMONIO INMOBILIARIO - RUPI	No. URB.	2850
	Predio	106
	Uso	Zonas Recreativas - Zona Verde - Zona Verde a Tramo 2.
	Área (m2) (RUPI)	35069,65 según Folio No. 50C-1774312
	Acta de Recibo No.	138 del 01 de julio de 2009
	Documento de Transferencia	Escritura de Cesión Título Gratuito Número 1609 del 08 de octubre de 2009 Notaria 22 de la ciudad de Bogotá
OBSERVACIONES	El Predio se considera un BIEN DE USO PÚBLICO y se certifica como PROPIEDAD DEL DISTRITO CAPITAL	
	El interesado debe comunicar al DADEP cualquier omisión o error en el registro de los documento anotados	

Fuente: Elaboración Propia

La representación cartográfica del predio que contiene los linderos (en este caso mojones), área, dominio (propiedad del Distrito Capital) se encuentran en la certificación de bienes del patrimonio inmobiliario.

El predio o requiere de avalúos comerciales ya que es propiedad del Distrito Capital y está contenido en la reglamentación urbanística Distrital vigente, incorporada como Zona Verde y de uso recreativo (mayor y mejor uso).

20.7 CONCLUSIONES RESPECTO AL ESTUDIO

Respecto a los predios que se localizan en las áreas con proyección de obras, estos son de tipo público y están incluido en el registro único de patrimonio inmobiliario, por lo que no requieren de procedimientos de actuaciones para entrega y titulación de los bienes.

20.8 ANEXOS

a. Certificación catastral del 04 de julio de 2018.

b. Reporte de Secretaría Distrital de Planeación con el informe consolidado de la Localización del predio DG 3 Bis A 7 a 2 ESTE.

c. Certificación de bienes del patrimonio inmobiliario distrital – Sector central.

d. Plano consultado en el RUPI (Registro único del patrimonio inmobiliario).

e. Reporte de Secretaría Distrital de Planeación con el informe consolidado de la Localización del predio CL 6 5 B 3 ESTE.

21. TRAMITES, PERMISOS Y AUTORIZACIONES

A continuación se mencionan los posibles trámites y permisos que puede requerir el proyecto antes de iniciar la etapa de construcción, en el marco del contrato 482 de 2017, se ha pretendido entregar la información y anexos técnicos relacionados al trámite de permisos en la etapa de construcción, por lo tanto el constructor deberá realizar las validaciones y solicitudes antes las autoridades competentes, en el anexo 19 se presentan insumos y formatos exigidos para los tramites mencionados.

21.1 Permisos, lineamientos o autorizaciones ambientales

21.1.1 Permiso silvicultural (aprovechamiento forestal)

Para el proyecto no aplica el permiso de Aprovechamiento forestal de árboles aislados, reglamentado en el Decreto Nacional 1076 de 2015 y el Decreto Distrital 531 de 2010. De acuerdo a las necesidades del proyecto no es necesario el uso de recursos forestales y por lo tanto el permiso no aplica.

21.1.2 Permiso de ocupación de cauce.

Para solicitar permiso de ocupación del cauce, el constructor debe radicar el Formulario de Solicitud de Permiso de Ocupación de Cauce adoptado mediante la Resolución 1391 de 2003.

Para el proyecto No aplica el permiso de ocupación de cauce ya que al cruzar el caudal generado para el periodo de retorno de 100 años de la quebrada El Chorrerón con la topografía y las obras propuestas; se identifica que las obras se encuentran fuera del margen de la quebrada para el TR=100, como se ilustra en la imagen a continuación.

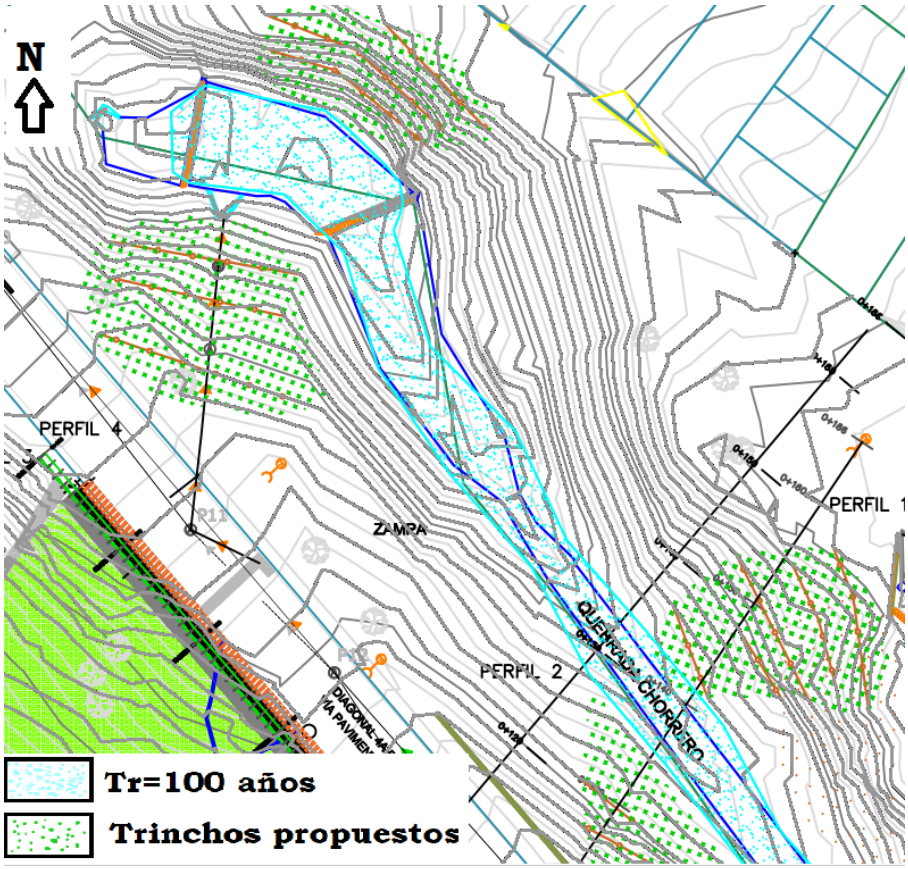


Ilustración 21-1. Trinchos propuestos y periodo de retorno 100 años
Fuente: Elaboración Propia.

Documentos técnicos:

Descripción del proyecto: nombre del proyecto, objetivos, justificación, descripción de las actividades detalladas a desarrollar, listado de coordenadas planas de los puntos a intervenir en Sistema de Referencia Magna Sirgas Bogotá.
Plano de localización de los puntos a intervenir en la fuente hídrica y su área de influencia debidamente georreferenciados. El (los) plano(s) deben ir firmado por el profesional responsable con número de Tarjeta profesional, a escalas 1:500 a 1:1.000.

Planos topográficos: Planos longitudinales en perfil del total de la sección a intervenir y planos transversales en planta y perfil de los puntos donde se ejecutarán las obras proyectadas en escalas 1:500 a 1:1.000, según el detalle del proyecto y demás información en caso de requerirse.

Memorias técnicas de las obras a ejecutar: Especificaciones técnicas detalladas de las estructuras, materiales a utilizar y sus procesos constructivos en cada punto de intervención; adjuntando los planos en planta y perfil de cada tipo de estructura debidamente firmadas por el profesional responsable con número de Tarjeta Profesional.

Fichas de manejo ambiental por componente: agua, suelo, aire, paisaje, flora y fauna; con las medidas ambientales propuestas para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los potenciales impactos ambientales identificados, precisando: los objetivos, justificación y descripción acciones a desarrollar.

Compensaciones: Matriz que relacione el total de áreas verdes del área de intervención Vs Total áreas a endurecer como producto de la obra, con los puntos a endurecer indicando coordenadas origen Magna Sirgas planas Bogotá. Este ítem aplica para obras ejecutadas con recursos públicos.

21.1.3 Registro de elementos de publicidad exterior visual y vallas PEV.

Reglamentado mediante el Decreto 959 de 2000, Decreto 506 de 2003 y la Resolución 931 de 2008, se debe tener en cuenta por parte del constructor:

La obra de construcción, remodelación, adecuación o ampliación legalmente autorizada por las autoridades competentes y con frente a cualquier vía, puede contar con dos vallas, en un mismo sentido y costado vehicular.

En vehículos automotores, está prohibido fijar, pintar o adherir publicidad exterior visual en vehículos salvo la que anuncia productos o servicios en desarrollo del objeto social de la empresa que utiliza el vehículo para el transporte o locomoción de los productos o la prestación de servicios. La publicidad exterior en vehículos no debe instalarse en la cabina y/o costado posterior y/o costado anterior del vehículo.

En el Anexo 19 se adjunta el formato necesario para la solicitud de registro PEV.A continuación se muestra el encabezado del formato mencionado:



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE AMBIENTE

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE
DIRECCIÓN DE CONTROL AMBIENTAL
SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL
SOLICITUD DE REGISTRO PEV

(Decreto 959 de 2000 – Decreto 506 de 2003 Resolución 931 de 2008)

Espacio para sticker de radicación

Fecha de Solicitud: DIA | MES | AÑO

Tipo de Solicitud: REGISTRO NUEVO [X] ACTUALIZACIÓN [ ] PRÓRROGA - VALLA TUBULAR [ ] TRASLADO - VALLA TUBULAR [ ]

Número y Fecha de Registro: *(Para el caso de actualización o prórroga)*

I. DATOS DEL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO O SOLICITANTE

Razón Social:
Persona Natural [ ] Persona Jurídica [ ]
Nombre del Establecimiento:
Nit. CIIU:
Matricula Mercantil:
Dirección de Correspondencia
Teléfono:
E-mail:
Representante Legal
C.C [ ] C.E [ ] Número:
Si actúa mediante apoderado diligencie este acápite
Nombre del Apoderado
C.C. No:
Tarjeta Profesional No.

II. DATOS DEL PROPIETARIO DEL INMUEBLE O VEHÍCULO DONDE SE UBICARÁ EL ELEMENTO

Razón Social:
Nit.
Nombre del Propietario:
C.C [ ] C.E [ ]
Teléfono:
Dirección de Correspondencia:
E-mail:
Representante Legal:
C.C [ ] C.E [ ]

III. INFORMACIÓN GENERAL DE LA SOLICITUD

Avisos *(aplica cuando el elemento a registrar es un aviso)*

Tipo de Elemento a registrar
AVISO EN FACHADA [ ] AVISO SEPARADO DE FACHADA TIPO VALLA CONVENCIONAL- ZANCUDO [ ]
AVISO DIVISIBLE [ ] PUBLICIDAD EN VEHÍCULO [ ]

Dirección de ubicación de la publicidad:

No. de Chip *(aplica para aviso tipo nombre de edificio y separado de fachada)*:
Matrícula Inmobiliaria *(aplica para aviso tipo nombre de edificio y separado de fachada)*
Número de Fracciones *(aplica para aviso divisible)*

¿ Aviso Luminoso? SI [ ] NO [ ]
Localidad:
Piso(s) en el (los) que funciona el Establecimiento

Ilustración 21-2. Formato SDA- Solicitud de registro PEV.
Fuente: Secretaria de Ambiente de Bogota

21.1.4 Salvoconductos para la movilización de la madera proveniente de los tratamientos realizados a la vegetación.

Reglamentado por el Decreto 1791 de 1996 y las Resoluciones 438 de 2001 y 619 de 2002. De acuerdo a los requerimientos del proyecto NO es necesario realizar dicho trámite.

21.2 Otro tipo de permisos

21.2.1 Permiso para operación de equipos de construcción y reparación de vías y generadores de ruido ambiental en horarios restringidos.

Está reglamentado en el Decreto 948 de 1995, en el Distrito Capital la solicitud debe realizarse por parte del constructor usando el formato adoptado mediante Resolución 1391 del 6 de Octubre de 2003, los documentos que deben adjuntarse a la solicitud son: Poder debidamente otorgado, cuando se actúe mediante apoderado, planos Catastro Distrital (1:10 000) o (1:25 000) indicando la ubicación de las obras, autoliquidación del cobro por el servicio de evaluación aplica la Resolución 5589 de 2011, original y 1 Copia del recibo de consignación.

21.2.2 Apertura y cierre de PIN (para el transporte y disposición de escombros)

El trámite lo realiza en constructor mediante el aplicativo web de registro de reportes y manejo de residuos de construcción y demolición - RCD en obras públicas y privadas Resolución 01115 de 2012, en el caso del generador, adicionalmente se debe radicar ante la SDA el Plan de gestión integral de RCD en la obra, para su elaboración se usa como referencia, la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción II Edición. En las fichas ambientales (PMA- informe parcial 2) se recomendaron sitios de disposición que cumplen los requisitos de la secretaria de ambiente.

21.2.3 Permiso para el transporte y abastecimiento de combustible en caso de proveerse el suministro de combustible por parte del Contratista en obra, otorgado por el ente competente.

Todos los establecimientos que realicen las actividades de almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo en el Distrito Capital deben realizar el Plan de Contingencia asociadas al manejo de hidrocarburos, para lo cual el constructor deberá solicitar la aprobación del mismo ante la autoridad ambiental competente, usando el formulario establecido y adjuntando el respectivo plan.

21.2.4 Compensación por endurecimiento de zonas verdes

Otro aspecto que debe considerar el constructor de las obras es el procedimiento que se ha establecido en el Distrito Capital, asociado a la compensación por el endurecimiento de zonas verdes, acción que permite brindar alternativas para recuperar la pérdida de zonas verdes en el espacio público y sus funciones ambientales, por el endurecimiento de zonas verdes en virtud del desarrollo de obras de infraestructura. Este aspecto está reglamentado en la Resolución 00456 de 2014 "por medio de la cual se establecen los lineamientos y procedimientos para la compensación por endurecimiento de zonas verdes por desarrollo de obras de infraestructura " y modificada por la Resolución 03050 de 2014. Debido a que las obras duras generadas en el presente proyecto corresponden a rehabilitación de zonas duras deterioradas, este permiso NO aplica para el desarrollo del proyecto.

CONCLUSIONES

- En el área de estudio se presenta caída de bloques en el frente estructural ubicado frente a la carrera 6 B Este, erosión leve en el cauce de la quebrada El Chorrerón y deslizamientos en el talud ubicado entre la Institución Educativa Distrital Los Pinos y la Diagonal 4 A.

  Para las obras de mitigación por remoción en masa se plantea la construcción de cortina de Caisson en la parte inferior del talud, en la parte superior del talud se continuará el muro existente con la construcción de un muro de contención cimentado sobre pilotes, entre el muro y los Caisson se realizará el tendido del talud. Respecto a la caída de rocas se plantea una abarrera de retención.
  Como complemento a la sobras se propone un muro gavión a lo largo de la Diagonal 4A, trinchos sobre las márgenes de la Quebrada El Chorrerón, construcción del andén sobre la Diagonal 4A y el colegio los pinos y obras hidráulicas de captación de aguas lluvia.

- La duración estimada para la ejecución de las obras es de cuatro (4) meses, para el cual se ha estimado un presupuesto de $1.365.933.465.

- Para la ejecución de las obras no se requieren permisos de aprovechamiento forestal, de ocupación de cauce, salvoconducto para la movilización de madera proveniente de los tratamientos realizados a la vegetación y compensación por endurecimiento de zonas verdes.

- Para la ejecución de las obras el contratista deberá contar con el permiso para apertura y cierre de PIN (para el transporte y disposición de escombros), permiso para el transporte y abastecimiento de combustible en caso de proveerse el suministro de combustible por parte del contratista en obra. Si el contratista lo requiere podrá solicitar el permiso de registro de elementos de publicidad exterior visual y vallas, permiso para operación de equipos de construcción y reparación de vías y generadores de ruido ambiental en horarios restringidos.

- Las obras se realizarán en predios de tipo público, por lo que no se requieren procedimientos de actuaciones para la entrega o titulación.

- Se debe realizar la erradicación del 100% de la especie vegetal Retamo Liso, debido a que se considera como una planta invasora que puede generar perturbaciones a la estructura y composición de la vegetación actual.

- Para la ejecución de la obra se plantean socializaciones, programas de información a la comunidad, vinculación de la comunidad como mano de obra y la participación de la comunidad en la veeduría ciudadana.

- La evaluación ambiental indica que los componentes más afectados son el biótico y el geoesférico, las actividades planteadas causan temporalmente la invasión de zonas verdes y afectación a las actividades de la IED Los Pinos.

- La ejecución de las obras afectara temporalmente el tránsito en la Diagonal 4ª, por lo que se realizaran cierres parciales en un carril en tramos de 10 metros, los cuales se desplazaran a medida que la obra avance.

- Dentro del área de estudio se localiza parte de la Zona de Manejo y Protección Ambiental ZMPA y Zona de Ronda Hidráulica ZRH correspondientes a la Quebrada El Chorrerón, estas zonas deben tratarse de acuerdo a la normatividad ambiental, el resto de zonas corresponden a tejido urbano continuo compuesto por zonas recreacionales, residenciales, educacionales y comunales, red vial y territorios asociados, pastos limpios y enmalezados, zonas de arbustos densos y afloramientos rocosos.

- El área de estudio cuenta con redes de acueducto de 3” y 4” de diámetro en PVC, redes de alcantarillado sanitario de 8”, 9” y 12” de diámetro en concreto y redes de alcantarillado pluvial el cual es descargado en la Quebrada El Chorrerón. Algunas estructuras de captación de la red de alcantarillado pluvial se encuentran obstruidas por la presencia de basuras y residuos sólidos y por el deslizamiento presentado en la Diagonal 4 A.

- En la estratigrafía definida por la exploración directa e indirecta se identifican doce tipos de materiales: Relleno, suelo arenoso, depósito fluviotorrencial, suelo residual, arcillolita de la Formación Guadua, arenisca de la Formación Cacho, Depósito de pendiente, Suelo arcilloso con niveles de arenisca, depósito fluviotorrencial con arenisca, suelo limoso de la Formación Cacho y suelo arenoso de la Formación Cacho.

- En la zona de estudio se identifican 4 zonas de saturación: En la margen derecha e izquierda de la Quebrada El Chorrerón y ladera del Colegio Los Pinos (Zona saturada por infiltración); Zonas con pendientes mayores a 25% (Zona de escurrimiento e infiltración); Zonas de depósito fluviotorrencial (Zona de no retención por infiltración); Vías y unidades de roca arcillolita (Zonas impermeables).

- En el área de estudio se identifican 5 zonas geotécnicas, las cuales presentan un mecanismo de falla rotacional a excepción de la zona geotécnica 5 que presenta un mecanismo de falla en cuña.

- En el área de estudio se tienen 78 individuos arbóreos de los cuales 3 presentan deficiencias físicas y sanitarias, interferencias con infraestructura o redes, zonas de pendiente o susceptibles a volcamiento por lo cual se requiere su tala, el resto de individuos se conservarán.

En el inventario forestal no se identificaron individuos endémicos, en peligro, vedadas o en vía de extinción que afectara la ejecución del proyecto. El 100% de los individuos carece de un adecuado manejo silvicultural, que garantice el normal desarrollo, físico, sanitario y escénico de los individuos.

RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura del colegio Los Pinos y las obras que resulten del mismo, como complemento a las obras planteadas en el presente estudio.

- Implementar programas de conservación y protección propuestos por la consultoría con el fin de mejorar las características ecosistémicas (edáficas, hidrológicas, forestales) de las coberturas vegetales que hacen parte del área de estudio.

- Realizar la limpieza en el sistema de alcantarillado pluvial y demás obras de captación de aguas lluvia en el sector de estudio para garantizar el adecuado funcionamiento de las obras propuestas.
- Informar a la comunidad sobre el cuidado de las obras construidas y trabajar en conjunto con ésta para garantizar el mantenimiento de las obras y el aseo en las obras hidráulicas.

- Establecer puntos de depósitos de basura para evitar que el sistema de alcantarillado pluvial se obstruya nuevamente con residuos.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO ENRIQUE. El Manto de la Tierra, Flora de los Andes, CAR, GTZ, KFW. 1995.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Estudio general de amenaza sísmica de Colombia, AIS, 2009.

CIVILES LTDA. Estudio de riesgos por remoción en masa y diseños detallados de obras de protección, control y estabilización en el barrio La Peña, localidad de Santa Fe. Bogotá D.C, 2000.

CONSORCIO CEDIEL 297. Estudios técnicos atención de emergencias. Bogotá D.C, 2004.
DUNCAN, W. CHRIS, M. Rock Slope Engineering: Fourth Edition. CRC Press. New York, 2004.

FABIO PICO Y CIA LTDA. Consultoría para la delimitación de la ronda hidráulica y zona de manejo y preservación ambiental. Bogotá D.C, 2000.

GONZÁLEZ MAURICIO. Guía de Árboles de Santa fe de Bogotá. DAMA, Colección Tercer Milenio.1995.

HETTNER, H. La Cordillera de Bogotá, resultados de viajes y estudios. Primera Versión en Castellano de E. GUHL, edición del Banco de la Republica, Bogotá, 1892.
HIDROGEOLOGÍA Y GEOTECNIA AMBIENTAL LTDA. Estudio geotécnico barrio los Laches. Bogotá D.C, 1998.

HUBACH, E. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Instituto Geológico Nacional. Bol. Geol., 2:93-112. Bogotá, 1957.

IDU – DAMA – JARDÍN BOTÁNICO. Complemento al Manual Verde, Bogotá, D.C, 2002.
INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Guía de Manejo Ambiental para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Urbana en Bogotá, D.C, 2005.

INGENIERÍA Y GEORIESGOS. Estudios geotécnicos y asesorías en geotecnia y en diseños estructurales EG-01. Estudio geotécnico quebrada El Chorrerón. Bogotá D.C, 2006.
INGEOMINAS. Geología de la Sabana de Bogotá. Memoria y mapa geológico. Compilación por Diana Montoya y German Reyes. Bogotá D.C, 2005.

INGEOMINAS. Mapa geológico de Santafé de Bogotá. Proyecto Microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá. Bogotá D.C, 1997.

JAM. Estudios de riesgo por remoción en masa e inundación, así como los diseños de las obras de mitigación requeridas para el Parque Zonal Los Laches. Bogotá, 2009.

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE. Estudio estudios de riesgo por remoción en masa e inundación y diseños de las obras de mitigación requerida para el parque zonal los Laches, ubicado en la calle 5 con carrera 6 B este de Bogotá. Bogotá D.C, 2009.

JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS. Manual de Arborización para Bogotá D. C, 2000.

JULIVERT, M. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de estructuras. UIS. Bol. Geol., 13-14:5-102. Bucaramanga, 1963.

MAHECHA GILBERTO, OVALLE ALBERTO. Vegetación del Territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2004.

Resultados del programa territorios saludables “Localidad de Santa Fe 2012 – Junio de 2015. Recuperado el 10 de mayo, 2018, de: http://fapp.saludcapital.gov.co/estadisticos/BASES/BOLTINES%20PTS/PTS%202012%20A%202015/18.%20Santa%20Fe.pdf

SARMIENTO, G. Estratigrafía y medios del depósito de la Formación Guaduas. INGEOMINAS, Pub. Geol. Esp., 20. 1-44. Bogotá, 1994.

SARMIENTO, G. Palinología de la Formación Guaduas - Estratigrafía y Sistemática. INGEOMINAS. Bol. Geol., 32 (1-3): 45-126. Santafé de Bogotá, 1992.

Veinte Monografías de las localidades- Distrito Capital 2011. Recuperado el 09 de Mayo, 2018, de: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%203%20SantaFe/MONOGRAFIA/3%20Santa%20Fe%20monografia%202011.pdf