

**ESTUDIO Y DISEÑO DE ACCIONES Y MEDIDAS ADAPTATIVAS
A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y REDUCCIÓN DEL
RIESGO EN ZONAS PRIORIZADAS DEL DISTRITO CAPITAL**

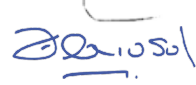
**Contrato IDIGER-294-2025
INFORME PARCIAL 2 – POLÍGONO 1**

**CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025
INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO
CLIMÁTICO -IDIGER-**

AGOSTO DE 2026

BOGOTÁ D.C

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
CONSULTORÍA CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025	JAVIER ANTONIO MILLÁN	
INTERVENTORÍA CONSORCIO INTERVENTORÍA CAMBIO	FLAVIO SOLER SIERRA	

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIONES
1	mayo de 2026	

TABLA DE CONTENIDO

1	GENERALIDADES	28
1.1	INTRODUCCIÓN	28
1.2	ANTECEDENTES	29
1.3	CONTEXTO TERRITORIAL DEL PROYECTO	31
1.4	OBJETIVO.....	33
1.5	LOCALIZACIÓN	33
2	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	35
2.1	AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	36
2.2	AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL	38
2.3	DIAGNÓSTICOS Y CONCEPTOS TÉCNICOS IDIGER.....	39
3	LÍNEA BASE FÍSICA	42
3.1	CARTOGRAFÍA BASE.....	42
3.1.1	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - IGAC.....	42
3.1.2	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - EAAB	43
3.2	TOPOGRAFÍA DETALLADA.....	46
3.2.1	RESUMEN EJECUTIVO	46
3.2.2	ALCANCE	46
3.2.3	GEORREFERENCIACIÓN	47
3.2.4	RED GEODÉSICA	47
3.2.5	MATERIALIZACIÓN.....	48
3.2.6	FECHA DE POSICIONAMIENTO	48
3.2.7	ESTACIÓN TOTAL Y RTK.....	50
3.2.8	CAPTURA DE INFORMACIÓN LIDAR.....	50

3.2.8.1	Equipos	50
3.2.8.2	Adquisición de los datos en UAS	51
3.2.8.3	Procesamiento de datos LiDAR	53
3.2.9	RESULTADOS	53
3.2.9.1	Nube de puntos densa	53
3.2.9.2	Ortofotografía	54
3.2.9.3	Modelo digital del terreno (MDT/DEM) y modelo digital de superficie (MDS)	55
3.2.9.4	Planimetría	57
3.2.10	CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN DE PRECISIÓN	59
3.2.11	CONCLUSIONES	60
3.2.12	SIGLAS Y ACRÓNIMOS	61
3.2.13	ANEXOS	62
3.3	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	63
3.3.1	RECOPIACIÓN INFORMACIÓN SECUNDARIA	63
3.3.1.1	Geología Regional	63
3.3.1.2	Geología estructural general	66
3.3.1.3	Geomorfología regional	67
3.3.1.4	Inventario histórico de movimientos en masa y otros eventos	69
3.3.1.5	Estudios previos	71
3.3.2	TRABAJOS DE CAMPO GEOLOGÍA	72
3.3.2.1	Estación 1	74
3.3.2.2	Estación 2	75
3.3.2.3	Estación 3	78
3.3.2.4	Estación 4 y 5	79
3.3.2.5	Estación 6	82
3.3.2.6	Estación 7	96
3.3.3	GEOLOGÍA LOCAL	98
3.3.4	DEFINICIÓN DE UGIS	100
3.3.5	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	103

3.3.5.1	Análisis multitemporal	103
3.3.5.2	Análisis morfométrico	113
3.3.5.3	Cartografía geomorfología	118
3.3.6	CONCLUSIONES	119
3.3.7	ANEXOS	120
3.4	MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO.....	121
3.4.1	INVENTARIO DE PROCESOS MORFODINÁMICOS	121
3.4.1.1	Zonificación de riesgos por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Bogotá	122
3.4.1.2	Revisión de sectores propensos a movimientos en masa (revisión sire)	123
3.4.1.3	Inventario de procesos morfodinámicos	126
3.4.2	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA - INFORMACIÓN SECUNDARIA	128
	Base de datos JAM Ingeniería y Medio Ambiente	129
	Base de datos EAAB.....	133
3.4.3	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA - INFORMACIÓN PRIMARIA	136
3.4.3.1	Exploración directa.....	136
3.4.3.2	Nivel freático	137
3.4.3.3	Exploración indirecta.....	138
3.4.3.4	Caracterización geotécnica	151
3.4.4	MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	154
3.4.5	ANEXOS	157
3.5	EVALUACIÓN SISMOLÓGICA.....	158
3.5.1	AMENAZA Y RESPUESTA SÍSMICA.....	158
3.5.2	INFORME - ZONIFICACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE BOGOTÁ PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES.....	159
3.5.2.1	Zonificación geotécnica	160
3.5.2.2	Zonificación de respuesta sísmica	164
3.6	COBERTURA Y USO DEL SUELO	168

3.6.1	PROCEDIMIENTO	168
3.6.2	UNIDAD MÍNIMA DE MAPEO	169
3.6.3	INSUMO DE APOYO EN LA INTERPRETACIÓN	169
3.6.4	COBERTURA DE LA TIERRA	169
3.6.5	USO ACTUAL DEL SUELO	174
3.6.6	ANÁLISIS MULTITEMPORAL – PROCESOS DE MINERÍA	178
3.6.6.1	Insumos para la interpretación	178
3.6.6.2	Interpretación y comparación 1984 - 2004 - 2021 de la actividad minera - Polígono 1, localidad Usme. Quebrada hoya del ramo – fiscal-parque entre nubes.....	179
3.6.7	DESEMPEÑO DE LA VEGETACIÓN	183
3.6.8	CONCLUSIONES	184
3.6.9	ANEXOS	188
3.7	EVALUACIÓN DE DRENAJE SUPERFICIAL	189
3.7.1	DRENAJE NATURAL.....	189
3.7.2	DRENAJE ARTIFICIAL	191
4	LÍNEA BASE PARA SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA	194
4.1	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATRICES	196
4.1.1	NIVEL DE NATURALIDAD	198
4.1.2	DEFINICIÓN DE MATRICES.....	203
4.1.3	ANEXOS	207
4.2	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PARCHES	208
4.2.1	EVALUACIÓN DE PARCHES EN LA MATRIZ 1 SEMINATURAL	214
4.2.2	EVALUACIÓN DE PARCHES EN LA MATRIZ 2 URBANA EN DESARROLLO	216
4.2.3	ANEXOS	217
4.3	IDENTIFICACIÓN DE OFERTA Y OPORTUNIDADES	218

4.3.1	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	218
4.3.2	OPORTUNIDADES	222
4.3.3	ANEXOS	224
4.4	IDENTIFICACIÓN DE TENSORES Y NECESIDADES (PROBLEMAS Y NECESIDADES SOCIO ECOLÓGICAS)	225
4.4.1	USO DEL SUELO	225
4.4.1.1	Ocupación incompatible	226
4.4.2	OCUPACIÓN	228
4.4.2.1	Cambio en el patrón de drenaje.....	229
4.4.2.2	Llenos y cortes antrópicos.....	231
4.4.2.3	Amenazas socionaturales.....	232
4.4.2.4	Explotación minera.....	239
4.4.3	ESPECIES INVASORAS	240
4.4.3.1	Retamo espinoso.....	240
4.4.4	GESTIÓN SOCIAL	241
4.4.4.1	Programa de Planeación y Definición de Actores Convocados.....	241
4.4.4.2	Programa de Información y Divulgación	242
4.4.4.3	Programa de Atención a la Comunidad.....	252
4.4.4.1	Resultados	253
4.4.5	ANEXOS	257
4.5	ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	258
4.5.1	CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA REGIONAL.....	258
4.5.1.1	Precipitación total anual	258
4.5.1.2	Número de días con lluvia al año	259
4.5.1.3	Temperatura media anual.....	260
4.5.1.4	Clasificación climática.....	261
4.5.2	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	263
4.5.2.1	Recopilación de información hidroclimatológica disponible	263

4.5.3	RESUMEN DEL CLIMA A PARTIR DE INFORMACIÓN OBTENIDA DE ESTACIONES	264
4.5.3.1	Precipitación.....	264
4.5.3.2	Temperatura.....	266
4.6	ANÁLISIS DE VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO	269
4.6.1	METODOLOGÍA	269
4.6.2	COMPARACIÓN NORMALIZADA DE MÓDULOS MENSUALES.....	271
4.6.3	DÉFICIT HIDROLÓGICO.....	273
4.6.4	VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y RELACIÓN CON ENSO	276
4.6.5	ESCENARIOS HIDROLÓGICOS ASOCIADOS A ENSO.....	278
4.6.6	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	279
4.6.6.1	ESCENARIOS REGIONALES DE PRECIPITACIÓN.....	279
4.6.6.2	ESCENARIOS PARA BOGOTÁ D.C.	280
4.6.6.3	AJUSTE DE CURVAS IDF BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	282
4.6.7	ESCENARIOS DETONANTES ASOCIADOS A LA PRECIPITACIÓN	283
4.6.7.1	ESCENARIO BASE O CONDICIÓN HISTÓRICA DE REFERENCIA	284
4.6.7.2	ESCENARIO ASOCIADO A CONDICIONES NIÑO	284
4.6.7.3	ESCENARIO ASOCIADO A CONDICIONES NIÑA.....	284
4.6.7.4	ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO	285
4.6.7.5	ESCENARIO COMPUESTO DE SENSIBILIDAD HIDROLÓGICA.....	285
5	LECTURA INTEGRADA DEL RIESGO CLIMÁTICO	286
6	PLAN DE ACCIÓN	289
6.1	IDENTIFICACIÓN DEL ROL ESTRATÉGICO NATURALEZA (CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS Y VISIÓN DE PAISAJE)	289
6.1.1	REHABILITACIÓN FORESTAL DE LADERA.....	290
6.1.2	INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA Y MANEJO DE ÁREAS LIBERADAS	291
6.2	PRIORIZACIÓN DE LAS OPCIONES PARA EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA	294

6.2.1	ACCIONES Y SUBACCIONES CON ARTICULACIÓN A LAS SBN	295
6.2.2	FICHAS PARA LAS PROPUESTAS CONCEPTUALES DE LAS SBN	297
6.2.2.1	Ficha 1. Protección y Conservación de ecosistemas de importancia ecológica	297
6.2.2.2	Ficha 2. Recuperación de áreas afectada por retamo espinoso	300
6.2.2.3	Ficha 3. Definición de estrategia con especies vegetales para la mitigación de incendios forestales	305
6.2.2.4	Ficha 4. Tratamiento paisajístico de las áreas liberadas	308
6.2.2.5	Ficha 5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión (obras verdes, azules, híbridas).....	311
6.2.2.6	Ficha 6. Estrategia de separación de residuos sólidos.	319
6.2.3	ZONAS PRIORIZADAS	324
6.2.3.1	Sitio Crítico	324
6.3	ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO PARA LAS SBN	326
7	DISEÑOS	328
7.1	DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA A RESOLVER	328
7.1.1	METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO Y EXPLORACIÓN	328
7.1.2	CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO Y FACTORES DETONANTES	328
7.1.3	CARACTERÍSTICAS MORFODINÁMICAS DEL PROCESO IDENTIFICADO	329
7.2	MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO LOCAL	331
7.2.1	ANÁLISIS MULTITEMPORAL	331
7.3	PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN	336
7.3.1	MURO DE CONTENCIÓN APOYADO EN CAISSON	336
7.3.2	OBRAS COMPLEMENTARIAS	336
7.4	ANÁLISIS TÉCNICOS.....	338
7.4.1	ANÁLISIS RETROGRESIVO (BACK ANALYSIS)	338

7.4.2	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL	343
7.4.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRA	347
7.4.3.1	Alternativa 1	347
7.4.3.2	Alternativa 2	353
7.4.4	ANEXOS	358
7.5	DISEÑOS DETALLADOS - GEOTECNIA	359
7.5.1	DISEÑO OBRAS DE CONTENCIÓN	359
7.5.1.1	Determinación de empujes	359
7.5.1.2	Módulo de reacción horizontal	361
7.5.2	OBRAS COMPLEMENTARIAS	362
7.5.2.1	Trinchos	362
7.5.2.2	Diseño de pavimentos	365
7.5.3	IMPLANTACIÓN FINAL DE OBRAS	368
7.5.4	ANEXOS	369
7.6	DISEÑOS DETALLADOS - ESTRUCTURAS	370
7.6.1	OBRAS PROPUESTAS	370
7.6.2	DIMENSIONAMIENTO	370
7.6.2.1	Materiales	370
7.6.2.2	Normas	370
7.6.2.3	Análisis de cargas	371
7.6.2.4	Combinaciones de diseño	371
7.6.2.5	Planos estructuras propuestas	373
7.6.2.6	Procesos constructivos y/o de montaje	373
7.6.2.7	Especificaciones técnicas	376
7.6.2.8	Cantidades	376
7.6.2.9	Conclusiones	376
7.6.3	ANEXOS	377
7.7	DISEÑOS DETALLADOS - HIDRÁULICA	378

7.7.1	COMPONENTE HIDROLOGÍA.....	378
7.7.1.1	Localización de área de aporte.....	378
7.7.1.2	Tiempo de concentración.....	379
7.7.1.3	Cobertura vegetal.....	381
7.7.1.4	Curva IDF	382
7.7.1.5	Caudal estimado Polígono 1.....	384
7.7.2	COMPONENTE HIDRÁULICA.....	385
7.7.2.1	Consideraciones generales.....	385
7.7.3	ANEXOS	389
7.8	ANÁLISIS PREDIAL.....	390
7.8.1	AFECTACIÓN PREDIAL.....	392
7.8.2	ANEXOS	394
7.9	PRESUPUESTO	395
7.9.1	OBJETIVOS	395
7.9.1.1	Objetivo general	395
7.9.1.2	Objetivos específicos	395
7.9.2	ALCANCE	396
7.9.3	METODOLOGÍA	396
7.9.3.1	Clasificación y precisión del presupuesto	397
7.9.4	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS Y PROCESO CONSTRUCTIVO	398
7.9.4.1	Sistema de contención principal — muro sobre Caisson	398
7.9.4.2	Obras complementarias de bioingeniería	399
7.9.4.3	Placa huella.....	399
7.9.4.4	Proceso constructivo general.....	399
7.9.4.5	Recomendaciones constructivas y control en obra	401
7.9.5	COSTOS DIRECTOS DE OBRA	402
7.9.6	ÍTEMS DE PAGO	402

7.9.7	CANTIDADES DE OBRA	403
7.9.8	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN	403
7.9.9	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)	404
7.9.10	COTIZACIONES Y SOPORTE DE PRECIO	404
7.9.11	AIU (ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD)	404
7.9.12	RESULTADOS OBTENIDOS	405
7.9.13	ANEXOS	406
8	GESTIONES COMPLEMENTARIAS	407
8.1	APROPIACIÓN SOCIAL Y GOBERNANZA.....	407
8.1.1	PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL COMUNITARIA	407
8.1.2	PROGRAMA DE FORMACIÓN TÉCNICA LOCAL.....	407
8.1.3	PROGRAMA DE CONTRATACIÓN E INCLUSIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL 407	
8.1.4	PROGRAMA DE MONITOREO PARTICIPATIVO Y VIGÍAS COMUNITARIOS DEL RIESGO.....	408
8.2	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	409
8.2.1	INTRODUCCIÓN	409
8.2.2	OBJETIVOS.....	410
8.2.2.1	Objetivo General	410
8.2.2.2	Objetivo Específicos	410
8.2.3	MARCO NORMATIVO	410
8.2.4	ALCANCE	413
8.2.5	METODOLOGÍA	415
8.2.6	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	416
8.2.6.1	Actividades Preliminares y Movimiento de Tierras.....	416

8.2.6.2	Obras de Contención (Infraestructura de Estabilización)	417
8.2.6.3	Obras de Pavimentación (Placa Huella)	418
8.2.6.4	Obras de Bioingeniería y Restauración Paisajística	418
8.2.6.5	Transporte y Disposición Final de Materiales	418
8.2.7	DEFINICIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIA	419
8.2.7.1	Área de Influencia del Medio Abiótico (AIMA)	419
8.2.7.2	Área de Influencia del Medio Biótico (AIMB)	420
8.2.7.3	Área de Influencia del Medio Socioeconómico (AIMS)	420
8.2.7.4	Área de Influencia Definitiva del Proyecto	421
8.2.8	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	421
8.2.8.1	Componente Abiótico	421
8.3	PLAN DE GESTIÓN SOCIAL	452
8.3.1	OBJETIVOS	452
8.3.1.1	Objetivos específicos	452
8.3.2	TALENTO HUMANO	452
8.3.3	ACTIVIDADES PREVIAS	453
8.3.4	PROGRAMA DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD	454
8.3.4.1	Servicio a la ciudadanía	454
8.3.4.2	Dialogo y participación ciudadana	454
8.3.5	PROGRAMA DE DIVULGACIÓN	456
8.3.5.1	Reuniones de inicio	457
8.3.5.2	Reuniones de avance	458
8.3.5.3	Reunión de finalización	459
8.3.5.4	Reuniones informativas extraordinarias	459
8.3.6	COMITÉ PARTICIPATIVO	459
8.3.7	PUNTO DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD	460
8.3.8	RECORRIDOS URBANOS	461
8.3.9	ACTAS DE VECINDAD Y/O FACHADA	463

8.3.9.1	Actas de acceso a garajes y rampas	465
8.3.9.2	Información por suspensión de acceso a garajes.....	467
8.3.9.3	Actas de compromiso	467
8.3.9.4	Levantamiento de registro filmico de andenes, fachadas y de las vías que serán empleadas como desvíos	468
8.3.9.5	Actas adecuación técnica de las bajantes de aguas lluvias	470
8.3.9.6	Programa de cultura ciudadana	470
8.3.10	SUGERENCIAS	472
9	REFERENCIAS	474

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1	Localización Polígonos de estudio	30
Figura 1-2	Localización del proyecto, polígono 1	34
Figura 2-1	Registro fotográfico, Polígono 1	36
Figura 2-2	Amenaza por movimientos en masa, Polígono 1	37
Figura 2-3	Amenaza por Avenida Torrencial, Polígono 1	38
Figura 2-4	Localización Diagnósticos y conceptos técnicos Polígono 1	39
Figura 3-1	Materialización de puntos de control geodésico en el Polígono 1	49
Figura 3-2	Preparación e inicio del vuelo LiDAR – Polígono 1	52
Figura 3-3	Trayectoria de vuelo planificada – captura de pantalla DJI Pilot 2.....	52
Figura 3-4	Ortofotografía – Polígono 1	55
Figura 3-5	Modelo Digital del Terreno (MDT/DEM) – Polígono 1	56
Figura 3-6	Modelo Digital de Superficie (MDS) – Polígono 1	57
Figura 3-7	Plano topográfico planimétrico y altimétrico del área de estudio – Polígono 1	59
Figura 3-8	Geología UGS cuenca de la Hoya del Ramo polígono 1	65
Figura 3-9	Geomorfología de la Hoya del Ramo - Entre Nubes.....	68
Figura 3-10	Sitios críticos por mm, inundación y avenidas torrenciales.....	70

Figura 3-11 Reporte de eventos de mm y avenidas torrenciales SIMMA	70
Figura 3-12 Ubicación de estaciones de campo.....	73
Figura 3-13 Fotografía Estación 1	75
Figura 3-14 Columna Estación 2	76
Figura 3-15 Estación E1 y E2	77
Figura 3-16 Análisis cinemático E1 Y E2.....	78
Figura 3-17 Estación 3.....	79
Figura 3-18 Estación 4 y 5.....	80
Figura 3-19 Estación 5-1	81
Figura 3-20 Estación 6.....	82
Figura 3-21 Perfil estratigráfico.....	84
Figura 3-22 Análisis cinemático de los datos estructurales	85
Figura 3-23 Fotografía PC 6-1	86
Figura 3-24 Foto desde arriba deslizamiento	87
Figura 3-25 Perfil estratigráfico estación PC6-2	89
Figura 3-26 Afloramiento 2 PC 6-2	90
Figura 3-27 Afloramiento 3 PC6-2	91
Figura 3-28 Análisis cinemático de datos estructurales E 6-2	92
Figura 3-29 Afloramiento estación PC6-3.....	93
Figura 3-30 Afloramiento estación 6-4.....	94
Figura 3-31 Afloramiento estación 6-5.....	96
Figura 3-32 Surcos generados por escorrentías	97
Figura 3-33 Deslizamiento rotacional polígono 1	98
Figura 3-34 Figura de mapa de unidades geológicas superficiales.	100
Figura 3-35 Figura de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGIS).....	102
Figura 3-36 Sección A-A' Perfil General	103

Figura 3-37 Unidades Geomorfológicas del área de estudio	105
Figura 3-38 Fotointerpretación 1984	106
Figura 3-39 Fotointerpretación 1992	107
Figura 3-40 Fotointerpretación 1999	108
Figura 3-41 Fotointerpretación 2004	110
Figura 3-42 Fotointerpretación 2007	111
Figura 3-43 Fotointerpretación 2015	112
Figura 3-44 Fotointerpretación 2025	113
Figura 3-45 Mapa de pendientes	115
Figura 3-46 Mapa UGIs con ubicación secciones diferencias topográficas entre 1960 - 2021	116
Figura 3-47 Sección B-B'	117
Figura 3-48 Sección C-C'	117
Figura 3-49 Figura de Elementos y Componentes Geomorfológicos	119
Figura 3-50 Localización de sectores propensos a movimientos en masa según la base de datos del SIRE – Polígonos 1	124
Figura 3-51 Localización de sectores propensos a movimientos en masa según la base de datos del SIRE (terreno) – Polígonos 1	125
Figura 3-52 Surcos generados por escorrentías	127
Figura 3-53 Deslizamiento rotacional polígono 1	128
Figura 3-54 Sondeos de la base de datos JAM. POLIGONO 2	132
Figura 3-55 Sondeos de base de datos del EAAB. Polígono 1	135
Figura 3-56 Localización sondeos	137
Figura 3-57 Columnas sondeos	138
Figura 3-58 Localización de tomografías de resistividad eléctrica polígono 1	139
Figura 3-59 Localización de ensayos de línea sísmica de refracción polígono 1	140

Figura 3-60 Gráfica de relación de Rho aparente (resistividad aparente) Vs Distancia. Grafica de datos adquiridos posteriormente filtrados	141
Figura 3-61 Diagrama de dispersión de datos.....	141
Figura 3-62 Pseudosecciones teórica y Sección Calculada Tomografía	142
Figura 3-63 Sección calculada SCHLUMBERGER	143
Figura 3-64 Sección calculada (modelo suavizado) WENNER	144
Figura 3-65 Tomografía Vp.....	146
Figura 3-66. Perfil del suelo interpretado resultados sísmica de refracción LSR 1	147
Figura 3-67 Perfil Vs-5 LSR-1.....	149
Figura 3-68 Perfil 2D Velocidad de onda de corte (Unidades en m/s y m) – LSR-1	150
Figura 3-69 Variación SPT	151
Figura 3-70. Diagrama de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal. Relleno	152
Figura 3-71. Parámetros mecánicos.....	154
Figura 3-72. Modelo geológico geotécnico.....	156
Figura 3-73 Zonificación geotécnica de la ciudad de Bogotá - Decreto 523 de 2010.	161
Figura 3-74 Zonificación Geotécnica - Polígono 1.....	163
Figura 3-75 Zonificación de respuesta sísmica de la ciudad de Bogotá - Decreto 523 de 2010.....	165
Figura 3-76 Zonificación de Respuesta Sísmica - Polígono 1	167
Figura 3-77 Cobertura de la tierra Polígono 1	170
Figura 3-78 Distribución porcentual de la cobertura de la tierra Polígono 1.....	173
Figura 3-79 Uso actual del suelo Polígono 1	175
Figura 3-80 Distribución porcentual del uso actual del suelo Polígono 1	177
Figura 3-81. Fotointerpretación 1984 polígono 1.....	180
Figura 3-82. Fotointerpretación 2004 polígono 1.....	181
Figura 3-83. Interpretación 2021 polígono 1.....	182

Figura 3-84. Comparación del uso del suelo relacionado con los procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)	183
Figura 3-85. El papel de la vegetación como estrategia para las SbN	184
Figura 3-86 Hidrografía – Polígono 1	189
Figura 3-87 Cuerpos de agua naturales – Polígono 1	190
Figura 3-88 Hidrografía Planchas IGAC 1960 – Polígono 1	190
Figura 3-89 Hidrografía Planchas IGAC 1981 – Polígono 1	191
Figura 3-90 Red menor de acueducto – Polígono 1	192
Figura 3-91 Red de alcantarillado – Polígono 1	193
Figura 4-1 Articulación entre sistema hídrico, uso del suelo y matrices territoriales	197
Figura 4-2 Estrategias de intervención según matrices de ocupación y funcionalidad territorial.....	198
Figura 4-3 Niveles de naturalidad.....	202
Figura 4-4 Perfil de naturalidad	203
Figura 4-5 Matrices polígono 1	204
Figura 4-6 Parches identificados por matriz	214
Figura 4-7 Oportunidades identificadas en el polígono de estudio.....	224
Figura 4-8 Ocupación incompatible	228
Figura 4-9 Cambio en el patrón de drenaje	230
Figura 4-10 Llenos y cortes antrópicos.....	232
Figura 4-11 Amenaza por movimientos en masa	234
Figura 4-12 Amenaza por inundación.....	235
Figura 4-13 Amenaza por avenida torrencial.....	236
Figura 4-14 Amenaza por incendios forestales	237
Figura 4-15 Procesos	239
Figura 4-16 Retamo espinoso	241

Figura 4-17 Pieza Grafica Invitación Reunión de Inicio Polígono 1	243
Figura 4-18 Evidencia Convocatoria vía WhatsApp Reunión de inicio Polígono	244
Figura 4-19 Reunión de Inicio Polígono 1	245
Figura 4-20. Pieza Grafica Invitación Taller Participativo Polígono 1	246
Figura 4-21 Evidencia Convocatoria vía WhatsApp Taller Participativo Polígono 1	247
Figura 4-22 Cartografía Social.....	249
Figura 4-23 Taller Participativo Polígono 1.....	250
Figura 4-24 Mapa elaborado por la comunidad Polígono 1.....	250
Figura 25 Valores de precipitación total anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.	259
Figura 26 Valores de No. de días de lluvia al año para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.	260
Figura 27 Valores de temperatura media anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.	261
Figura 28 Clasificación climática del departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.....	262
Figura 29 Ubicación de estacion IDIGER asociadas a polígono 1	264
Figura 30 – Regimén de precipitaciones – Estación La Fiscala (2120000107).....	265
Figura 31 – P max 24 horas mensual multianual – Estación La Fiscala (2120000107)...	266
Figura 32 P Temperatura mensual multianual – Estación La Fiscala (2120000107)	267
Figura 17 Continuidad temporal y distribución de datos faltantes – Estación La Fiscala.	271
Figura 19 Comparación normalizada de los módulos climatológicos de precipitación acumulada mensual (Pm) y precipitación máxima mensual (Pmáx) – Estación La Fiscala.	272
Figura 21 Déficit local normalizado para precipitación acumulada mensual (Pm) y precipitación máxima mensual (Pmáx) – Estación La Fiscala.....	274
Figura 22 Déficit acumulado de precipitación acumulada mensual (Pm) y precipitación máxima mensual (Pmáx) – Estación La Fiscala.....	275

Figura 25 Déficit local normalizado y condiciones ENSO - Estación La Fiscala.	277
Figura 26 Factores de ajuste de precipitación asociados a las fases ENSO para la estación La Fiscala.	278
Figura 29 Proyección de variación porcentual de la precipitación (-20% a +20%) en periodos húmedos y secos de Bogotá.	280
Figura 30 Curvas IDF ajustadas mediante un factor climático de 1.20 – Polígono 1.	283
Figura 6-1 Localización sitio crítico Polígono 1.....	325
Figura 7-1. Sitio crítico Polígono 1.....	329
Figura 7-2 Proceso sobre la topografía	330
Figura 7-3 Contrastación topográfica año 1981-1974 y 2021	332
Figura 7-4. Localización zona de relleno	333
Figura 7-5 Ubicación perfiles de trabajo	334
Figura 7-6. Perfil 1 de contrastación topográfica	334
Figura 7-7. Perfil 2 de contrastación topográfica	335
Figura 7-8 Detalle proceso por contrastación topográfica	335
Figura 7-9 Esquema sistema de contención	336
Figura 7-10 Parámetros ingresados a slide (Pgrsa) Arenisca	339
Figura 7-11 Parámetros ingresados a slide (Pgrsar) Arcillolita	339
Figura 7-12. Parámetros ingresados a slide relleno	340
Figura 7-13. Modelo Back Analysis	341
Figura 7-14. Parámetros utilizados en el modelo	341
Figura 7-15. Análisis paramétrico	342
Figura 7-16. Variación de parámetros mecánicos	343
Figura 7-17 Modelo geotécnico y parámetros sitio crítico	344
Figura 7-18 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + seco.....	345
Figura 7-19 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + saturado	345

Figura 7-20 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudostático + seco	346
Figura 7-21 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudoestático + saturado.....	346
Figura 7-22 Modelo geotécnico y parámetros sitio crítico	348
Figura 7-23 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + seco	349
Figura 7-24 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + saturado	350
Figura 7-25 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudostático + seco	351
Figura 7-26 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudoestático + saturado.....	352
Figura 7-27 Modelo geotécnico y parámetros sitio crítico	354
Figura 7-28 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + seco	355
Figura 7-29 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + saturado	355
Figura 7-30 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudostático + seco	356
Figura 7-31 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudoestático + saturado.....	356
Figura 7-32 Diagrama de presiones totales Muro cimentado en cortina de Caisson estático	360
Figura 7-33 Diagrama de presiones totales Muro cimentado en cortina de Caisson pseudoestático.....	361
Figura 7-34 Esquema de cortes en obras complementarias	364
Figura 7-35 Vista en perfil trincho en madera.....	364
Figura 7-36 Imágenes de referencia obra complementaria trincho en madera	365
Figura 7-37 Sección transversal placa huella	366
Figura 7-38 Sección longitudinal placa huella	366
Figura 7-39 Modulación de placa huella.....	367
Figura 7-40 Planta losa de transición	367
Figura 7-41 Sección viga de transición.....	368
Figura 7-42 Implantación obra de contención	368
Figura 7-43 Implantación general del proyecto	369

Figura 7-44 Ubicación área de aporte Polígono 1	378
Figura 7-45 Curva IDF para la zona de estudio.....	384
Figura 7-46 Curva IDF para la zona de estudio.....	389
Figura 7-47 Análisis predial	391
Figura 7-48 Área del Polígono 1 asociada al Parque Distrital Ecológico de Montaña (PDEM)	392
Figura 7-49 Afectación predial.....	394
Figura 50 Metodología para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental.	416
Figura 51 Hidrografía – Polígono 1.....	427
Figura 52 Cuerpos de agua naturales – Polígono 1	427
Figura 53 Hidrografía Planchas IGAC 1960 – Polígono 1.....	428
Figura 54 Hidrografía Planchas IGAC 1981 – Polígono 1	428
Figura 55 Red menor de acueducto – Polígono 1	430
Figura 56 Red de alcantarillado – Polígono 1.....	431
Figura 57 Valores de precipitación total anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.	432
Figura 58 59 Valores de No. de días de lluvia al año para el departamento de Cundinamarca y Bogotá.....	433
Figura 60 Valores de temperatura media anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.	434
Figura 61 Cobertura de la tierra Polígono 1	436
Figura 62 Distribución porcentual de la cobertura de la tierra Polígono 1	439
Figura 63 Fotointerpretación 1984 polígono 1	442
Figura 64. Fotointerpretación 2004 polígono 1	443
Figura 65 Interpretación 2021 polígono 1	444
Figura 66. Comparación del uso del suelo relacionado con los procesos de minería o explotación de	

canteras (actuales o abandonadas)	445
Figura 67 El papel de la vegetación como estrategia para las SbN	446
Figura 68 Ozono Promedio Anual	448
Figura 69 Material particulado fino (2.5pm) Promedio Anual	449
Figura 70 Material particulado fino (10pm) Promedio Anual	450
Figura 8-71 Localización sitio de reuniones	457
Figura 8-72 Ubicación sitio de reuniones	457

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1, Revisión de información de diagnósticos y conceptos técnicos del IDIGER para el Polígono 1	40
Tabla 3-1 Insumos IGAC utilizados en el estudio	43
Tabla 3-2 Coordenadas de los Puntos de Control Geodésico (MAGNA-SIRGAS / CTM-12)	48
Tabla 3-3 Verificación de precisión – Puntos de control altimétrico independientes	59
Tabla 3-4 Resumen de parámetros de calidad del levantamiento LiDAR – Polígono 1	60
Tabla 3-5 Coordenadas de las ubicaciones	73
Tabla 3-6 Datos estructurales de la Estación 2	76
Tabla 3-7 Datos de levantamiento estructural Estación 6	83
Tabla 3-8 Datos de levantamiento estructural Estación PC6-2	92
Tabla 3-9 Datos de levantamiento estructural Estación PC6-3	94
Tabla 3-10 Datos estructurales levantados estación 6-4	95
Tabla 3-11 Imágenes de sensores remotos	104
Tabla 3-12 Fuentes de información para la caracterización geotécnica del área de estudio	121
Tabla 3-13 Convenciones de obras	125

Tabla 3-14 Sectores propensos a movimientos en masa según la base de datos del SIRE	126
Tabla 3-15 Listado maestro de proyectos incorporados en la base de datos de caracterización geotécnica. Localidad Usme	131
Tabla 3-16 Listado de sondeos de base de datos JAM.....	132
Tabla 3-17 Listado maestro de proyectos incorporados en la base de datos de caracterización geotécnica. SISGEO EAAB.....	135
Tabla 3-18 Relación de cantidad de perforación CTM12	136
Tabla 3-19 Profundidad nivel freático	137
Tabla 3-20 Ubicación y longitud Ensayos tomografía de resistividad polígono 1.....	139
Tabla 3-21 Ubicación y longitud Ensayos de líneas sísmicas de refracción polígono 1 ..	140
Tabla 3-22 Perfil Vs30 LSR-1	148
Tabla 3-23 Módulo de Young Perfil Zona geotécnica A	153
Tabla 3-24. Coeficiente de Poisson Perfil Zona geotécnica A.....	153
Tabla 3-25. Coeficiente de Poisson Perfil Zona geotécnica A.....	153
Tabla 3-26 Características de las unidades Geotécnicas - Polígono 1	163
Tabla 3-27 Parámetros Sísmicos de Diseño - Polígono 1.....	167
Tabla 3-28. Relación de los insumos de los sensores remotos utilizados en la etapa de interpretación	168
Tabla 3-29 Leyenda cobertura de la tierra Polígono 1	170
Tabla 3-30 Leyenda uso actual del suelo Polígono 1	175
Tabla 3-31. Relación de aerofotografías y ortofotomosaicos	178
Tabla 3-32. Incidencia tanto de la cobertura de la tierra como del uso actual del suelo sobre la estabilidad del terreno.....	186
Tabla 4-1 Descripción general de los niveles de naturalidad	200
Tabla 4-2 Caracterización de matrices homogéneas	205
Tabla 4-3 Codificación criterios de análisis de parches.....	209

Tabla 4-4 Parches identificados por matriz	213
Tabla 4-5 Evaluación de parches en la matriz 1 seminatural (Sn)	215
Tabla 4-6 Evaluación de parches en la matriz 2 Urbana en desarrollo (Ud)	217
Tabla 4-7 Servicios ecosistémicos identificados	221
Tabla 4-8 Áreas identificadas como oportunidades.....	224
Tabla 4-9 Tensores identificados en el área de estudio	225
Tabla 4-10 Canales de atención.....	252
Tabla 4-11 Matriz de Necesidades, conflictos y potencialidades Polígono 1	254
Tabla 12 Estaciones con Influencia en la Zona de Estudio.	263
Tabla 13 – Resumen de resultados obtenidos de Precipitación total multianual	265
Tabla 14 – Resumen de resultados obtenidos de Precipitación máxima en 24 horas	266
Tabla 7 Resumen de fases de déficit y exceso hidrológico para la estación La Fiscala.	275
Tabla 9 Intensidades IDF ajustadas – Polígono 1.....	283
Tabla 14 Escenario compuesto Niña + Cambio Climático.	285
Tabla 5-1 Lectura integrada del riesgo climático	287
Tabla 6-1 Régimen de usos de las Áreas de Resiliencia Climática y protección por riesgo	292
Tabla 6-2 Acciones y Subacciones del PAC relacionadas con el polígono.....	295
Tabla 6-3 Posibles fuentes o mecanismos de articulación y financiamiento	327
Tabla 7-1 Resumen condición de inestabilidad	347
Tabla 7-2 Resumen factores de seguridad.....	353
Tabla 7-3 Resumen factores de seguridad.....	357
Tabla 7-4 Parámetros de entrada del suelo SC	359
Tabla 7-5 Módulos de reacción horizontal Caisson.....	362
Tabla 7-6 Esfuerzos admisibles a cortante paralelo a la fibra según NSR-10 (2010), Tabla G.2.2-1	362

Tabla 7-7 Coeficientes de modificación aplicados para condiciones de campo.....	363
Tabla 7-8 Combinaciones y factores de carga	372
Tabla 7-9 Factores para cargas permanentes.....	373
Tabla 7-10 Parámetros morfométricos del área de aporte	379
Tabla 7-11 Tiempos de concentración para el área de aporte	381
Tabla 7-12. Coeficiente de escurrimiento.....	382
Tabla 7-13 Coeficientes curvas IDF para los sitios de estudio.....	382
Tabla 7-14 Valores de intensidad en mm/h para zona de estudio.	383
Tabla 7-15 Valores de intensidad en mm/h para coordenada del paso vehicular.....	384
Tabla 7-16 Periodos de Retorno Tipo de Obra INVIAS.....	385
Tabla 7-17 Características geométricas de cuenta a lo largo de la vía.....	387
Tabla 7-18 Resultados hidráulicos de la cuneta.....	388
Tabla 7-19 Caracterización predial.....	390
Tabla 7-20 Distribución porcentual de las obras según tipo de propiedad.....	393
Tabla 7-21 Número de predios intervenidos según tipo de propiedad	393
Tabla 7-22 Clasificación de precisión de presupuestos de construcción	397
Tabla 7-23 Estructura de costos directos de obra por capítulo, Polígono 1.	402
Tabla 7-24 consolidado del Anexo 01 — Presupuesto del Proyecto.....	406
Tabla 25. Normatividad Ambiental y de Gestión de Riesgo Aplicable.....	411
Tabla 26 Parámetros Geomecánicos del Subsuelo (Polígono 1).....	425
Tabla 8-27 Leyenda cobertura de la tierra Polígono 1	437
Tabla 8-28 Talento humano requerido fase de ejecución de obra	452
Tabla 8-29 Contacto de actores principales	456

	<p>Estudio y diseño de acciones y medidas adaptativas a los efectos del cambio climático y reducción del riesgo en zonas priorizadas del Distrito Capital</p>	 <p>INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO</p>
	<p>INFORME PARCIAL 2 – POLÍGONO I</p>	

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe se desarrolla en el marco del Contrato de Consultoría No. IDIGER-294-2025, cuyo objeto corresponde al estudio y diseño de acciones y medidas adaptativas a los efectos del cambio climático y reducción del riesgo en zonas priorizadas del Distrito Capital. En particular, este documento presenta los resultados técnicos correspondientes al Polígono 1 – Quebrada Hoya del Ramo, sector La Fiscala – Barrio San Martín – Parque Entrenubes, localizado en la localidad de Usme, dentro del Conector Ecosistémico Media Luna del Sur.

El informe integra los componentes requeridos para la caracterización y análisis del polígono, incluyendo cobertura y uso del suelo, geología y geomorfología regional y local, identificación de procesos morfodinámicos, evaluación del drenaje superficial, caracterización geotécnica, exploración directa e indirecta, análisis sísmológico y demás insumos técnicos necesarios para la formulación de medidas de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.

Adicionalmente, el documento incorpora el enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) e intervenciones híbridas, entendidas como alternativas orientadas no solo a la mitigación de procesos de inestabilidad y erosión, sino también a la recuperación funcional del territorio, el manejo de la escorrentía, la restauración de coberturas vegetales, la protección del suelo y el fortalecimiento de los servicios ecosistémicos asociados al Parque Entrenubes y su entorno.

En este sentido, el análisis del Polígono 1 busca consolidar una lectura integral del territorio, articulando criterios geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos, ambientales y sociales, con el fin de establecer las condiciones actuales del sector, identificar los principales factores condicionantes y detonantes de los procesos de inestabilidad, y definir los lineamientos técnicos para la formulación de alternativas de intervención viables, sostenibles y acordes con las condiciones reales del área de estudio.

Los resultados presentados constituyen un insumo fundamental para la estructuración de las medidas de intervención requeridas en el sitio crítico identificado, así como para la

definición de acciones complementarias orientadas a la reducción del riesgo, la adaptación al cambio climático y la recuperación ambiental del borde urbano-ecológico asociado al Parque Entrenubes.

1.2 ANTECEDENTES

El Distrito Capital de Bogotá ha avanzado en el fortalecimiento de los instrumentos de planificación territorial y gestión del riesgo con el fin de reducir la vulnerabilidad de los territorios expuestos a fenómenos naturales, particularmente en zonas de ladera donde se presentan condiciones de susceptibilidad a movimientos en masa.

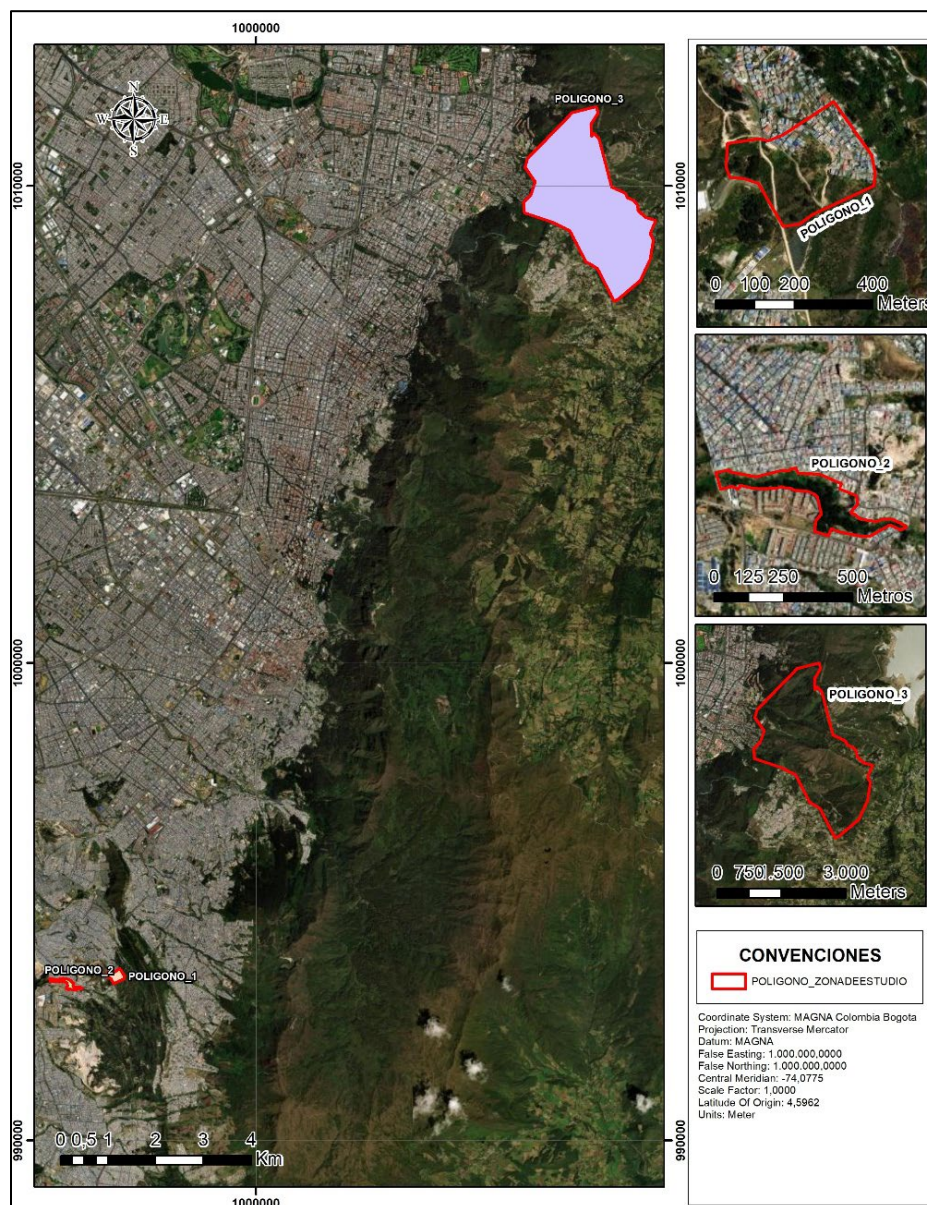
En este contexto, el Plan de Ordenamiento Territorial – POT (Decreto 555 de 2021) establece lineamientos para la gestión integral del riesgo y la adaptación al cambio climático, incluyendo la priorización de laderas estratégicas del Distrito que requieren estudios detallados para la formulación de medidas de reducción del riesgo.

En lo referente a los sectores específicos de intervención del contrato IDIGER-294-2025, se han identificado los siguientes antecedentes técnicos consignados en el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias (SIRE):

- Polígono 1 (San Martín / Parque Entrenubes): El sector se encuentra vinculado al polígono de monitoreo por movimientos en masa codificado como 5-015 "Fiscalá Germinar". Se han reportado procesos de inestabilidad activa asociados a la escorrentía superficial en el corredor de la Calle 59C Sur.
- Polígono 2 (Barrio Panorama): Se registra el Diagnóstico Técnico DI-16377 de 2021, el cual documenta procesos de desprendimiento de rocas y afectaciones en senderos peatonales colindantes al Centro del Adulto Mayor "Tulia Rubiano". Asimismo, el Concepto Técnico CT-7003 de 2013 evaluó el riesgo por avenidas torrenciales en el corredor de la quebrada Hoya del Ramo.
- Polígono 3 (Cerro Virrey Neuque): Se cuenta con los Diagnósticos Técnicos 18929 y 19186 de 2023, emitidos tras eventos de avenidas torrenciales y flujos de lodo que afectaron infraestructura hidráulica en el Canal Molinos y el Tanque Usaquén. Los registros indican una dinámica de socavación lateral activa y transporte de sedimentos en las quebradas Santa Ana y Santa Bárbara.

Estos estudios buscan generar insumos técnicos que orienten la formulación de medidas de reducción del riesgo, integrando tanto soluciones de ingeniería convencional como Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), con el fin de mejorar la estabilidad de las laderas, fortalecer la regulación hídrica, recuperar funciones ecosistémicas y aumentar la resiliencia de los territorios frente a eventos hidrológicos extremos.

Figura 1-1 Localización Polígonos de estudio



Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de estos estudios permitirá complementar y actualizar la información existente sobre las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, geotécnicas y ambientales de los sectores priorizados, así como evaluar la incidencia de factores detonantes y contribuyentes asociados a los movimientos en masa, incluyendo procesos de intervención antrópica, alteraciones en el drenaje superficial, cambios en la cobertura vegetal y dinámicas de ocupación del suelo.

A partir de estos análisis se formularán medidas de reducción del riesgo que integren soluciones estructurales, bioingeniería y Soluciones Basadas en la Naturaleza, permitiendo avanzar hacia intervenciones sostenibles que contribuyan a la protección de la vida, la infraestructura y los ecosistemas en las zonas de ladera del Distrito Capital.

1.3 CONTEXTO TERRITORIAL DEL PROYECTO

El Polígono 1 corresponde al sector La Fiscala – Barrio San Martín – Parque Entrenubes, localizado en la parte alta de la microcuenca de la Quebrada Hoya del Ramo, en la localidad de Usme, dentro del Conector Ecosistémico Media Luna del Sur. Este polígono presenta una localización estratégica por su relación directa con el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes y por su condición de borde urbano-ambiental, donde confluyen dinámicas de ocupación, procesos de transformación del suelo, áreas de valor ecológico y condiciones de amenaza por movimientos en masa.

Desde el punto de vista físico y ambiental, el área de estudio corresponde a un sector de ladera altamente intervenido, con pérdida parcial de cobertura vegetal, modificación de las condiciones naturales de drenaje y presencia de escorrentía superficial concentrada. Estas condiciones han contribuido al deterioro progresivo de los taludes y a la generación de procesos de inestabilidad, especialmente en el corredor vial de la Calle 59C Sur, donde se evidencia afectación asociada al manejo inadecuado de aguas superficiales y a la pérdida de estabilidad del talud inferior.

El sector presenta antecedentes técnicos relacionados con procesos de remoción en masa y se encuentra dentro de un área clasificada con amenaza alta por movimientos en masa. De igual manera, hace parte del polígono de monitoreo por procesos de remoción en masa

del IDIGER 5-015 Fiscala Germinar, lo cual confirma la relevancia técnica del área para el desarrollo de estudios detallados y para la formulación de medidas de reducción del riesgo.

Entre las principales condiciones territoriales identificadas en el Polígono 1 se destacan:

- Presencia de procesos activos de inestabilidad en ladera.
- Afectación del corredor vial de acceso a la parte alta del barrio San Martín.
- Concentración de escorrentía superficial sobre zonas intervenidas.
- Pérdida y transformación de la cobertura vegetal.
- Procesos de ocupación urbana en sectores de borde.
- Alta fragilidad ambiental por su relación con el Parque Entrenubes.
- Potencial para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza e intervenciones híbridas.

Desde una perspectiva ambiental, el Polígono 1 conserva un alto potencial para la recuperación funcional del territorio, teniendo en cuenta su cercanía con áreas de importancia ecológica y su relación con la microcuenca de la Quebrada Hoya del Ramo. En este sentido, el sector permite evaluar alternativas orientadas no solo a la estabilización de laderas y al control de erosión, sino también a la recuperación de coberturas vegetales, el mejoramiento de la regulación hídrica, la protección del suelo y el fortalecimiento de la conectividad ecológica del borde del Parque Entrenubes.

Las condiciones descritas evidencian la necesidad de abordar el análisis del Polígono 1 desde una perspectiva integral, que articule los componentes geológico, geomorfológico, geotécnico, hidrológico, ambiental y social. Este enfoque permite identificar los factores condicionantes y detonantes de los procesos de inestabilidad, así como establecer criterios técnicos para la formulación de medidas de intervención que respondan a las condiciones reales del territorio.

En este contexto, el desarrollo del presente estudio busca consolidar los insumos necesarios para la formulación de alternativas de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático, incorporando soluciones de ingeniería, medidas de manejo de aguas y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), orientadas a mejorar la estabilidad de la

ladera, recuperar funciones ecosistémicas y fortalecer la resiliencia del sector frente a eventos hidroclimáticos extremos.

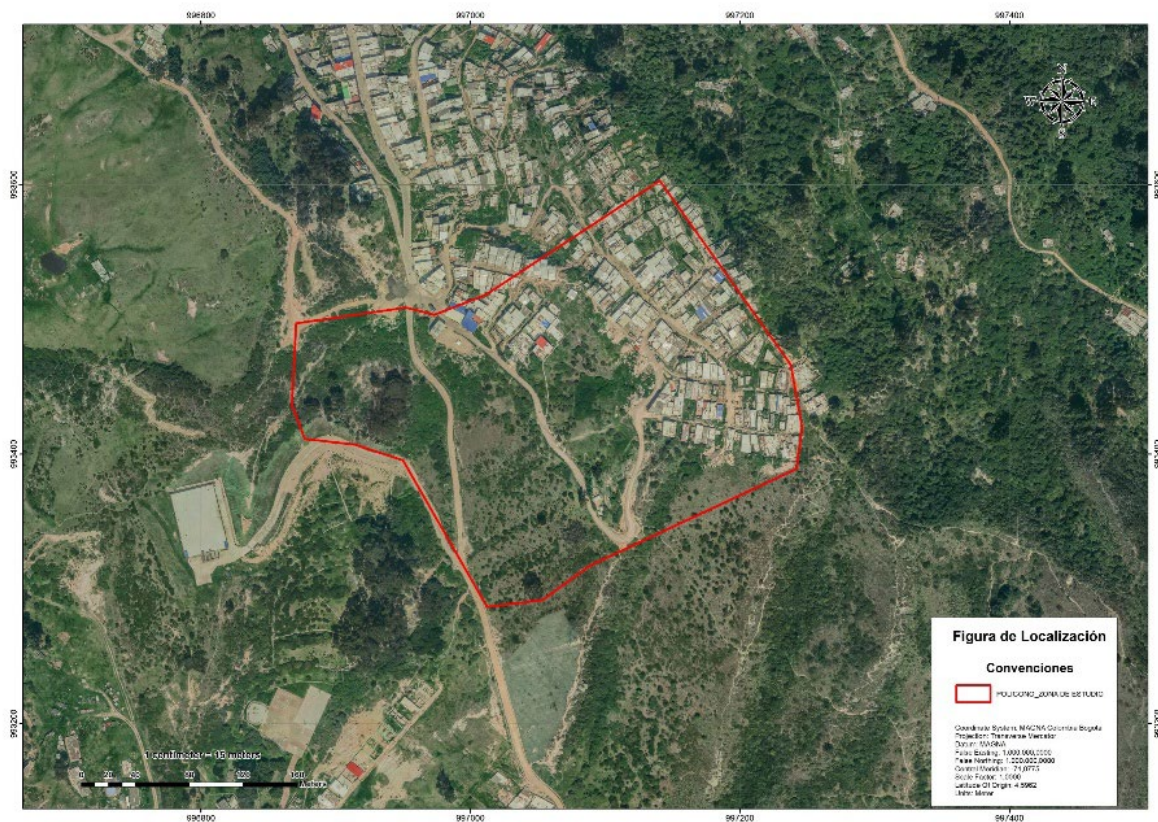
1.4 OBJETIVO

Caracterizar integralmente las condiciones físicas, ambientales y territoriales del Polígono 1 – sector La Fiscala, Barrio San Martín – Parque Entrenubes, mediante el análisis geológico, geomorfológico, geotécnico, hidrológico, de cobertura y uso del suelo, con el fin de identificar los factores condicionantes y detonantes de los procesos de inestabilidad y establecer criterios técnicos para la formulación de medidas de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático, incorporando soluciones de ingeniería, manejo hidráulico y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

1.5 LOCALIZACIÓN

El Polígono 1 comprende un área aproximada de 6,76 ha, localizado en la parte alta de la microcuenca de la quebrada Hoya del Ramo, dentro del corredor ecosistémico Media Luna del Sur, en el límite entre las localidades de Rafael Uribe Uribe y Usme. El área incluye sectores del barrio San Martín (sector La Fiscala), entre la Carrera 4BE y las calles 59C Sur y 61 Sur, con coordenadas aproximadas 4°32'13.2"N – 74°06'15.9"W. El polígono limita directamente con el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes, constituyendo un sector estratégico dentro de los procesos de conectividad ecológica del sur de Bogotá.

Figura 1-2 Localización del proyecto, polígono 1



Fuente: Elaboración Propia

2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

El área corresponde a una ladera altamente intervenida, donde se evidencia pérdida de cobertura vegetal, alteración del sistema natural de drenaje y afectación de la estabilidad del terreno. En este sector se localiza el corredor vial de la calle 59C Sur, el cual presenta problemas de estabilidad en el talud inferior localizado dentro del Parque Entrenubes, asociados principalmente a la concentración de escorrentía superficial proveniente de la ladera y conducida por la vía.

Como consecuencia de estas condiciones, el área presenta procesos activos de remoción en masa, especialmente durante periodos de lluvia, situación que ha generado afectaciones en la movilidad y seguridad de los habitantes del barrio San Martín. Debido a estas condiciones, el sector ha sido identificado como punto crítico por las alcaldías locales de Rafael Uribe Uribe y Usme, y hace parte del polígono de monitoreo por movimientos en masa del IDIGER 5-015 Fiscala Germinar. De acuerdo con la cartografía normativa del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y la información del visor SIG Predial del IDIGER, el área se clasifica dentro de zonas de amenaza alta por remoción en masa.

Las condiciones físicas del sector, caracterizadas por pendientes pronunciadas, escasa infraestructura de manejo de aguas y procesos de urbanización informal, han incrementado la escorrentía superficial y los procesos erosivos, reduciendo la capacidad del territorio para regular el agua y prestar servicios ecosistémicos. No obstante, por su localización estratégica dentro del corredor ecológico del Parque Entrenubes, el polígono presenta un alto potencial para la implementación de medidas de intervención basadas en soluciones basadas en la naturaleza (SbN), orientadas a la estabilización de taludes, restauración ecológica y manejo integral del drenaje superficial, contribuyendo a la reducción del riesgo y a la recuperación ambiental del sector.

Figura 2-1 Registro fotográfico, Polígono 1



Fotografía 1. Parte inferior talud vial



Fotografía 2. Parte superior talud vial



Fotografía 3. Panorámica área estudio



Fotografía 4. Vista aguas abajo vía afectada

Fuente: Anexo técnico, IDIGER

A continuación, se presenta la información recopilada para este polígono.

2.1 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

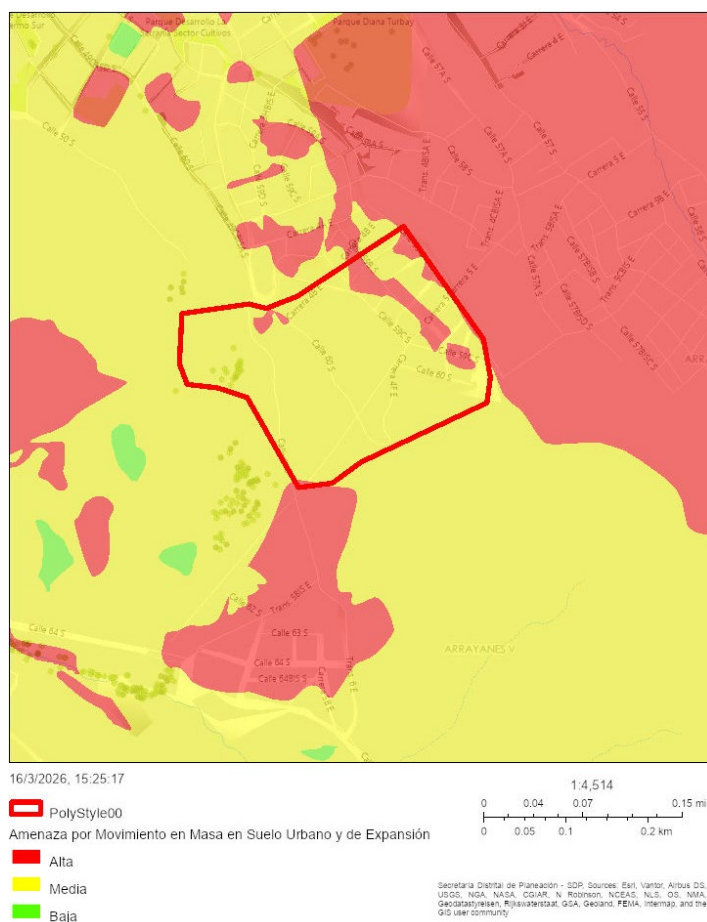
De acuerdo con la cartografía de amenaza por movimientos en masa del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá (Decreto 555 de 2021), el Polígono 1 se localiza principalmente dentro de zonas clasificadas con amenaza media, aunque en su entorno inmediato se identifican sectores con amenaza alta, especialmente hacia las áreas de ladera más pronunciadas y en zonas donde se presentan procesos de inestabilidad previamente identificados.

Las zonas de amenaza alta se distribuyen principalmente en sectores asociados a pendientes más fuertes y a la presencia de drenajes naturales que concentran los flujos de

escorrentía superficial. Estas condiciones, combinadas con la alteración antrópica del terreno y la reducción de la cobertura vegetal, favorecen la ocurrencia de procesos de remoción en masa, particularmente durante periodos de precipitación intensa.

En el interior del polígono predominan áreas clasificadas con amenaza media, lo que indica la presencia de condiciones geomorfológicas susceptibles a procesos de inestabilidad, aunque con un menor nivel de criticidad en comparación con las zonas de amenaza alta. No obstante, la proximidad a sectores de mayor susceptibilidad y la presencia de procesos erosivos activos incrementan el nivel de exposición del área, especialmente en relación con el corredor vial que atraviesa el polígono.

Figura 2-2 Amenaza por movimientos en masa, Polígono 1



Fuente: SIRE

2.2 AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL

De acuerdo con la cartografía de amenaza por avenidas torrenciales del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá (Decreto 555 de 2021), el Polígono 1 se localiza principalmente dentro de zonas clasificadas con amenaza baja, lo cual indica que el área no corresponde directamente a los corredores principales de flujo asociados a este tipo de eventos.

Sin embargo, en el entorno cercano del polígono se identifican sectores con amenaza alta asociados a los cauces naturales y corredores de drenaje de la microcuenca, los cuales constituyen las rutas potenciales de concentración y transporte de flujos torrenciales durante eventos de precipitación intensa. Estos corredores se localizan principalmente hacia las partes bajas del relieve y en zonas donde convergen los drenajes naturales del sistema hidrográfico local.

Figura 2-3 Amenaza por Avenida Torrencial, Polígono 1



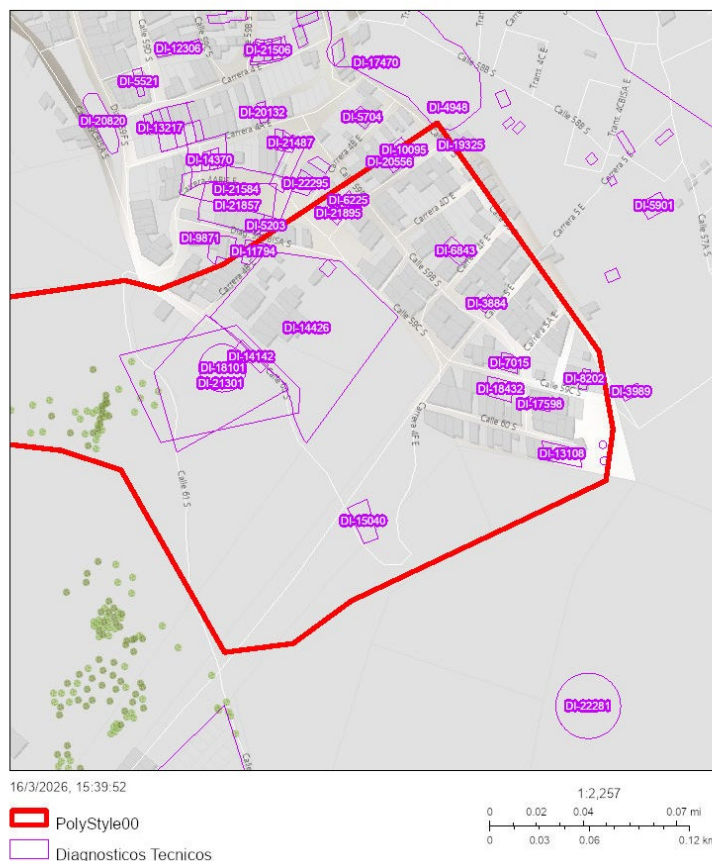
Fuente: SIRE

2.3 DIAGNÓSTICOS Y CONCEPTOS TÉCNICOS IDIGER

Diagnóstico técnico (DI): Es un documento que parte de una inspección visual realizada por el área de asistencia técnica de la Subdirección de Análisis de Riesgo del IDIGER (antes Fopae) mediante la visita del predio, y de un estudio de los antecedentes (visitas y análisis anteriores). Su ámbito está enfocado a casos individuales (predios) y responde a casos de eventos o emergencias.

Concepto Técnico (CT): Es un documento emitido por el área de estudios y conceptos técnicos del IDIGER que parte de una inspección visual realizada en la visita a campo y de un estudio de los antecedentes (por ejemplo, visitas y análisis anteriores, normas, correspondencias oficiales). Su ámbito está enfocado a zonas (polígonos) y sirve como una herramienta de planificación y de ordenamiento territorial.

Figura 2-4 Localización Diagnósticos y conceptos técnicos Polígono 1



Fuente: Geoportal SIRE

Tabla 2-1, Revisión de información de diagnósticos y conceptos técnicos del IDIGER para el Polígono 1

No.	Nombre	Fecha	Localización	Descripción
1	DI-14142	10/12/2019	Tramo vial a la altura de la Calle 60 Sur con Carrera 3A Bis Este, sector catastral Arrayanes V, localidad de Usme	El diagnóstico técnico corresponde a la inspección de un tramo vial localizado en ladera, caracterizado por pendiente aproximada de 30° y ausencia de pavimento y sistemas de drenaje superficial y sanitario. Durante la visita se identificó erosión laminar a lo largo de aproximadamente 80 m de la vía, causada principalmente por el vertimiento de aguas lluvias y aguas servidas provenientes de viviendas ubicadas en la parte alta del talud. No se evidenciaron movimientos en masa activos que comprometan la estabilidad inmediata de la vía; sin embargo, la falta de infraestructura de drenaje podría generar deterioro progresivo de la vía y del terreno si no se implementan medidas de manejo de aguas.
2	DI-14426	22/01/2020	Calle 60 Sur No. 4A-95 Este, sector catastral Arrayanes V, localidad Rafael Uribe Uribe – límite con Usme	El sector corresponde al desarrollo La Cumbre – sector Arrayanes, localizado en una ladera con pendientes pronunciadas donde se han realizado cortes y rellenos para la implantación de viviendas. Durante la inspección se identificaron vertimientos de aguas servidas directamente sobre la ladera y la presencia de un pozo en la parte alta que descarga agua al terreno, generando encharcamientos y afectación de las condiciones de estabilidad del suelo. También se evidenció la cicatriz de un antiguo movimiento en masa en la base de la ladera. No se identificaron movimientos activos al momento de la visita; sin embargo, se advierte que la infiltración de aguas residuales podría generar desprendimientos locales de suelo en el corto plazo.
3	DI-15040	14/11/2020	Tramo de la vía Calle 60 Sur con Carrera 5 Este, sector catastral Arrayanes V, localidad de Usme	El diagnóstico corresponde a la evaluación de un tramo vial sin pavimentar localizado en ladera, donde se identificó un talud de corte de aproximadamente 1.5 m de altura conformado por arcillas de alta plasticidad. Durante la inspección se evidenció la caída de bloques del muro de contención en piedra y el deslizamiento de material del talud hacia la vía, afectando la transitabilidad en un tramo aproximado de 15 m. Como posibles causas se identificó la ausencia de obras de manejo de aguas superficiales y de medidas de contención del talud. Se concluye que la estabilidad y funcionalidad del tramo vial se encuentran comprometidas, por lo que se recomendó la restricción temporal del uso del carril afectado mientras se realizan intervenciones correctivas.

Fuente: Elaboración propia

	<p>Estudio y diseño de acciones y medidas adaptativas a los efectos del cambio climático y reducción del riesgo en zonas priorizadas del Distrito Capital</p>	 <p>INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO</p>
	<p>INFORME PARCIAL 2 – POLÍGONO I</p>	

La revisión de los diagnósticos técnicos emitidos por el IDIGER evidencia la presencia de procesos de erosión superficial, inadecuado manejo de aguas lluvias y servidas, así como inestabilidad localizada de taludes viales en el sector Arrayanes V. Estos antecedentes confirman la susceptibilidad del área a procesos de remoción en masa y resaltan la necesidad de implementar medidas integrales de manejo de drenaje y estabilización del terreno.

3 LÍNEA BASE FÍSICA

3.1 CARTOGRAFÍA BASE

3.1.1 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - IGAC

Para el desarrollo del presente estudio se recopiló y analizó información cartográfica y aerofotográfica proveniente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, como insumo base para la caracterización territorial, geomorfológica, ambiental y de ocupación del área de estudio. Esta información permite reconocer la evolución histórica del territorio, identificar cambios en las coberturas y usos del suelo, analizar transformaciones antrópicas, interpretar modificaciones en el patrón de drenaje superficial y apoyar la delimitación de unidades geomorfológicas y zonas con evidencia de procesos morfodinámicos.

El uso de información multitemporal resulta fundamental para comprender la dinámica del Polígono 1, dado que permite comparar diferentes momentos de ocupación y transformación del terreno, particularmente en un sector de borde urbano-ambiental asociado al Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes y a la microcuenca de la Quebrada Hoya del Ramo. A partir de esta revisión es posible identificar variaciones en la cobertura vegetal, expansión urbana, intervención de laderas, cambios en cauces o drenajes menores, aparición o evolución de zonas erosionadas y posibles evidencias de movimientos en masa.

La información IGAC fue utilizada como soporte para los análisis de contexto territorial, cobertura y uso del suelo, fotointerpretación geomorfológica, evaluación de procesos superficiales, análisis multitemporal y construcción de cartografía temática del proyecto. En este sentido, constituye a una base transversal para la lectura integral del territorio y para la formulación de alternativas de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.

Dentro de la información recopilada se incluyeron ortofotografías, fotografías aéreas, imágenes georreferenciadas y planchas cartográficas IGAC a escala 1:2.000, las cuales fueron empleadas para apoyar la interpretación espacial del área de estudio. Las planchas e imágenes revisadas se relacionan a continuación:

Tabla 3-1 Insumos IGAC utilizados en el estudio

Fuente insumo /	Identificación	Año	Escala resolución aproximada /	Uso dentro del estudio
Plancha IGAC	L-68	1960	1:2.000	Análisis histórico del relieve, drenajes, coberturas y ocupación del territorio
Plancha IGAC	L-68	1981	1:2.000	Comparación multitemporal de cambios en el terreno y patrones de intervención
Plancha IGAC	L-69	1960	1:2.000	Apoyo a la interpretación histórica de la zona de estudio y su entorno
Plancha IGAC	L-69	1974	1:2.000	Identificación de transformaciones territoriales y cambios en coberturas
Fotografía aérea IGAC	C-2161 / Fotografía 117	11/02/1984	1:20.000	Fotointerpretación geomorfológica y análisis de procesos superficiales
Fotografía aérea IGAC	R-1183 / Fotografía 110	02/10/1992	1:20.000	Análisis multitemporal de coberturas, drenajes y ocupación
Fotografía aérea IGAC	C-2656 / Fotografía 177	1999	1:20.000	Identificación de cambios en el terreno y evolución de procesos morfodinámicos
Fotografía aérea IGAC	C-2717 / Fotografía 99	2004	1:20.000	Apoyo a la cartografía fotogeológica y geomorfológica
Ortofotografía IGAC	No aplica	2007	1:45.400 aprox.	Análisis territorial y validación espacial de coberturas
Ortofotografía IGAC	No aplica	2015	Resolución 10 m	Comparación reciente de cobertura, ocupación y cambios antrópicos
Imagen satelital / Copernicus Landsat	No aplica	2025	Resolución 15 m	Revisión de condiciones actuales y soporte para análisis multitemporal

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta información se desarrolló el análisis multitemporal del área de estudio, orientado a reconocer la evolución física y territorial del polígono, apoyar la identificación de procesos de inestabilidad y erosión, y generar insumos para la caracterización geomorfológica, ambiental y territorial. Estos elementos son fundamentales para sustentar la formulación de medidas de intervención, particularmente aquellas asociadas al manejo de escorrentía, estabilización de laderas, recuperación de cobertura vegetal y aplicación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

3.1.2 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - EAAB

Para el desarrollo del presente estudio se empleó información geográfica suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB, correspondiente a productos derivados de levantamientos fotogramétricos y LiDAR realizados en el marco del Contrato No. 1-2-26600-0540-2021, cuyo objeto fue la adquisición de información geográfica de ortofoto y LiDAR para un área aproximada de 60.000 hectáreas ubicadas en Bogotá D.C., el municipio de Soacha y áreas aledañas de interés para los proyectos de la EAAB-ESP.

Dentro de los insumos utilizados se encuentran la ortofoto, el Modelo Digital del Terreno (DTM), el Modelo Digital de Superficie (DSM), la nube de puntos LiDAR y las curvas de nivel derivadas. Esta información constituye una base cartográfica y topográfica de alta relevancia para la caracterización del polígono, debido a que permite analizar con mayor detalle las condiciones morfológicas del terreno, la configuración de laderas, la red de drenaje superficial, las coberturas existentes y los elementos antrópicos presentes en el área de estudio.

La ortofoto EAAB corresponde a un ortofotomosaico digital para Bogotá urbano y Soacha, generado a partir de fotografías aéreas tomadas con cámara DMCIII, con resolución espacial de 8 cm. Este insumo fue utilizado como apoyo para la interpretación visual del territorio, la identificación de coberturas, la delimitación de elementos urbanos y naturales, el reconocimiento de patrones de ocupación y la validación espacial de rasgos asociados a procesos de intervención antrópica, erosión y modificación del drenaje superficial.

Por su parte, la información LiDAR corresponde a una nube de puntos con resolución de 12 puntos/m², a partir de la cual se generaron productos derivados como el DTM, el DSM y las curvas de nivel. El DTM fue empleado como insumo principal para la lectura topográfica del terreno natural, permitiendo analizar pendientes, formas del relieve, cambios morfológicos, zonas de concentración de escorrentía y sectores potencialmente asociados a procesos de inestabilidad. El DSM, en complemento, permitió reconocer la expresión superficial de elementos como vegetación, edificaciones e infraestructura, apoyando la interpretación territorial del polígono.

De acuerdo con los documentos técnicos de control de calidad, la clasificación inicial de la nube de puntos LiDAR consideró las clases “sin clasificar”, “terreno”, “ruido” y “agua”, a partir de las cuales se generaron los productos derivados. Para el Modelo Digital del Terreno se definió una grilla de 1 m, formato ráster GeoTIFF de 32 bits tipo float sin compresión, y curvas de nivel con intervalo de 1 m. Estos productos fueron sometidos a procesos de aseguramiento de calidad mediante puntos de control terrestre y verificación de precisión posicional.

El control de calidad reportado para el DTM indica que el producto presenta un RMSE vertical de 0,085 m y una precisión vertical al 95 % de confianza de 0,167 m.

Adicionalmente, se reporta que el 86,3 % de los datos se encuentra dentro del rango de ± 10 cm y el 96,2 % dentro del rango de ± 20 cm, concluyendo que el producto cumple con las exactitudes posicionales esperadas para escala 1:1.000.

Desde el punto de vista geodésico y cartográfico, los productos fueron desarrollados bajo sistemas de referencia oficiales. La información LiDAR se encuentra asociada al sistema MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá zone, EPSG:3116, mientras que el metadato de la ortofoto reporta el sistema MAGNA Ciudad Bogotá, WKID:7458. Para efectos del presente estudio, esta información fue revisada y articulada dentro del sistema de trabajo cartográfico definido para el proyecto, garantizando la consistencia espacial de los análisis desarrollados.

En el marco del análisis del polígono, estos insumos fueron utilizados de manera transversal en diferentes componentes del estudio, incluyendo la delimitación y revisión del área de trabajo, la interpretación geomorfológica, la evaluación de pendientes, la identificación de drenajes superficiales, el reconocimiento de zonas intervenidas, la validación de coberturas y usos del suelo, y la generación de cartografía temática de apoyo.

En particular, el DTM permitió mejorar la comprensión de la configuración topográfica del sector La Fiscala – Barrio San Martín – Parque Entrenubes, donde la presencia de laderas intervenidas, escorrentía superficial concentrada y procesos de inestabilidad requiere un análisis detallado del relieve. La ortofoto, por su parte, permitió complementar dicha lectura mediante la identificación de elementos visibles en superficie, tales como vías, senderos, ocupaciones, coberturas vegetales, zonas erosionadas y sectores de borde urbano-ambiental.

En consecuencia, la información DTM y ortofoto de la EAAB constituye un insumo fundamental para la caracterización física y territorial del polígono, así como para la formulación de medidas de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático. Su uso permite fortalecer la confiabilidad de los análisis espaciales y sustentar técnicamente la definición de alternativas de intervención, especialmente aquellas relacionadas con estabilización de laderas, manejo de escorrentía, recuperación de cobertura vegetal y aplicación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

3.2 TOPOGRAFÍA DETALLADA

3.2.1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe documenta el levantamiento topográfico realizado en el Polígono 1, correspondiente al Conector Ecosistémico Media Luna del Sur (CEMLS), sector Quebrada Hoya del Ramo, barrio San Martín / La Fiscala, Parque Entrenubes, en la localidad de Usme (UPL 20 – Rafael Uribe Uribe), en el marco del contrato de consultoría suscrito entre el Consorcio Adaptación 2025 e IDIGER para la realización de estudios y diseños de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

El estudio cumple con las normas técnicas aplicables e integra información detallada sobre la geometría del terreno, estructuras de drenaje, vías, taludes y elementos naturales presentes en el área. La metodología empleada combina levantamiento GNSS con equipos Hi-Target V200, tecnología LiDAR aerotransportada mediante dron DJI Matrice 350 RTK con sensor Zenmuse L2, y levantamiento convencional con estación total y RTK, todos georreferenciados al sistema MAGNA-SIRGAS Origen Nacional CTM-12.

Los resultados constituyen el insumo técnico fundamental para el diseño de intervenciones SbN, análisis de estabilidad de ladera, modelación hídrica y formulación de medidas de adaptación al cambio climático en el polígono priorizado, que presenta amenaza alta por remoción en masa según los mapas normativos del POT (Decreto 555 de 2021).

3.2.2 ALCANCE

El levantamiento abarca un área mayor a la definida para el Polígono 1. En total, el levantamiento topográfico comprende 12 hectáreas incluyendo todos los elementos afectados por procesos de remoción en masa, el talud inferior dentro del Parque Entrenubes y las márgenes asociadas al corredor ecosistémico Media Luna del Sur.

Se generaron los siguientes productos:

- Red geodésica local vinculada a MAGNA-SIRGAS / CTM-12.
- Modelo digital del terreno, con resolución de 3 cm/px y curvas de nivel con equidistancia de 0,50 m.
- Modelo Digital de superficie de 5 cm/px

- Ortofotografía de alta resolución (1.82 cm/píxel).
- Plano topográfico planimétrico y altimétrico a escala 1:750 en formatos DWG y PDF.

La revisión y generación de productos se realizó considerando los criterios técnicos y normativos NS-030, NS-046, NS-065, NS-012, NS-118 y NS-119 de la EAAB-ESP, así como el Decreto 555 de 2021 (POT Bogotá D.C.).

3.2.3 GEORREFERENCIACIÓN

El sistema de referencia empleado para la totalidad del levantamiento es MAGNA-SIRGAS Origen Nacional – CTM-12, conforme a la normativa vigente del IGAC. Todos los productos topográficos, cartográficos y geodésicos generados en el presente estudio se expresan en dicho sistema.

Los parámetros son los siguientes:

- Proyección: Transversa de Mercator
- Falso Este: 5.000.000
- Falso Norte: 2.000.000
- Meridiano central: -73°
- Factor de escala: 0,9992
- Época de referencia: 2018.0

3.2.4 RED GEODÉSICA

La materialización de la red de control geodésico del proyecto se realizó con el propósito de establecer un marco de referencia espacial preciso que garantizara la correcta georreferenciación de todos los productos topográficos generados en el Polígono 1.

El procedimiento se fundamenta en el registro de observaciones de pseudodistancias y fases de la señal satelital mediante receptores GNSS Hi-Target V200, las cuales, al ser procesadas mediante técnicas diferenciales, permiten estimar con alta precisión las coordenadas reales de los puntos en relación con las estaciones de referencia de la red geodésica nacional.

3.2.5 MATERIALIZACIÓN

Para la georreferenciación del proyecto se materializaron dos (2) puntos de control geodésico, establecidos estratégicamente dentro del área de estudio, asegurando visibilidad satelital, estabilidad física y adecuada distribución espacial en el polígono de intervención.

Estos puntos fueron observados mediante receptores GNSS Hi-Target V200 de doble frecuencia en modo estático, permitiendo alcanzar precisiones de orden geodésico conforme a los estándares establecidos por el IGAC. Durante las sesiones de observación se garantizó:

- Seguimiento simultáneo de múltiples constelaciones GNSS (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo).
- Registro continuo de datos durante intervalos adecuados según la fórmula IGAC: $T = 65 \text{ min} + (3 \text{ min} \times (D-10))$.
- Observación con número de satélites superior a 10 en todo momento.
- Control de calidad mediante parámetros de geometría satelital ($\text{PDOP} < 3$).

Tabla 3-2 Coordenadas de los Puntos de Control Geodésico (MAGNA-SIRGAS / CTM-12)

Adjusted Points						
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)
GPS1	993465.263	997028.697	2767.099	4°32'13.57985"N	74°06'15.67505"W	2793.906
GPS4	993513.885	996952.597	2755.117	4°32'15.16265"N	74°06'18.14383"W	2781.912

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 FECHA DE POSICIONAMIENTO

Las observaciones GNSS para el posicionamiento estático de los puntos de control del Polígono 1 se realizaron en dos jornadas de campo durante el mes de mayo de 2026. El punto GPS-1 fue posicionado en modo estático con una duración mínima de 2 horas, y el punto GPS-2 con una duración de más de 3 horas, garantizando en ambos casos la doble determinación y el post-proceso con las bases de la red nacional.

Las sesiones GNSS se realizaron controlando la correcta recepción de satélites, con un

número promedio superior a 12 satélites en observación simultánea. Las estaciones permanentes de referencia empleadas para el post-proceso son las bases de la red SIRGAS-CON, con las cuales se asignaron coordenadas Geocéntricas Cartesianas, procesadas posteriormente mediante el programa magna_sirgas_pro 5.1 para su conversión a Coordenadas Planas Cartesianas en el sistema CTM-12.

Figura 3-1 Materialización de puntos de control geodésico en el Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

3.2.7 ESTACIÓN TOTAL Y RTK

La captura de información topográfica de detalle se realizó mediante tecnología GNSS en modo RTK (Real Time Kinematic) con equipos Hi-Target V200, apoyada en la red de control geodésico previamente materializada en el área del Polígono 1, garantizando la coherencia espacial de los datos con el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS / CTM-12.

El levantamiento con estación total se orientó mediante el método de ceros atrás partiendo y cerrando en las bases GPS materializadas, asegurando el control geométrico de cierre de las poligonales. Se levantaron todos los detalles planimétricos y altimétricos necesarios para la elaboración de la cartografía del área, incluyendo:

- Infraestructura de drenaje superficial y subsuperficial (cunetas, sumideros, cajas, tuberías, descargas).
- Bordes y calzada.
- Corona de los taludes intervenidos y afectados por remoción en masa.
- Obras civiles presentes: muros de contención, estructuras de estabilización existentes.

El levantamiento RTK se ejecutó con receptores GNSS multifrecuencia y multiconstelación Hi-Target V200, alcanzando precisiones del orden centimétrico (± 8 mm + 1 ppm en horizontal; ± 15 mm + 1 ppm en vertical), adecuadas para estudios geotécnicos e hidráulicos a escala 1:500.

La información capturada fue verificada en campo mediante controles de calidad y posteriormente integrada con los datos LiDAR, asegurando consistencia geométrica en todos los productos derivados.

3.2.8 CAPTURA DE INFORMACIÓN LIDAR

3.2.8.1 Equipos

Para la adquisición de información LiDAR aerotransportada se empleó el siguiente sistema:

- UAV DJI Matrice 350 RTK
- Sensor LiDAR DJI Zenmuse L2
- Receptores GNSS RTK multifrecuencia Hi-Target V200 (SATLAB FREYJA / SL900 como base terrestre)

- Controladora de vuelo DJI con software de planificación DJI Pilot 2
- Sistema IMU integrado al sensor LiDAR Zenmuse L2

El sensor Zenmuse L2 permite la captura de datos LiDAR de alta precisión mediante integración GNSS/IMU, generando nubes de puntos densas con capacidad de penetración parcial de la cobertura vegetal, característica fundamental en zonas de ladera con vegetación arbórea y arbustiva como las presentes en el Polígono 1.

3.2.8.2 Adquisición de los datos en UAS

La adquisición de datos LiDAR se realizó mediante un vuelo con trayectorias planificadas en el software DJI Pilot 2, en función de la morfología del terreno del Polígono 1 (ladera con pendientes pronunciadas), garantizando cobertura total del área de estudio y adecuada densidad de puntos. Para la correcta georreferenciación de la nube de puntos, se ubicó la antena GNSS RTK Hi-Target V200 en el punto GPS-1 de la red del proyecto:

- $N = 993465.263$, $E = 997028.697$, $Z = 2767.099$
- Sistema oficial: MAGNA-SIRGAS / CTM-12

Para garantizar una captura de información adecuada se implementaron las siguientes estrategias:

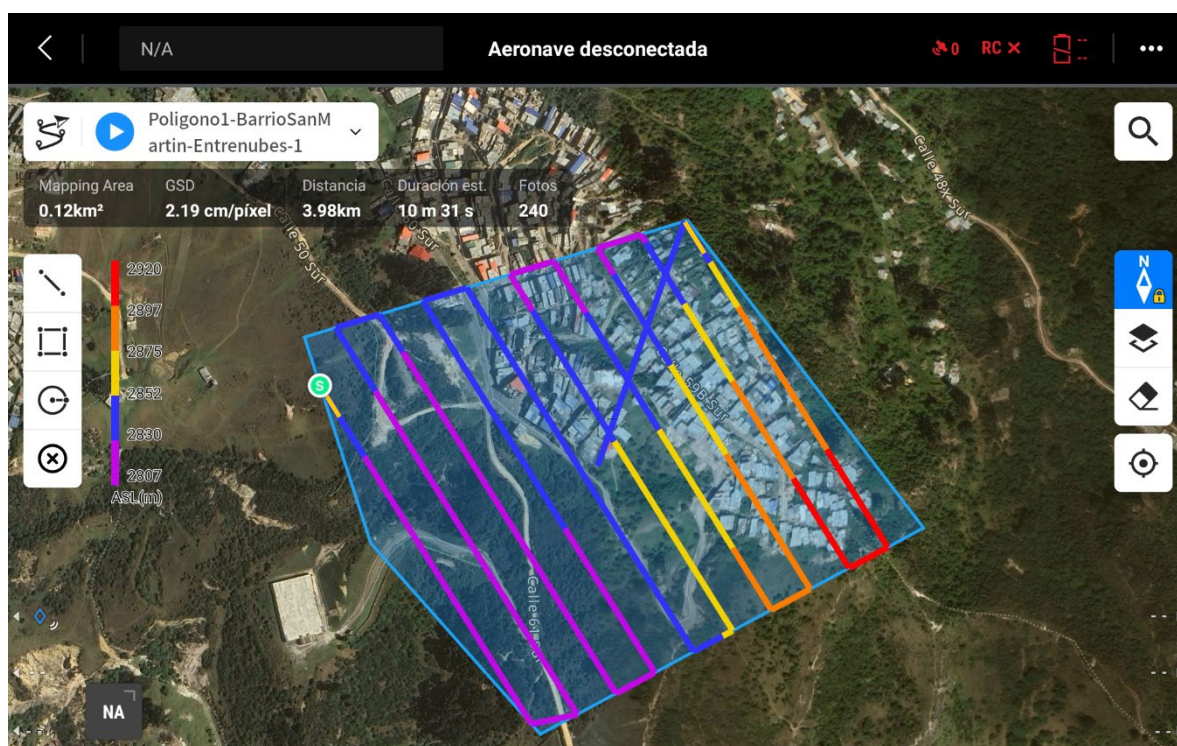
- Vuelos con trayectoria adaptada al relieve del terreno mediante la función DSM Follow, que permite al dron mantener altura constante sobre la superficie ajustándose automáticamente a las variaciones topográficas.
- Configuración de pasadas longitudinales y transversales en patrón ortogonal.
- Control de superposición lateral y frontal superior al 65% en todos los casos, para evitar vacíos de información en zonas de ladera.
- Monitoreo en tiempo real de parámetros GNSS e IMU durante toda la misión de vuelo.

Figura 3-2 Preparación e inicio del vuelo LiDAR – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-3 Trayectoria de vuelo planificada – captura de pantalla DJI Pilot 2



Fuente: Elaboración propia

3.2.8.3 Procesamiento de datos LiDAR

El procesamiento de la información se realizó mediante software especializado DJI Terra, integrando los datos LiDAR, GNSS y de control terrestre. Las etapas principales del procesamiento incluyeron:

- Ajuste de trayectoria GNSS/IMU y post-proceso de la solución de posición.
- Generación de nube de puntos georreferenciada al sistema CTM-12.
- Clasificación automática y manual de puntos (suelo, vegetación baja, vegetación alta, estructuras, etc.).
- Generación del Modelo Digital del Terreno (MDT) a partir de puntos clasificados como suelo.
- Generación del Modelo Digital de Superficie (MDS/DEM) a partir de la nube de puntos completa.
- Ortorrectificación y generación del ortofotomosaico verdadero (TDOM).
- Validación de precisión mediante comparación con puntos de control geodésico GPS-1 y GPS-2.

Se realizó control de calidad de todos los productos generados, verificando su consistencia geométrica, continuidad espacial y cumplimiento de los estándares requeridos para escala 1:500.

3.2.9 RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras la ejecución del levantamiento topográfico y el procesamiento de la información cumplen con los parámetros de calidad establecidos en el proyecto, garantizando la precisión y confiabilidad de los productos generados para el Polígono 1.

3.2.9.1 Nube de puntos densa

La generación de la nube de puntos densa a partir de los datos LiDAR se realizó en el software DJI Terra, cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos. La nube de puntos alcanzó una densidad media de 56puntos/m² en escala 1:500, superando los estándares mínimos requeridos.

El estado de POS se mantuvo en solución fija (FIXED) en el 100% de las observaciones, garantizando estabilidad en la solución GNSS. Los errores angulares del IMU se

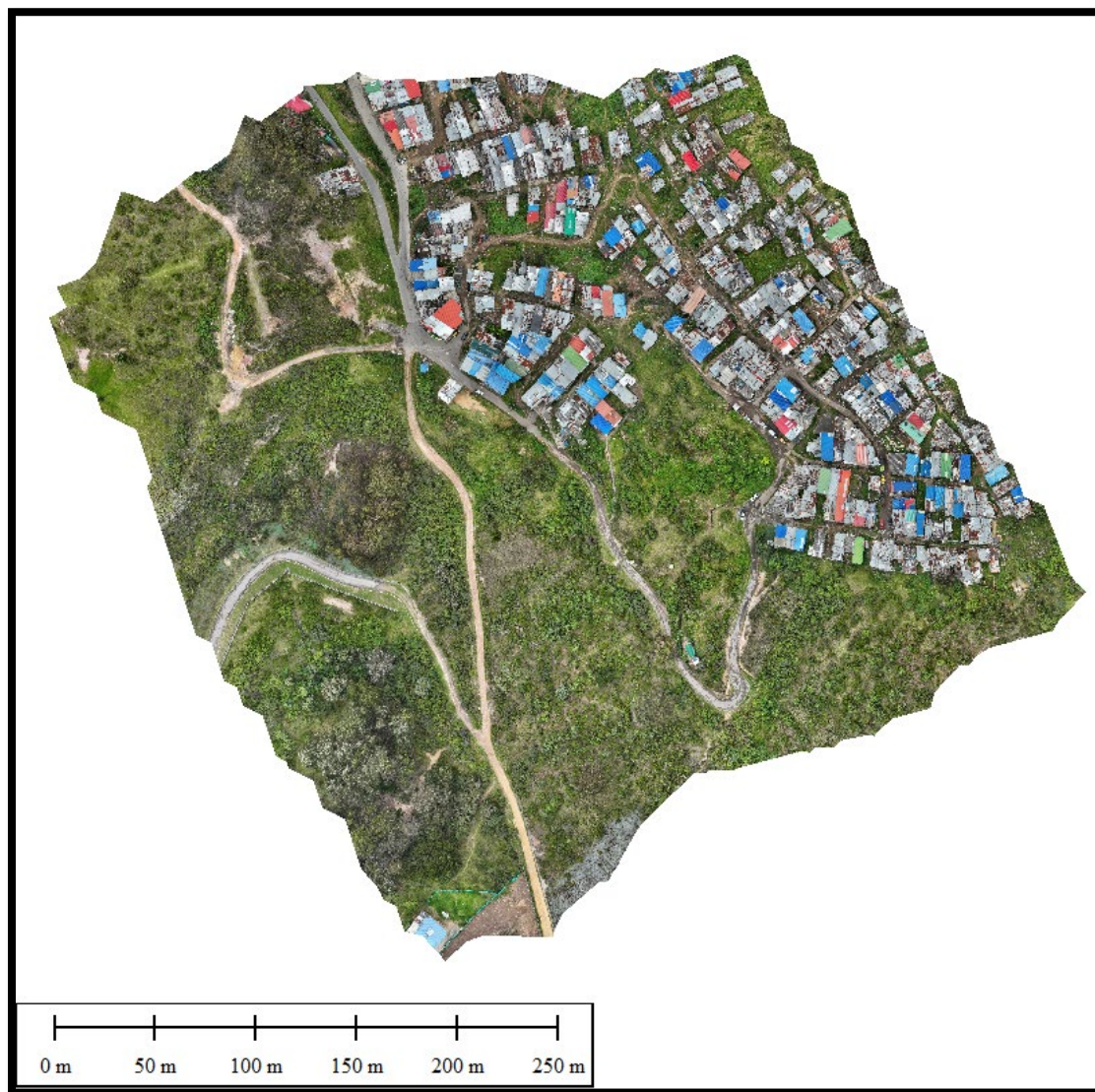
mantuvieron en valores mínimos (pitch, roll y yaw en el orden de $1e-5$ a $1e-6$), evidenciando una reconstrucción espacial precisa. La tasa de solapamiento promedio fue de 65,80%, con tolerancia de altitud de 41,46 m, consistencia de velocidad de 0,39 y curvatura de ruta de $0,23^\circ$, valores que demuestran la estabilidad, confiabilidad y calidad del modelo LiDAR generado.

3.2.9.2 Ortofotografía

La elaboración del ortofotomosaico verdadero (TDOM – True Digital Orthophoto Mosaic) se realizó a partir de las imágenes RGB capturadas por la cámara integrada del sensor DJI Zenmuse L2 durante los vuelos sobre el Polígono 1. La distancia de muestreo del suelo (GSD) alcanzada fue de 1,82 cm/píxel, lo que permitió una visualización detallada de las coberturas superficiales, taludes, infraestructura vial y elementos de la red de drenaje del área de estudio.

El ortofotomosaico fue procesado en DJI Terra con parámetros de calidad High y exportado en formato GeoTIFF georreferenciado al sistema MAGNA-SIRGAS / CTM-12.

Figura 3-4 Ortofotografía – Polígono 1



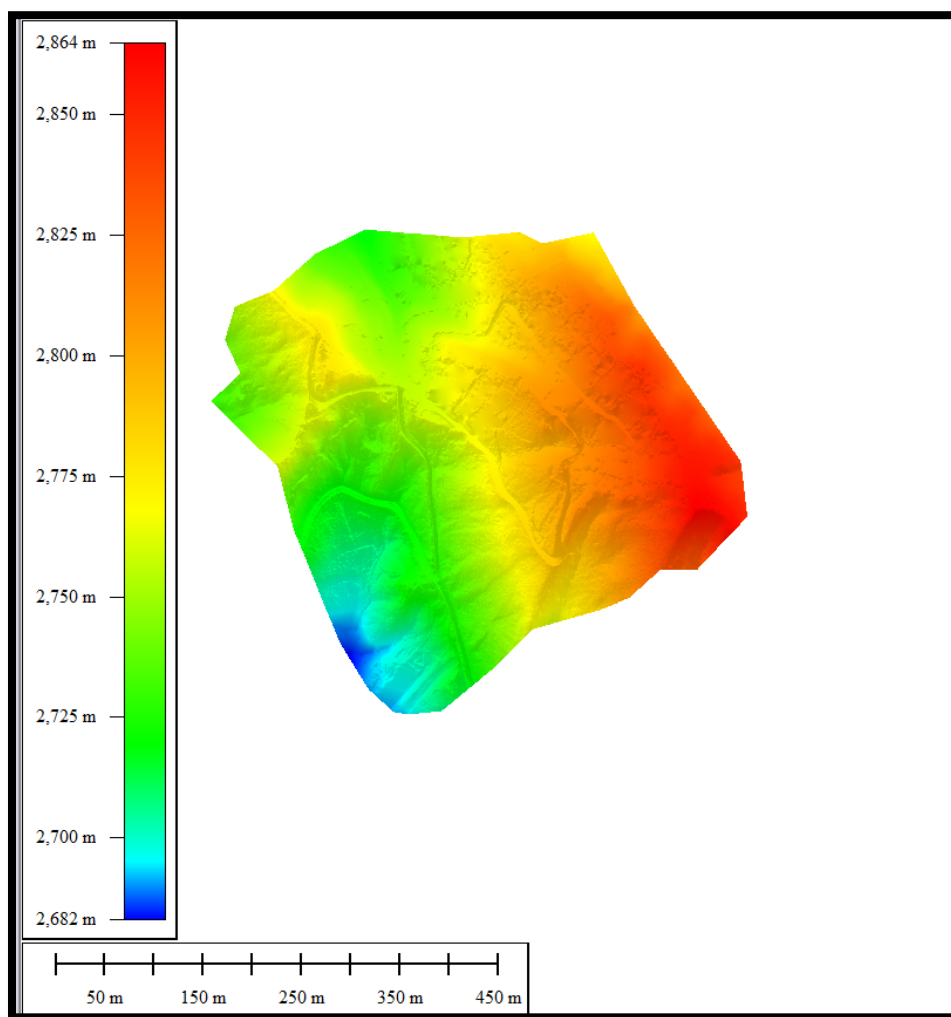
Fuente: Elaboración propia

3.2.9.3 Modelo digital del terreno (MDT/DEM) y modelo digital de superficie (MDS)

A partir de la nube de puntos clasificada en suelo/terreno se generó el Modelo Digital del Terreno (MDT) utilizando DJI Terra, el cual representa con alta fidelidad la morfología del terreno natural del área de ladera y su zona de influencia, excluyendo elementos como vegetación y estructuras antrópicas. Este modelo fue procesado con una resolución de 0,3 m/píxel y verificado mediante los puntos de control geodésico GPS-1 y GPS-2.

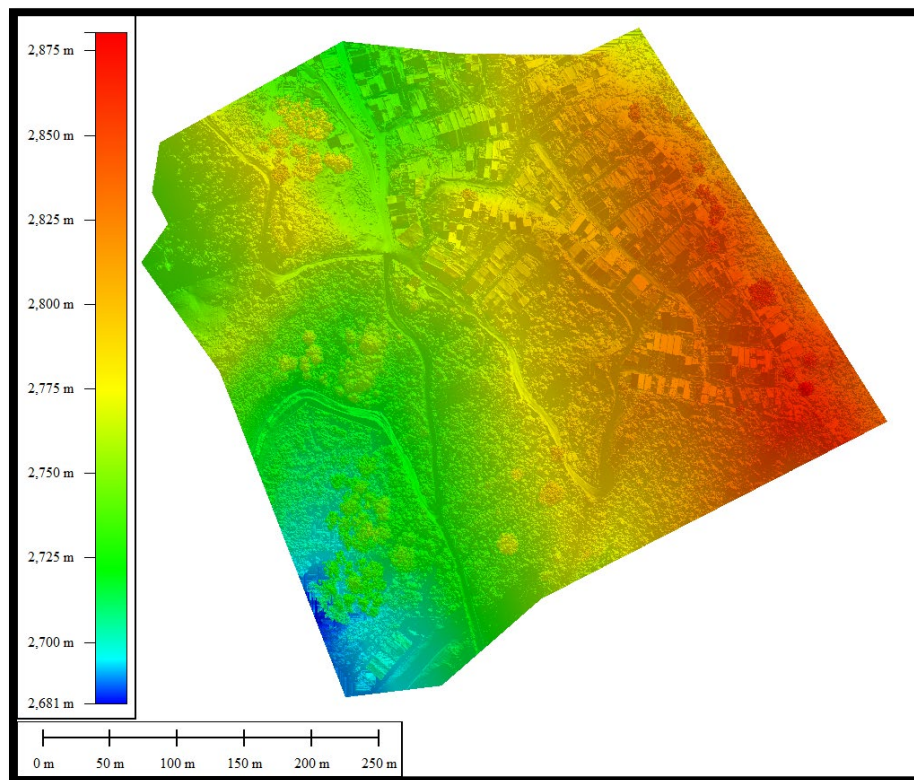
De manera complementaria, se generó el Modelo Digital de Superficie (MDS) a partir de la nube de puntos completa, incluyendo vegetación, edificaciones y demás elementos presentes en el área de estudio. El MDS alcanzó una densidad promedio de 184 pts/m² con resolución de 0,5 m, lo que permite representar con detalle las coberturas superficiales, estructuras antrópicas y los taludes activos del polígono.

Figura 3-5 Modelo Digital de Terreno (MDT/DEM) – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-6 Modelo Digital de Superficie (MDS) – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

3.2.9.4 Planimetría

El levantamiento topográfico del Polígono 1 se fundamentó en la integración de diferentes fuentes de información geoespacial, con el objetivo de producir un plano general de alta resolución y confiabilidad. Para ello se combinaron los resultados obtenidos mediante captura LiDAR aerotransportada, los datos planimétricos y altimétricos adquiridos con estación total y GNSS RTK Hi-Target V200, y los circuitos de nivelación geométrica ejecutados en la zona de estudio.

La metodología aplicada permitió que cada técnica aportara un componente específico:

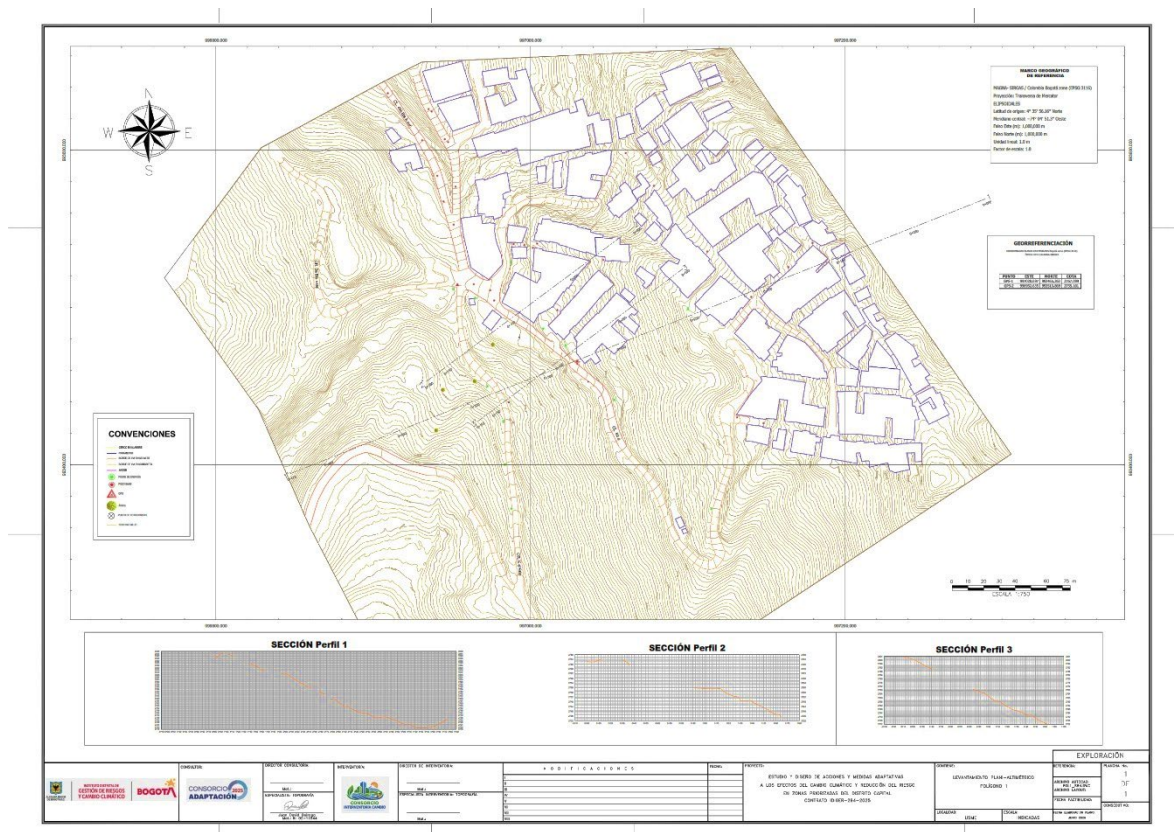
- El LiDAR proporcionó una nube de puntos densa y continua sobre el terreno y la vegetación, garantizando cobertura completa de la ladera y la zona de influencia de la Quebrada Hoya del Ramo.
- Los levantamientos con estación total y GNSS RTK aseguraron la captura de elementos puntuales y lineales relevantes (infraestructura, redes, taludes, bordes

de vía), además de servir como control geométrico para validar la consistencia de los datos LiDAR.

La superficie topográfica final se construyó a partir de la unión del Modelo Digital de Elevación (DEM) derivado del LiDAR con todos los puntos de detalle obtenidos mediante RTK y estación total, integrados en el sistema de referencia geodésico MAGNA-SIRGAS (época 2018.0). A partir de estos productos se elaboró cartografía digital detallada a escala 1:500, estructurada en entornos CAD y SIG, con el siguiente contenido:

- Superficie con curvas de nivel cada 0,50 m derivadas del MDT, adecuadas para análisis geomorfológico, geotécnico y modelación hidrológica.
- Geometría de los taludes intervenidos y áreas con procesos activos de remoción en masa.
- Huellas de edificaciones (paramentos) en el sector La Fiscala y áreas adyacentes.
- Infraestructura vial: bordes de la Calle 59C Sur y vías de acceso locales afectadas.
- Redes de drenaje superficial y subsuperficial (cunetas, sumideros, cajas, tuberías).
- Cauce y riberas de la Quebrada Hoya del Ramo en el tramo de influencia del polígono.
- Elementos naturales y antrópicos relevantes: árboles, postes, muros de contención y estructuras de estabilización existentes.

Figura 3-7 Plano topográfico planimétrico y altimétrico del área de estudio – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

3.2.10 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN DE PRECISIÓN

La verificación de la precisión altimétrica del MDT se realizó mediante comparación con cinco (5) puntos de control geodésico independientes distribuidos en el área del polígono. El valor absoluto medio de la diferencia de altitud fue de 0,159 m, con RMSE de 0,177 m y desviación estándar de 0,198 m, dentro de los rangos aceptables para levantamientos LiDAR a escala 1:500 en zonas de ladera con cobertura vegetal mixta.

Tabla 3-3 Verificación de precisión – Puntos de control altimétrico independientes

ID	NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA REF. (m)	COTA REC. (m)	DIF. (m)	RMSE (m)
801	993414.875	995829.530	2606.74	2606.459	-0.283	0.286
805	993448.995	996093.586	2617.20	2617.398	+0.199	0.200

ID	NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA REF. (m)	COTA REC. (m)	DIF. (m)	RMSE (m)
809	993183.294	996357.557	2626.27	2626.209	-0.063	0.201
832	993335.877	996001.684	2604.11	2604.019	-0.094	0.243
834	993228.541	995844.110	2608.60	2608.754	+0.156	0.243

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4 Resumen de parámetros de calidad del levantamiento LiDAR – Polígono 1

PARÁMETRO	VALOR
Estado POS (FIXED)	100 %
Estado PPK (FIXED)	100 %
Número de franjas de vuelo	2
Tasa de solapamiento promedio	83.14 %
Tolerancia de altitud	61.09 m
Consistencia de velocidad	0.27 %
Curvatura de ruta de vuelo	0.12°
Densidad nube total (1:500)	63 pts/m²
Densidad suelo (1:500)	16 pts/m²
GSD TDOM	2.93 cm/píxel
Cobertura de mapeo TDOM	0.329 km²
Resolución DEM	0.30 m/píxel
RMSE altimétrico (5 GCPs)	0.177 m

Fuente: Elaboración propia

3.2.11 CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico realizado en el área del Polígono 1 (Conector Ecosistémico Media Luna del Sur – Quebrada Hoya del Ramo, La Fiscala) constituye un insumo técnico fundamental para el desarrollo del proyecto de Soluciones Basadas en la Naturaleza del Consorcio Adaptación 2025 – IDIGER, al consolidar información precisa y auditada que integra metodologías complementarias de captura de datos.

La combinación de tecnología LiDAR aerotransportada (DJI Matrice 350 RTK con sensor

Zenmuse L2) y levantamientos convencionales con estación total y GNSS RTK Hi-Target V200 permitió obtener una representación detallada y confiable de la geometría del terreno, la morfología de los taludes y la dinámica hídrica del área, superando las limitaciones de los estudios previos realizados con objetivos diferentes al diseño de SbN.

La integración de los productos derivados en un Modelo Digital del Terreno (MDT) y en cartografía digital estructurada en entornos CAD y SIG a escala 1:500 asegura la coherencia espacial y la trazabilidad normativa de la información, generando curvas de nivel cada 0,50 m, geometría de taludes, infraestructura vial, redes de drenaje y elementos naturales y antrópicos relevantes.

En términos de aplicabilidad, la información obtenida fortalece la capacidad de:

- Diseñar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) e infraestructura verde y mixta de estabilización de ladera con soporte técnico sólido.
- Desarrollar modelos hidrológicos e hidráulicos para el diseño del sistema de drenaje del polígono.
- Delimitar con precisión las áreas de amenaza alta por remoción en masa dentro del polígono de monitoreo IDIGER 5-015.
- Integrar la información con los estudios geotécnicos y ambientales para la formulación de medidas de adaptación al cambio climático.
- Cumplir con los estándares normativos de la EAAB e IDU, asegurando reproducibilidad y auditabilidad de los productos.

3.2.12 SIGLAS Y ACRÓNIMOS

BM – Bench Mark (punto de referencia altimétrico)

CAD – Computer Aided Design (diseño asistido por computador)

CEMLS – Conector Ecosistémico Media Luna del Sur

CTM-12 – Colombia Transversal de Mercator 12

DEM – Digital Elevation Model (Modelo Digital de Elevación)

DJI – Da-Jiang Innovations

EAAB – Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

GIS/SIG – Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica

GSD – Ground Sampling Distance (distancia de muestreo del suelo)

GNSS – Global Navigation Satellite System

IDIGER – Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi

IMU – Inertial Measurement Unit (unidad de medición inercial)

LiDAR – Light Detection and Ranging

MAGNA-SIRGAS – Marco Geocéntrico Nacional de Referencia

MDS – Modelo Digital de Superficie

MDT – Modelo Digital del Terreno

msnm – Metros sobre el nivel del mar

POT – Plan de Ordenamiento Territorial

RTK – Real Time Kinematic

SbN – Soluciones Basadas en la Naturaleza

TDOM – True Digital Orthophoto Mosaic

UAS – Unmanned Aerial System

UAV – Unmanned Aerial Vehicle

UPL – Unidad de Planificación Local

3.2.13 ANEXOS

- DEM
- Fotografías
- Reportes
- Modelo Digital de Superficie (DSM)
- Nube de Puntos
- Ortofotografía
- Plano General (DWG)

3.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

3.3.1 RECOPIACIÓN INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se llevará a cabo una revisión integral de la información técnica disponible (estudios, cartografía, sensores remotos y diagnósticos), con especial énfasis en los antecedentes históricos y estudios detallados emitidos por el IDIGER. Esta fase incluirá la consulta exhaustiva en el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático (SIRE) y demás fuentes pertinentes para el cumplimiento del objeto contractual.

La localidad de Usme se caracteriza por presentar una geología compleja con presencia de fallas y pliegues que han fracturado intensamente los macizos rocosos constituidos por unidades litológicas de tipo sedimentario. Allí, aparece toda la secuencia estratigráfica del distrito capital, excepto Plaeners y Arenisca de Labor-Tierna. Hacia el oriente, el cerro está conformado por la Formación Arenisca Dura que hace contacto con la Formación Guaduas por la Falla de Bogotá, que en general son secuencias de areniscas porosas y resistencia variable. También se puede observar toda la secuencia de la Formación Bogotá hasta el Usme Superior, conformadas principalmente por capas de arcillolitas intercaladas con areniscas bien calibradas y deleznales como las de la Formación Regadera. A partir de las anteriores se desarrollan suelos residuales de bajo espesor, seguido de depósitos fluvioglaciares y coluviales compuestos por gravas y bloques angulares a subangulares de variado tamaño, depósitos de origen aluvial y lacustre representados principalmente por la Formación Tunjuelo, Sabana y Tilitá, así como depósitos y rellenos de material antrópico.

3.3.1.1 Geología Regional

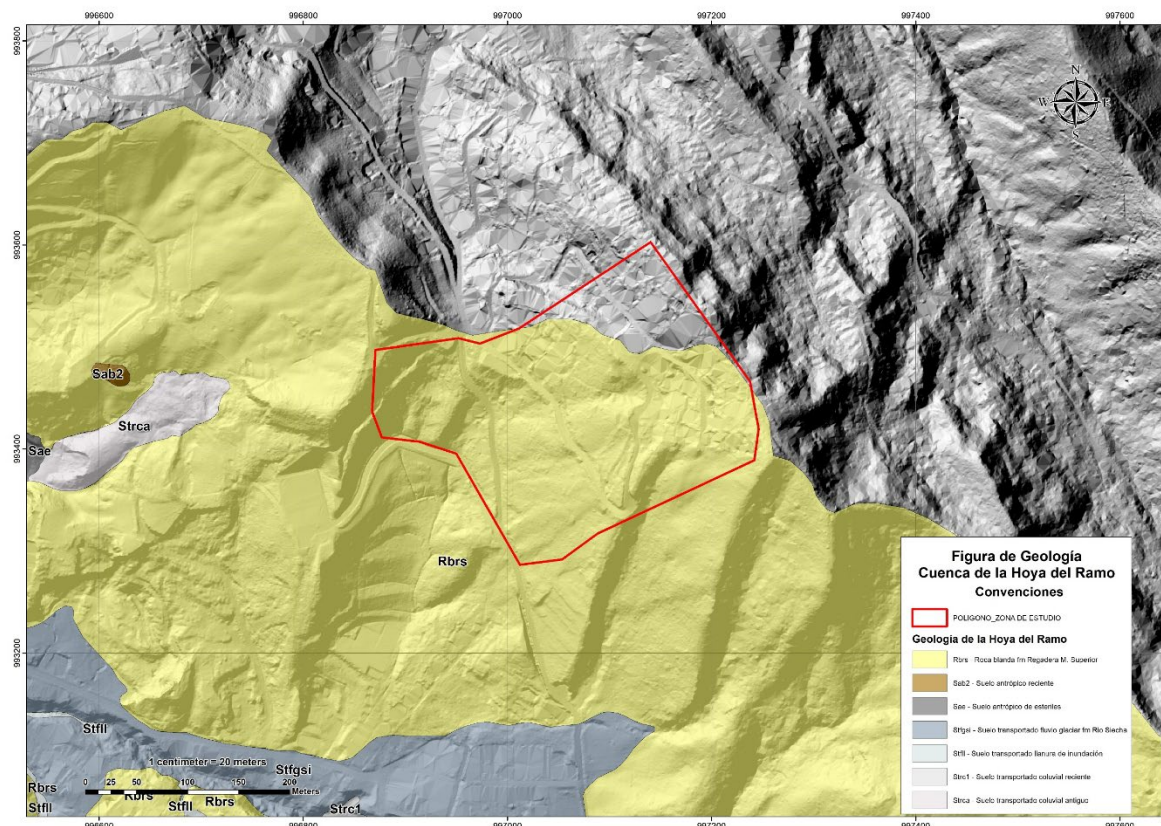
La altiplanicie de la sabana de Bogotá está situada en la parte central de la Cordillera Oriental, sobre un gran sinclinal plegado con orientación SSW-NNE compuesto por rocas sedimentarias desde el Cretácico Superior hasta el periodo Cuaternario. Para la cuenca de la quebrada Hoya del Ramo, localizada al sureste de la ciudad de Bogotá, tenemos como las rocas más antiguas al Grupo Guadalupe pertenecientes al final del Cretácico Superior, que se depositaron en un ambiente litoral y sublitoral (Pérez & Salazar, 1978). En el cretácico superior – Paleoceno se generó una fase de deformación (Cooper et. ál., 1995) debido a la acreción de la Cordillera Occidental, no notoria en la Cordillera Oriental, excepto en la Sierra Nevada del Cocuy (Fabre, 1985), sin embargo, determina la finalización de la

sedimentación marina, para dar lugar a depósitos continentales de ríos meandriformes y trenzados representados en la parte alta de la Formación Guaduas y las Formaciones Cacho, Bogotá y Regadera, en el que predominan las arcillas.

El sistema Neógeno está constituido por depósitos de tipo aluvial y lagunar, y los sedimentos producidos por procesos de origen erosivo durante la orogenia del Mioceno, pertenecientes a las Formaciones Marichuela, Tilatá, Sabana y Tunjuelo que son depósitos sedimentados en el centro y los bordes de grandes lagos interandinos cerca de la cumbre de la Cordillera, a los cuales llegaban los materiales fluviales y fluvioglaciares del Plioceno y Pleistoceno, compuestos mayoritariamente por sedimentos de tamaño gravas y bloques dentro de una matriz areno-arcillosa, que marca el levantamiento de la Sabana de Bogotá.

Desde el punto de vista estratigráfico, la quebrada Hoya del Ramo está conformada principalmente por rocas sedimentarias, de edad Cretácico pertenecientes al grupo Guadalupe y Formación Guaduas, del Paleógeno al Neógeno las formaciones Cacho, Bogotá, Regadera, Usme, Marichuela y una secuencia de unidades Cuaterna determinadas por depósitos de la Formación Tilatá, Sabana, Río Siecha, Tunjuelito y Depósitos coluviales.

Figura 3-8 Geología UGS cuenca de la Hoya del Ramo polígono 1



Fuente: IDIGER, 2023.

Suelo transportado fluvio lacustre de la Formación Tunjuelito (Stflrt):

Depósitos constituidos por una secuencia interestratificada constituida por arcillas arenosas, arcillas orgánicas y turbas que se alternan con arenas arcillosas y gravas. Se presentan en general poco consolidados y corresponden a los sedimentos fluviales acumulados en áreas de llanuras de inundación y niveles de terraza a lo largo de los ríos principales al entrar en la Sabana. Su depósito puede presentar espesores de hasta 150 metros y se localizan sobre la parte baja de cuenca de la quebrada Hoya del Ramo en inmediaciones de la Ladrillera Santa Fe.

Suelo transportado fluvio glaciar de la Formación Rio Siecha (Stfgrsi):

Consiste en depósitos compuestos por abanicos fluvioglaciares producto del descongelamiento de la masa glaciar desde la parte más oriental y alta de la cuenca de la

quebrada Hoya del Ramo. Se constituyen de clastos y gravas, y ocasionalmente bloques de tamaño heterométrico, de formas subangulares y subredondeadas y de composición variada, dentro de una matriz de arena, con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y paleosuelos color negro. Se encuentran cubriendo el fondo de los valles de los drenajes principales (Hoya del Ramo, Fiscala, Palestina) y sobre las formaciones Regadera y Bogotá hacia el costado sur oriental de la cuenca, con espesores de 10 metros en las partes más altas, hasta 15 metros en la parte media y baja de la cuenca Hoya del Ramo.

Suelo translocado coluvial reciente clasto soportado (Strc1):

Consiste en depósitos compuestos por abanicos fluvioglaciares producto del descongelamiento de la masa glaciar desde la parte más oriental y alta de la cuenca de la quebrada Hoya del Ramo. Se constituyen de clastos y gravas, y ocasionalmente bloques de tamaño heterométrico, de formas subangulares y subredondeadas y de composición variada, dentro de una matriz de arena, con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y paleosuelos color negro. Se encuentran cubriendo el fondo de los valles de los drenajes principales (Hoya del Ramo, Fiscala, Palestina) y sobre las formaciones Regadera y Bogotá hacia el costado sur oriental de la cuenca, con espesores de 10 metros en las partes más altas, hasta 15 metros en la parte media y baja de la cuenca Hoya del Ramo.

Rocas blandas de lodolitas arenosas y areniscas friables de la Formación Regadera (M. Superior) (Rbrs):

Este segmento está constituido por arcillolitas y lodolitas arenosas de variados colores (gris, verde, rojo y violeta) en capas muy gruesas con intercalaciones esporádicas de areniscas friables de grano medio. Pueden desarrollar suelos residuales generalmente de hasta 3 metros de espesor.

3.3.1.2 Geología estructural general

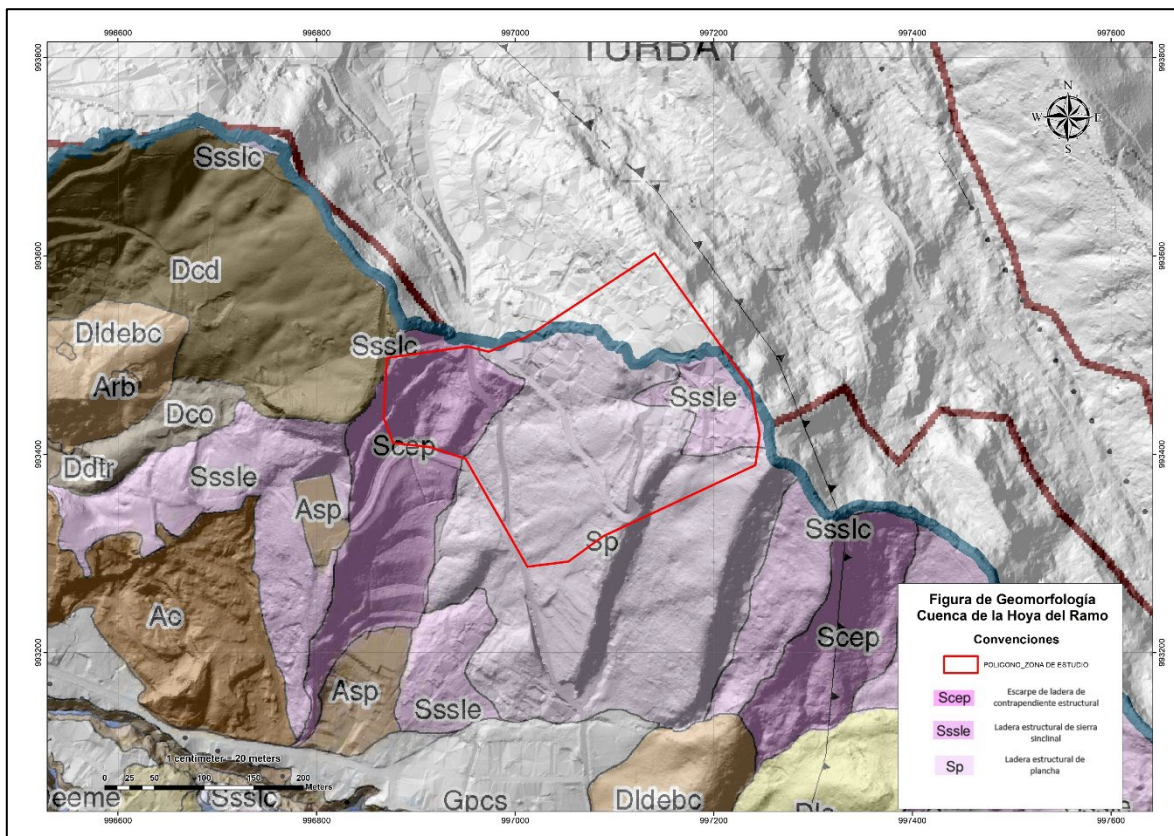
La cuenca de la Quebrada Hoya del Ramo presenta alta complejidad tectónica relacionada a esfuerzos de tipo compresivos que ocurrieron durante el levantamiento de la Cordillera Oriental. Estos esfuerzos ejercieron un control estructural sobre los drenajes y son responsables de la morfología asimétrica de la cuenca. Por tanto, se establece una configuración regional que se distingue por la presencia de plegamientos y fallamientos de alta intensidad, que inducen la formación de pliegues sinclinales sujetos a erosión y fallas

asociadas. La información cartográfica existente muestra la influencia del Sinclinal Usme-Tunjuelito, que es una estructura geológica que se orienta de NE a N-S. El núcleo de este Sinclinal Usme-Tunjuelito y sus flancos están conformados por rocas paleógenas y neógenas y en menor proporción por unidades Cretácicas. También se han identificado dos sistemas principales de fallas en direcciones longitudinales NNE-SSW como la (Falla Bogotá y Falla de Juan Rey, que son fallas inversas de cabalgamiento con vergencia al oriente y están asociados al sistema de fallas longitudinales de la sabana de Bogotá) y transversales NWSE y NE-SW y (la Falla Yomasa – Las Delicias, la cual es una falla de Rumbo de comportamiento siniestral, asociada a la zona de cizalla del sur de la Sabana de Bogotá) donde el macizo rocoso presenta una alta densidad de fracturas por la presencia de zonas de daño heredadas de sistemas de esfuerzos de corte o cizalla local, (Ordoñez, 2014).

3.3.1.3 Geomorfología regional

El análisis geomorfológico de la cuenca de la quebrada Hoya del Ramo, en el sector suroriental de Bogotá, revela un paisaje estrechamente vinculado a la evolución tectónica y a la litología de la Formación Regadera. La configuración actual del relieve es el resultado de una compleja interacción entre los procesos de erosión diferencial y el control estructural ejercido por sistemas de fallas de gran importancia regional, tales como las fallas de Yomasa-Las Delicias y Juan Rey.

Figura 3-9 Geomorfología de la Hoya del Ramo - Entre Nubes



Fuente: IDIGER, 2023

Escarpe de ladera contraestructural (Scep):

Laderas de forma recta, ondulada o escalonada, de pendientes muy abruptas a escarpadas (20° - 45°) y con longitudes cortas a largas (50–250 metros). Su origen se relaciona a la erosión selectiva que dejan descubiertas las planchas estructurales y su respectivo contrapendiente. Se caracteriza porque la pendiente topográfica es contraria a la inclinación de las capas, y por presentarse con una orientación diferente a la tendencia estructural regional. Están constituidos por rocas (lodolitas arenosas y areniscas friables) principalmente al miembro superior de la Formación Regadera y localizados sobre la ladera oriental de la quebrada Hoya del Ramo, asociados al control estructural ejercido por la falla Juan Rey.

Plancha estructural (Sp):

Ladera en capas o estratos inclinados a favor de la inclinación del terreno, con pendientes muy abruptas a escarpadas (20° - 45°) y longitudes cortas (50-250 metros) aproximadamente, que se presentan como laderas festoneadas o dentadas hacia arriba. Su origen obedece a procesos de plegamiento o erosión diferencial que ocurre sobre una secuencia de estratos delgados duros y blandos. Se desarrollan sobre lodolitas arenosas y areniscas friables de la Formación Regadera y se distribuyen ampliamente sobre la subcuenca Hoya del Ramo - Fiscala, producto de la influencia estructural de las fallas principales (Fallas Yomasa Las Delicias y Juan Rey).

Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle):

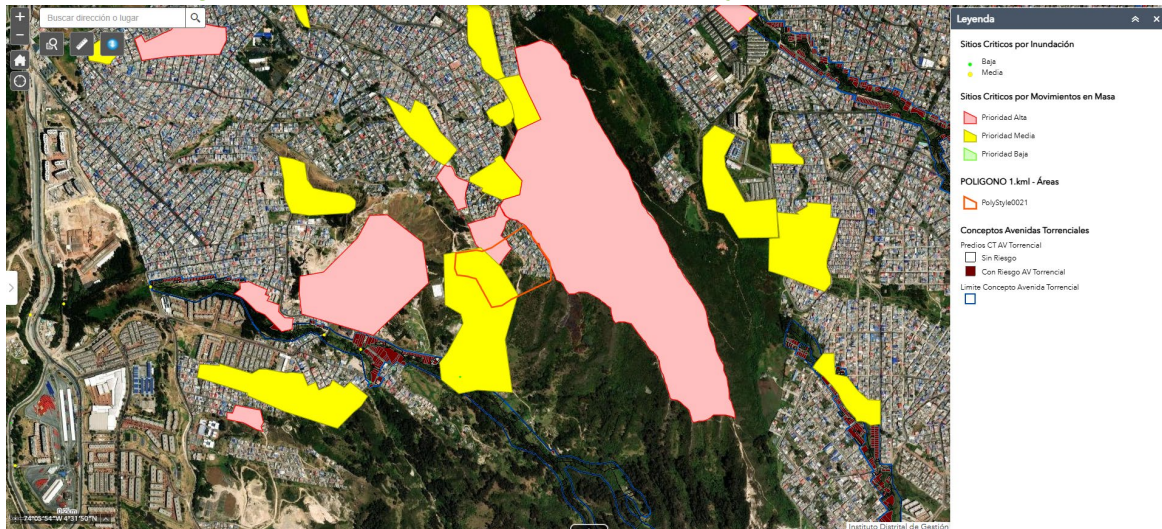
Superficies definidas por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadas (50-500m), forma cóncava y pendientes muy abruptas a escarpadas (20° - 45°), asociadas al flanco oriental del Sinclinal de Usme. Se constituyen por lodolitas arenosas y areniscas friables pertenecientes a la Formación Regadera y se distribuyen principalmente sobre el costado nor-oriental de la cuenca Hoya el Ramo. Presentan movimientos en masa de tipo flujo y algunos depósitos coluviales susceptibles a sufrir movilizaciones.

3.3.1.4 Inventario histórico de movimientos en masa y otros eventos.

SIRE

En la siguiente ilustración, se puede observar que el polígono 1 presenta algunas zonas con prioridad alta y media de sitios críticos por movimientos en masa. En el componente de inundación y avenidas torrenciales no presenta riesgos ni sitios críticos debido a su ubicación en una zona alta.

Figura 3-10 Sitios críticos por mm, inundación y avenidas torrenciales.

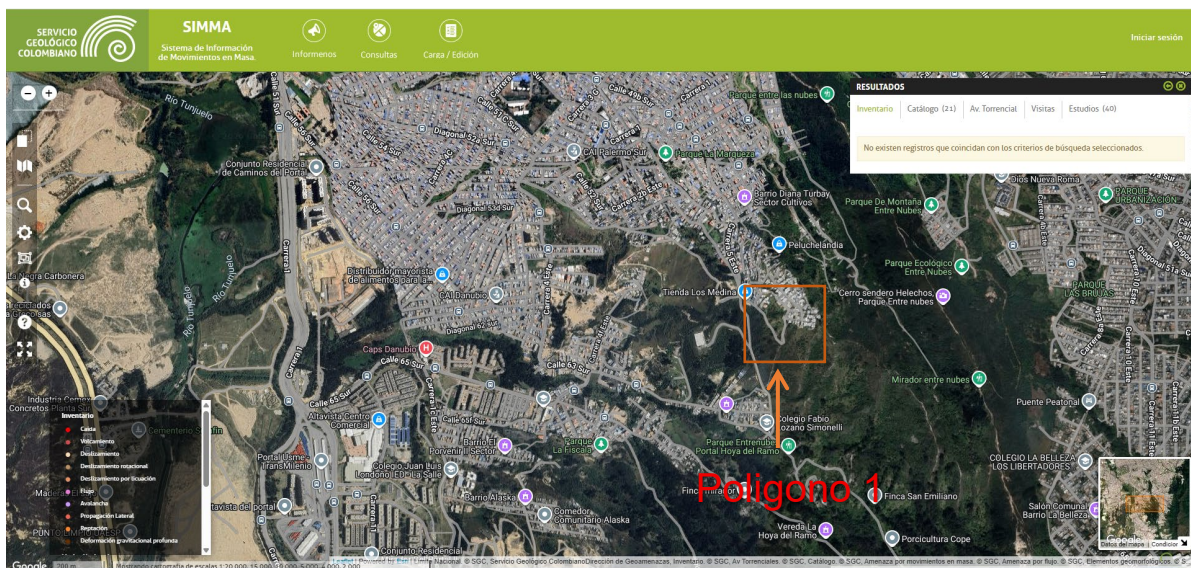


Fuente: SIRE

SIMMA

Revisando el sistema de información de movimientos en masa, dentro o cerca del polígono 1 no se reporta ningún tipo de evento ni de movimiento en masa ni avenida torrencial.

Figura 3-11 Reporte de eventos de mm y avenidas torrenciales SIMMA



Fuente: SIMMA

3.3.1.5 Estudios previos

El presente capítulo consolida el análisis de la información técnica recolectada y evaluada como base para el desarrollo del proyecto. La revisión se centró en documentos de carácter oficial y estudios de detalle que permiten contextualizar las condiciones físicas de la zona de intervención.

Específicamente, se realizó la integración técnica de los siguientes estudios:

IDIGER (2023): "Estudio de riesgo por avenidas torrenciales y/o crecientes súbitos para la cuenca Hoya del Ramo de la localidad de Usme".

Consultoría Técnica JAM, 2017: "Estudios y diseños para la construcción de obras de mitigación de riesgo por procesos morfodinámicos en la margen izquierda de la cuenca alta de la quebrada Hoya del Ramo del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes".

A partir de estos antecedentes, se extrajeron y validaron datos críticos en las dimensiones de geología, geomorfología y geotecnia. Esta información secundaria constituye un contexto general de la cuenca, permitiendo identificar las dinámicas históricas de los procesos morfodinámicos y la respuesta geomecánica de las unidades litoestratigráficas frente a las amenazas naturales presentes en la cuenca.

Geotecnia

Tras revisar la exploración geotécnica contenida en los estudios del IDIGER (2023) y JAM (2017) para la realizados en la parte alta de la cuenca de la quebrada Hoya del Ramo, se determinó que sus resultados brindan un contexto regional de la cuenca.

La información analizada se enfoca principalmente en depósitos aluviales y fluvioglaciares.

La campaña de exploración que ejecutó JAM en el 2017 consistió en ocho perforaciones (P-01 a P-08) con profundidades entre 3,00 y 8,30 m, distribuidas en la margen izquierda de la cuenca alta de la quebrada. Los registros permiten reconocer un perfil estratigráfico relativamente consistente, compuesto por tres unidades principales que se repiten con ligeras variaciones entre sondeos.

Geología superficial

Según el estudio de JAM (2017), la zona de estudio presenta un perfil geológico compuesto principalmente por rocas sedimentarias alteradas y depósitos no consolidados distribuidos en las vertientes y el cauce.

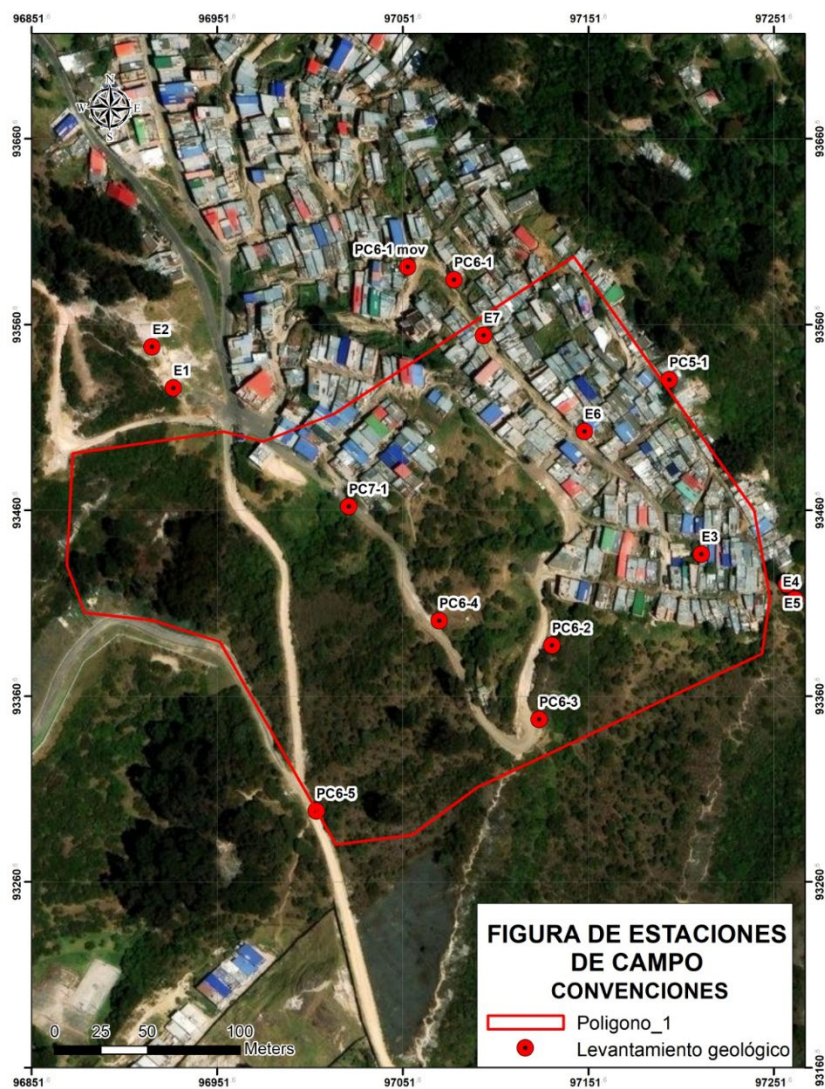
Las formaciones rocosas más relevantes son la Formación Arenisca de La Regadera y la Formación Bogotá. La primera se divide en dos unidades con comportamientos muy distintos: las litoarenitas y cuarzoarenitas (Tir-nd) son materiales competentes que forman las crestas del relieve, mientras que la unidad Tir-nb, compuesta por limolitas y arcillolitas, genera relieves más bajos y deprimidos. Ambas unidades comparten una cementación deficiente, lo que las hace friables y muy susceptibles a la erosión.

En cuanto a los materiales no consolidados, se distinguen tres tipos de depósitos. Los depósitos de flujos encauzados (Qfe) son acumulaciones de lodo con fragmentos gruesos de grava y bolos subangulares, mal seleccionados y poco consolidados. Los depósitos de vertiente (Qdv) tienen una estructura soportada por la matriz y están afectados por procesos de erosión tanto difusa como concentrada. Finalmente, los depósitos coluviales (Qc), de edad posterior al Holoceno, están formados por guijos, cantos y bloques de cuarzoarenitas y litoarenitas embebidos en una matriz arcillo-limosa; estos afloran al norte del área de estudio y cubren una extensión considerable de las vertientes y el fondo del cauce de la quebrada.

3.3.2 TRABAJOS DE CAMPO GEOLOGÍA

El trabajo de campo se basó en el levantamiento de 7 estaciones distribuidas por todo el polígono de estudio, donde se realizaron secciones geológicas a detalle junto con la toma de datos estructurales y el registro de cualquier proceso morfodinámico que fuera evidente en el sitio. En general, se identificó una litología predominantemente arenosa que transiciona desde suelos residuales con espesores variables —desde los 50 cm o menos en ciertos puntos hasta los 2 m en otros— hacia roca con un grado de meteorización principalmente de grado III, aunque en zonas muy específicas es de grado II; además, se reportó la presencia de un suelo residual arcilloso de grado V. A continuación, se detalla lo encontrado en cada una de las estaciones de observación y se presentan las coordenadas de las ubicaciones:

Figura 3-12 Ubicación de estaciones de campo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5 Coordenadas de las ubicaciones

X	Y
96928,09	93526,37
96916,69	93548,48
97212,68	93437,01
97263,26	93412,70
97258,56	93420,65
97195,43	93530,85

X	Y
97149,62	93503,04
97079,38	93584,63
97095,31	93554,74
97132,19	93387,88
97125,30	93348,03
97071,33	93401,12
97022,62	93462,628
97005,24	93298,74
97054,42	93591,50

Coordenadas en origen ciudad Bogotá

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.1 Estación 1

La estación 1 pertenece a un talud expuesto posiblemente antes fue una pequeña cantera. Se levantó una columna de 5 m. De Techo a base se describen los siguientes materiales:

0 – 100 cm: Roca cuarzo arenita de grado III, color blanco hueso a amarillento, tamaño de grano arena media, presenta poca matriz de arena muy fina, poco cementada, cemento siliceo, compacidad firme, plasticidad nula, humedad baja.

1 m – 5 m: Suelo arcilloso grado V, color rojizo, no tiene estructura reconocible de la roca, consistencia blanda y plasticidad alta, humedad alta por lluvias.

Figura 3-13 Fotografía Estación 1



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2 Estación 2

La estación 2 pertenece a un talud expuesto posiblemente antes fue una pequeña cantera. Se realizó a aproximadamente 30 m de la estación 1. Se levantó una columna de 7 m. De Techo a base se describen los siguientes materiales:

0 – 1 m: Suelo residual arenoso VI (SraVI) con materia orgánica, color gris oscuro, hacia la base se ve un poco más amarillo.

1 m – 6 m: Roca cuarzo arenita de grado III (RdaIII), color blanco hueso a amarillento, tamaño de grano arena media, presenta poca matriz de arena muy fina, poco cementada, cemento silíceo, compacidad firme, plasticidad nula, humedad baja.

6 m – 7 m: Roca blanda arcillosa grado III - IC (Rba III-IV), color rojizo, no tiene estructura reconocible de la roca, consistencia blanda y plasticidad alta, humedad alta por lluvias.

En el macizo rocoso se tomaron datos estructurales, identificándose 4 familias de diaclasas

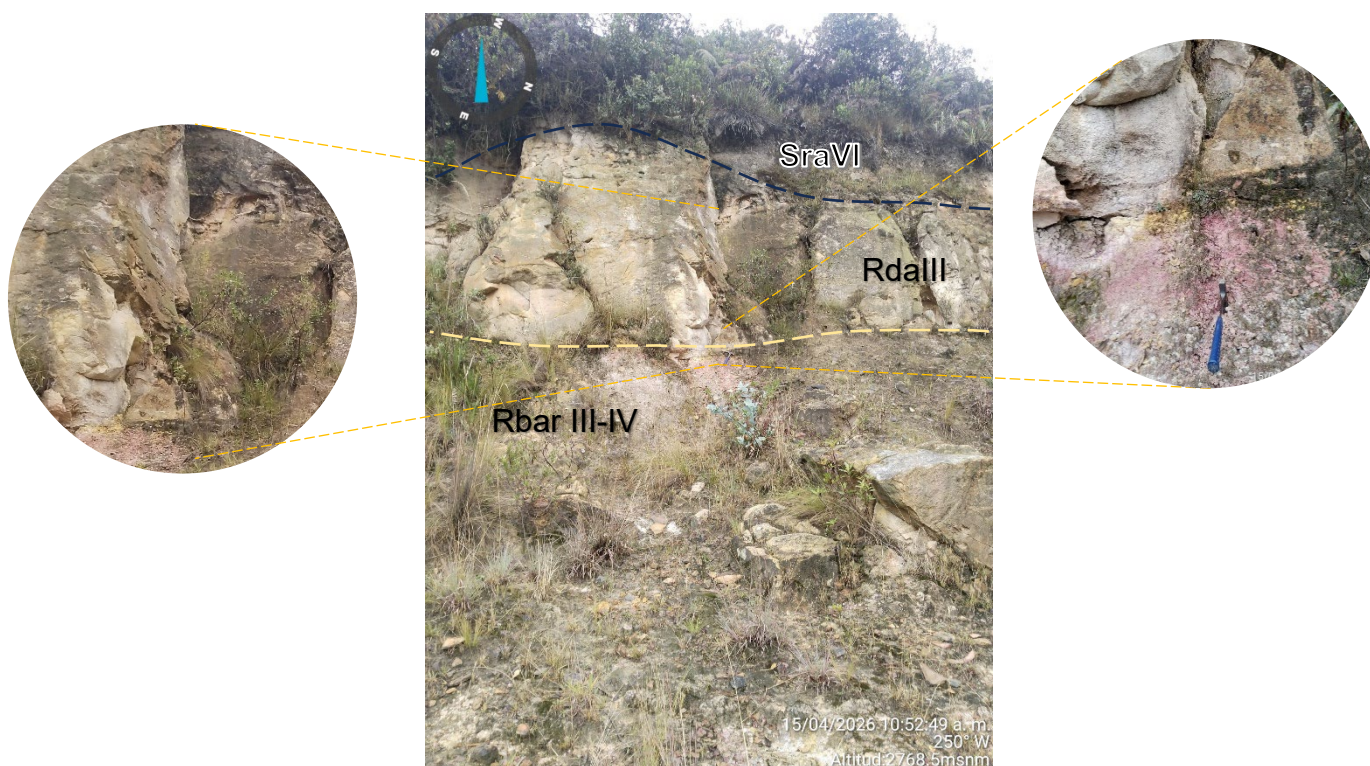
principalmente, se conoce que el dato estratigráfico es 235/33, 345/33 tomado de dos superficies cercanas además se tomó el valor del martillo de Schmidt:

Tabla 3-6 Datos estructurales de la Estación 2

Tipo de dato	Dato	Buzamiento	Dirección de Buzamiento	Martillo de Schmidt
Diaclasa	1	83	79	18 h
Diaclasa	1	83	89	15 h
Diaclasa	2	67	13	14 h
Diaclasa	2	62	25	13 h
Diaclasa	2	70	10	13 h
Diaclasa	3	66	59	13 h
Diaclasa	4	84	68	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-14 Columna Estación 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-15 Estación E1 y E2



Fuente: Elaboración propia

Análisis cinemático:

El análisis de deslizamiento planar para el sitio 1 se realizó sobre una ladera con inclinación de 80° y dirección de buzamiento de 59° , con un ángulo de fricción de 30° . A partir de los 8 datos estructurales procesados, se obtuvo que el 12% del total de polos cae en zona crítica, correspondiendo en su totalidad a la familia de Estratos, con el 100% de sus polos en condición de inestabilidad. Esto indica que la estratificación buza en dirección subparalela a la ladera, con ángulos superiores al de fricción, pero inferiores al de la ladera, condición geométrica que permite el afloramiento de los planos de estratificación en la cara del talud y configura un escenario favorable para la ocurrencia de deslizamiento planar. Las familias de diaclasas 1 y 2 no presentan condición crítica bajo esta geometría

Figura 3-17 Estación 3



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4 Estación 4 y 5

Esta estación se ubica en la parte alta sobre el filo al sureste del polígono, se identificó un suelo orgánico de granulometría arenosa, color pardo, sin humedad, compacidad suelta.

Unos metros al norte de la foto de la izquierda, se identifica un suelo residual arenoso VI-V, su compacidad es media, muy friable color blanco hueso a amarillento con baja humedad, con una pequeña capa vegetal de 5 cm. Se toma un punto de control más

adelante donde se observa el mismo material con grado V.

Figura 3-18 Estación 4 y 5



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4.1 PC5-1

En la Figura 3-19 se observa junto a la vivienda ubicada en el filo de la pendiente se identificó un suelo residual IV, de granulometría arena media, color amarillo parduzco, en algunas zonas se ve color blanco rosado a rojizo, de compacidad media, deleznable, humedad baja por lluvia. El residente de la vivienda comentó que al realizar la explanación se encontró la roca muy dura a los a los 50 cm de profundidad aproximadamente. Por lo que se deduce que el perfil de meteorización debe ser muy delgado hasta alcanzar la roca firme.

Figura 3-19 Estación 5-1



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5 Estación 6

Roca arenosa de grado III (RdaIII) color amarillo parduzco en la superficie a clara en el interior, grano medio, poco cementada, presenta 2 familias de diaclasas y un buzamiento estratigráfico.

Además, se tomaron distintos puntos de control donde se encuentra la roca de grado III, los cuales se nombraron como PC.

Figura 3-20 Estación 6



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-7 Datos de levantamiento estructural Estación 6

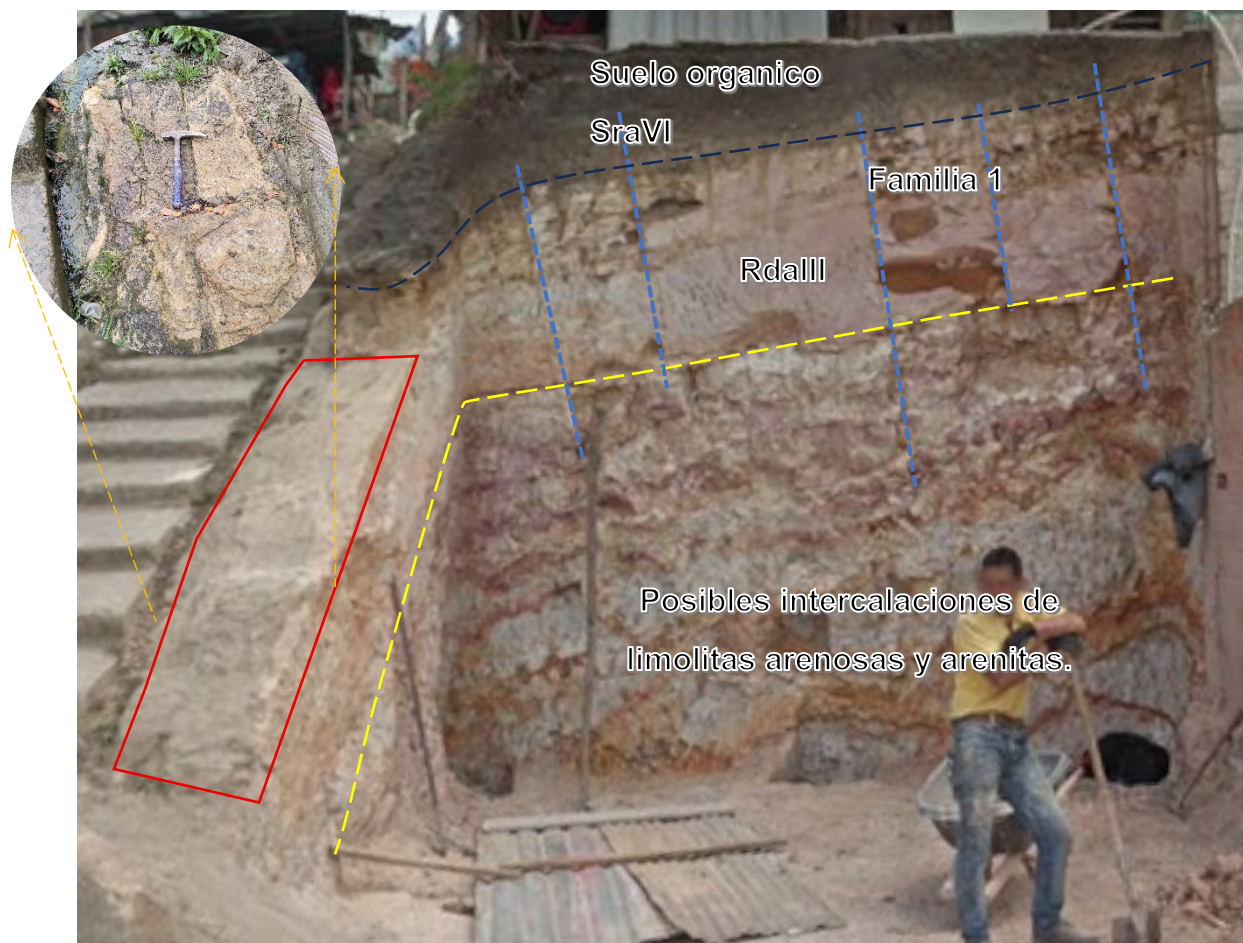
Tipo de dato	Dato #	Buzamiento	Dirección de buzamiento
Estratificación	1	43	232
Estratificación	2	41	234
Diaclasa	Familia 1	77	116
Diaclasa	Familia 1	77	115
Diaclasa	Familia 2	55	18
Diaclasa	Familia 2	55	20

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3-19 es una imagen obtenida de Google, 2019 se puede observar la capa arenita levantada en campo con tonos amarillos a rosados posiblemente por contenido ferroso de las capas adyacentes. RdalII se presenta suprayaciendo posiblemente unas intercalaciones de limolitas arenosas de color violeta y arenitas de color amarillo y grisáceo.

En la ilustración también se pueden observar la continuidad de la familia 1 de diaclasas presentadas en la ilustración anterior y anotada en la tabla del levantamiento estructural.

Figura 3-21 Perfil estratigráfico

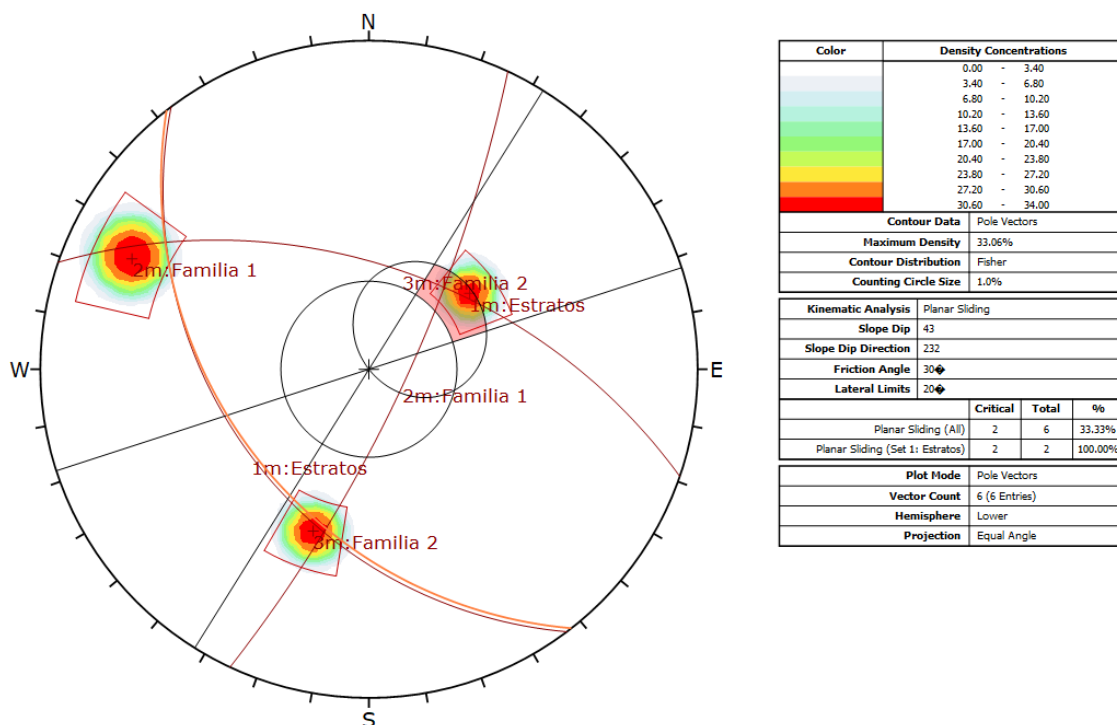


Fuente: Google Maps 2019

Análisis cinemático:

El análisis de deslizamiento planar para el sitio 2 se realizó sobre una ladera con inclinación de 43° y dirección de buzamiento de 232° , coherente con la orientación estructural regional de la Formación Regadera, y con un ángulo de fricción de 30° . De los 6 datos estructurales evaluados, el 33.33% del total de polos resulta crítico, siendo nuevamente la familia de Estratos la que concentra el 100% de sus polos en zona de inestabilidad. En este sitio la condición es especialmente desfavorable dado que los estratos buzan en la misma dirección que la ladera, superan el ángulo de fricción y quedan geoméricamente expuestos en el talud. Las familias 1 y 2 permanecen fuera de la zona crítica para falla planar.

Figura 3-22 Análisis cinemático de los datos estructurales



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.5.1 PC6-I

En este punto de control se identificó principalmente la Roca arenosa de grado III, color amarillo, compacidad dura, humedad media por lluvia, muy friable. También se identificó un suelo residual arenoso grado IV de compacidad media a suelta, sin humedad, se observan algunas estructuras, color violaceo por meteorización de la capa suprayacente; Por último, se observó una capa de suelo residual limoarenoso color violeta ubicado bajo las escaleras como se puede observar en la siguiente ilustración.

Figura 3-23 Fotografía PC 6-1



Fuente: Elaboración propia

A unos 30 m de este punto se presenta un movimiento en masa pequeño, generado al parecer el movimiento de relleno antrópico dispuesto en el lugar.

Figura 3-24 Foto desde arriba deslizamiento



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5.2 PC6-2

El afloramiento corresponde a un talud de vía de aproximadamente 8 m de alto, en el cual se identifica un perfil de meteorización generado por la alteración de roca arenita de la Formación Regadera, se levantó una columna estratigráfica que se presenta a continuación de techo a base:

0 – 0.5 m: Suelo orgánico arenoso con fragmentos de arenisca y limolita, color café muy oscuro.

0.5 m – 2 m: Suelo arenoso V, muy deleznable, con colores amarillo y violeta en algunas

zonas, de compacidad media, sin humedad, deleznable.

2 m – 5 m: roca arenosa III - IV misma descripción que V, pero el material tiene compacidad más dura, se observan algunas diaclasas erodadas, parte de ese suelo está bajo una capa de suelo meteorizado y transportado.

5 m – 8 m: Roca dura arenosa III – II (RdaIII-II) granulometría de arena media, poco cementada, presenta algo de matriz limosa, color amarillo y violeta, muy friable en zonas de meteorización III, muy duras en grado II, poco húmedas por lluvia.

No se evidencian procesos morfodinámicos activos, sin embargo, se observa que los suelos menos competentes se ven afectados por aguas escorrentías.

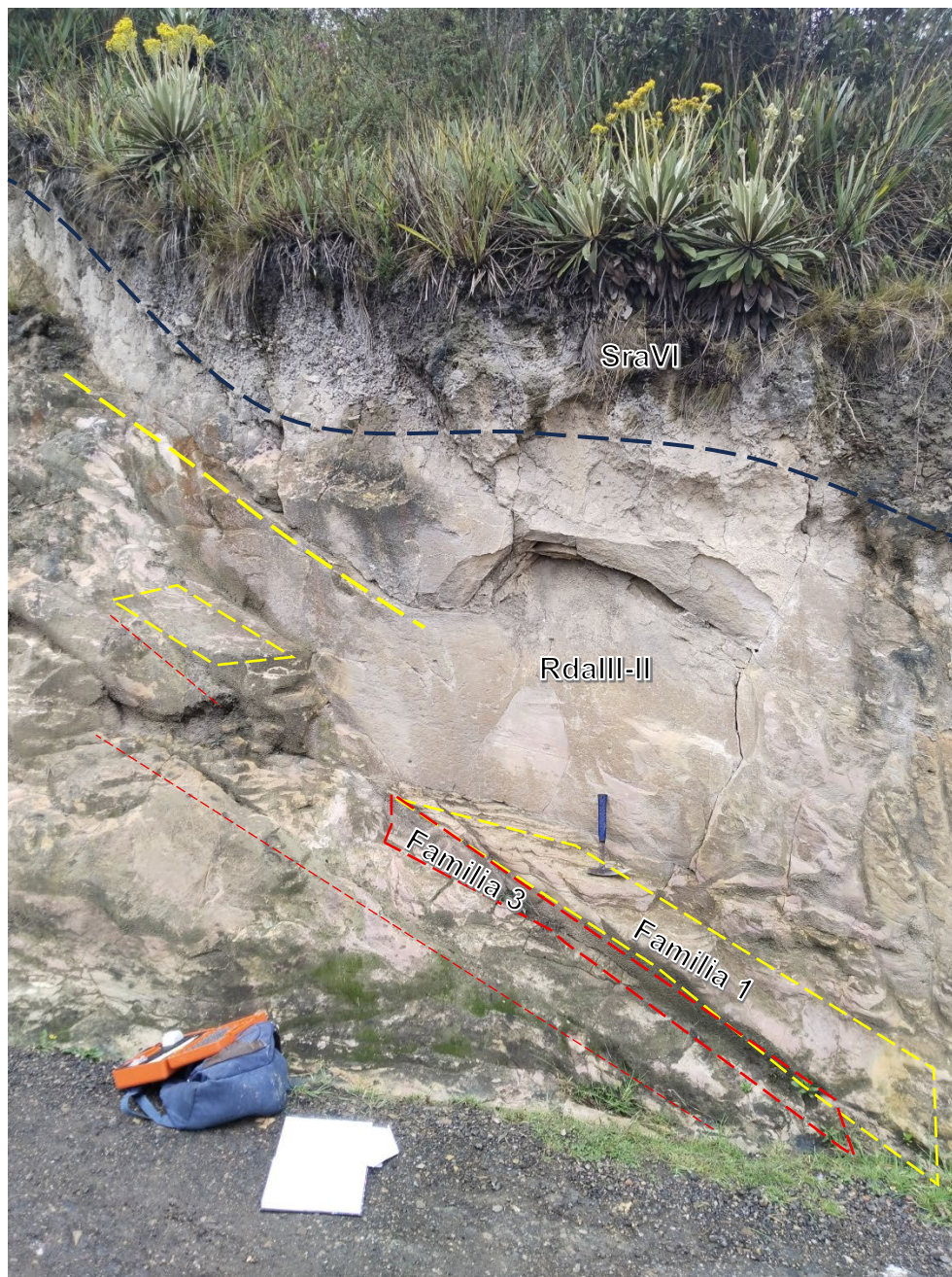
Se tomaron datos estructurales como buzamiento estratigráfico, y algunas familias de diaclasas que se presentaron a lo largo del talud.

Figura 3-25 Perfil estratigráfico estación PC6-2



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-26 Afloramiento 2 PC 6-2



Fuente: Elaboración propia

El afloramiento corresponde a la continuación del talud del PC6-2, así mismo las descripciones de la roca. Sobre la capa de roca se observa un material limoso lavado de color rojizo.

Figura 3-27 Afloramiento 3 PC6-2



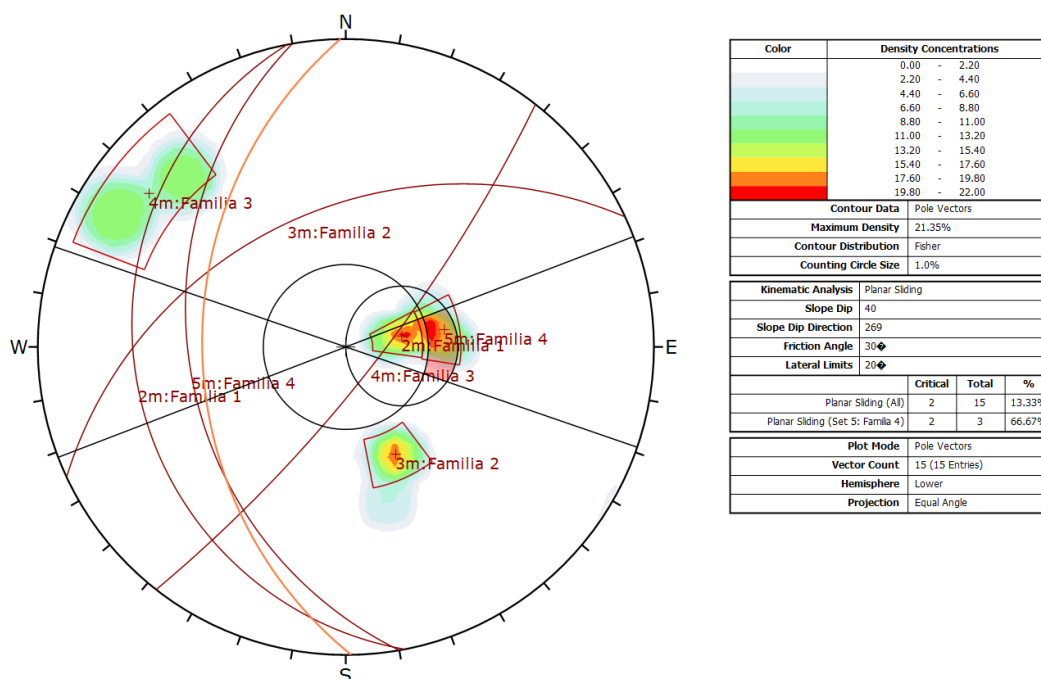
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-8 Datos de levantamiento estructural Estación PC6-2

Tipo de dato	Dato #	Buzamiento	Dirección de buzamiento	Martillo Schmidt
Diaclasa	Familia 1	16	260	18 v
Diaclasa	Familia 1	15	257	15 v
Diaclasa	Familia 1	26	258	19 v
Diaclasa	Familia 1	27	260	18 v
Diaclasa	Familia 2	40	341	25 v
Diaclasa	Familia 2	44	331	23 v
Diaclasa	Familia 2	42	334	18 V
Diaclasa	Familia 2	55	345	15 v
Diaclasa	Familia 3	80	120	17 h
Diaclasa	Familia 3	82	120	17 h
Diaclasa	Familia 3	74	135	17 h
Diaclasa	Familia 3	75	138	18 h
Diaclasa	Familia 4	36	265	-
Diaclasa	Familia 4	39	269	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-28 Análisis cinemático de datos estructurales E 6-2



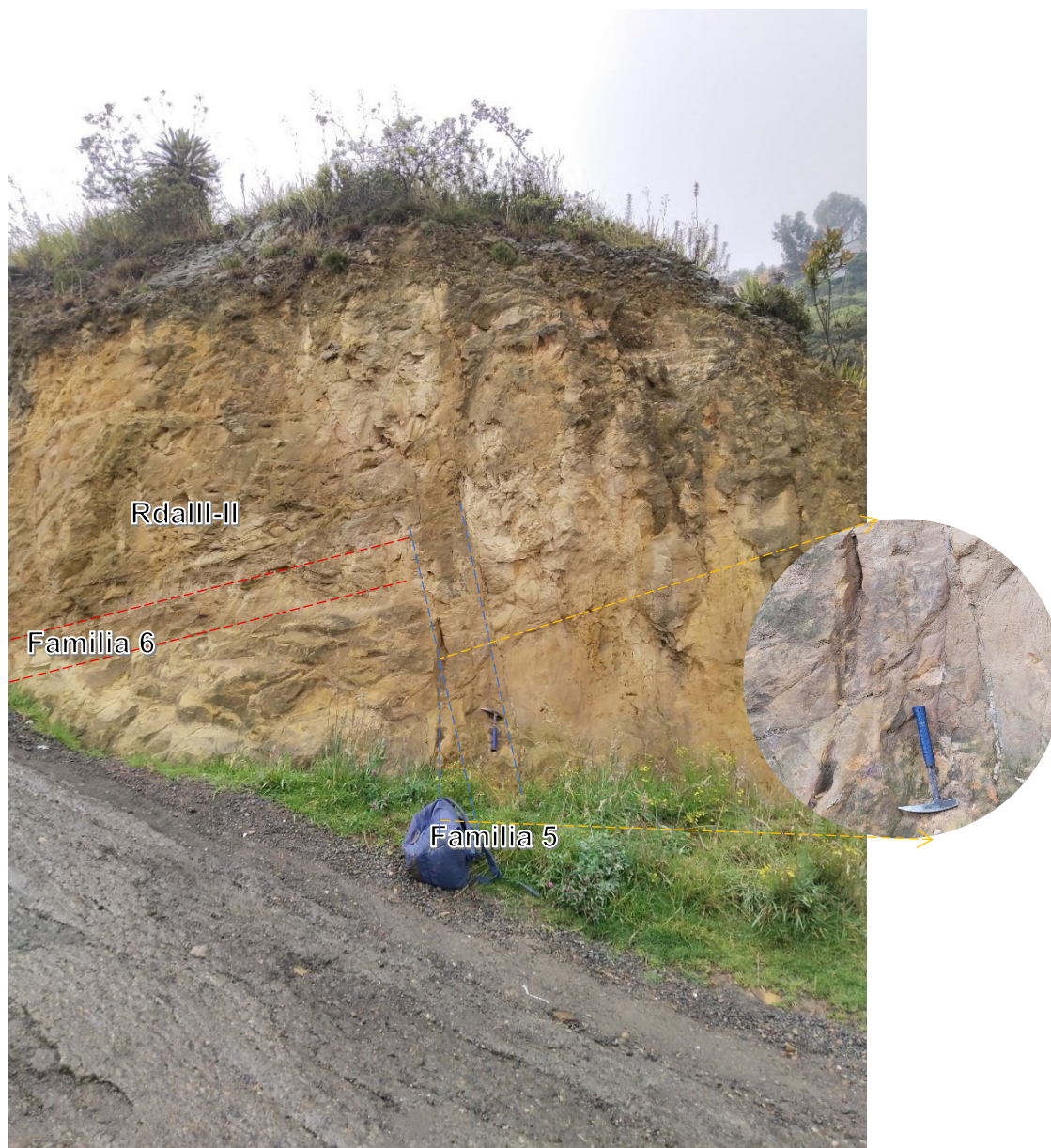
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5.3 PC6-3

El afloramiento corresponde a la continuación del talud del PC6-2, así mismo las descripciones de la roca.

Se identificaron dos familias de diaclasas las cuales se presentan en la Tabla 3-9.

Figura 3-29 Afloramiento estación PC6-3



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-9 Datos de levantamiento estructural Estación PC6-3

Tipo de dato	Dato #	Buzamiento	Dirección de buzamiento	Martillo Schmidt
Diaclasa	Familia 5	90	160	13 h
Diaclasa	Familia 5	80	160	13 h
Diaclasa	Familia 6	23	268	13 v

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5.4 PC6-4

El afloramiento corresponde a un talud de vía, donde se identifica una Roca dura arenosa III – II (RdaIII-II) granulometría de arena media, poco cementada, color blanco a grisáceo muy friable en zonas de meteorización III, más competentes en grado II, poco húmedas por lluvia.

Figura 3-30 Afloramiento estación 6-4



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-10 Datos estructurales levantados estación 6-4

Tipo de dato	Dato #	Buzamiento	Dirección de buzamiento	Martillo Schmidt
Estratigrafía	Capa	25	245	16,5 v
Estratigrafía	Capa	25	245	17
Diaclasa	Familia 1	74	134	26.5 h
Diaclasa	Familia 1	85	110	14.5 h
Diaclasa	Familia 2	65	265	22 h, 23 h

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5.5 PC6-5

La estación PC 6-5 se levantó sobre un afloramiento natural de 1.5 m alto en el cual en este punto y a lo largo de esa ladera se observó una capa delgada de unos 50 a 70 cm de espesor de un material transportado coluvial, producto del transporte de fragmentos de roca y suelo desprendidos por acción de la erosión y meteorización de las capas presentes en las zonas más altas.

Así mismo se identificó una roca dura arenosa grado III-II de meteorización, con pequeñas intercalaciones de limos, además se tomó un dato estratigráfico de la Formación Regadera (33°/245).

Figura 3-31 Afloramiento estación 6-5



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.6 Estación 7

En la estación 7 se identificaron surcos en la vía, generadas por el mal control de aguas escorrentías. Estos surcos se generan sobre un suelo antrópico.

Figura 3-32 Surcos generados por escorrentías



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.6.1 PC 7-I Sitio crítico

En esta estación se estableció un punto de control para monitorear el proceso morfodinámico principal que compromete la seguridad vial en el sector, ya que, si bien el contexto geológico está definido por rocas arenosas duras con un grado III de meteorización, la ladera ha sufrido una acumulación crítica de material antrópico a lo largo de los años. Por esta razón, el movimiento identificado se asocia principalmente a este material poco consolidado y heterogéneo que terminó cediendo al estar expuesto a detonantes externos como las lluvias intensas, lo que explica la inestabilidad observada en

este punto específico.

Figura 3-33 Deslizamiento rotacional polígono 1



Fuente: Elaboración propia

3.3.3 GEOLOGÍA LOCAL

A partir de la información obtenida en campo durante la visita del 16 de abril de 2026, se identificaron las unidades geológicas superficiales que se describen a continuación:

Formación Regadera Superior Arenosa (Pgrsa): Esta unidad representa la mayor parte del área de estudio y está constituida por suelos y rocas de composición litológica arenosa de grano medio, fino o muy fino. Se presenta en tonalidades que van desde blanco hueso hasta amarillo parduzco, con grados de meteorización III y IV. En general, son materiales muy friables, con poca cementación y escasa matriz; los estratos buzan preferencialmente hacia el oeste, con orientación D/DD de 33°/245°).

Formación Regadera Superior Arcilla (Pgrsar): Esta unidad se localiza principalmente al occidente del área de estudio y está constituida por suelos arcillosos abigarrados de

consistencia blanda, humedad alta por lluvias, plasticidad alta, muy susceptibles a la erosión por escorrentía, presente pendientes suaves a muy abruptas dependiendo su estado de meteorización. En el área de estudio fue reconocida en las estaciones E1 y E2, y con base en el análisis geomorfológico se identificó su continuidad en el predio vía al Tanque La Fisca.

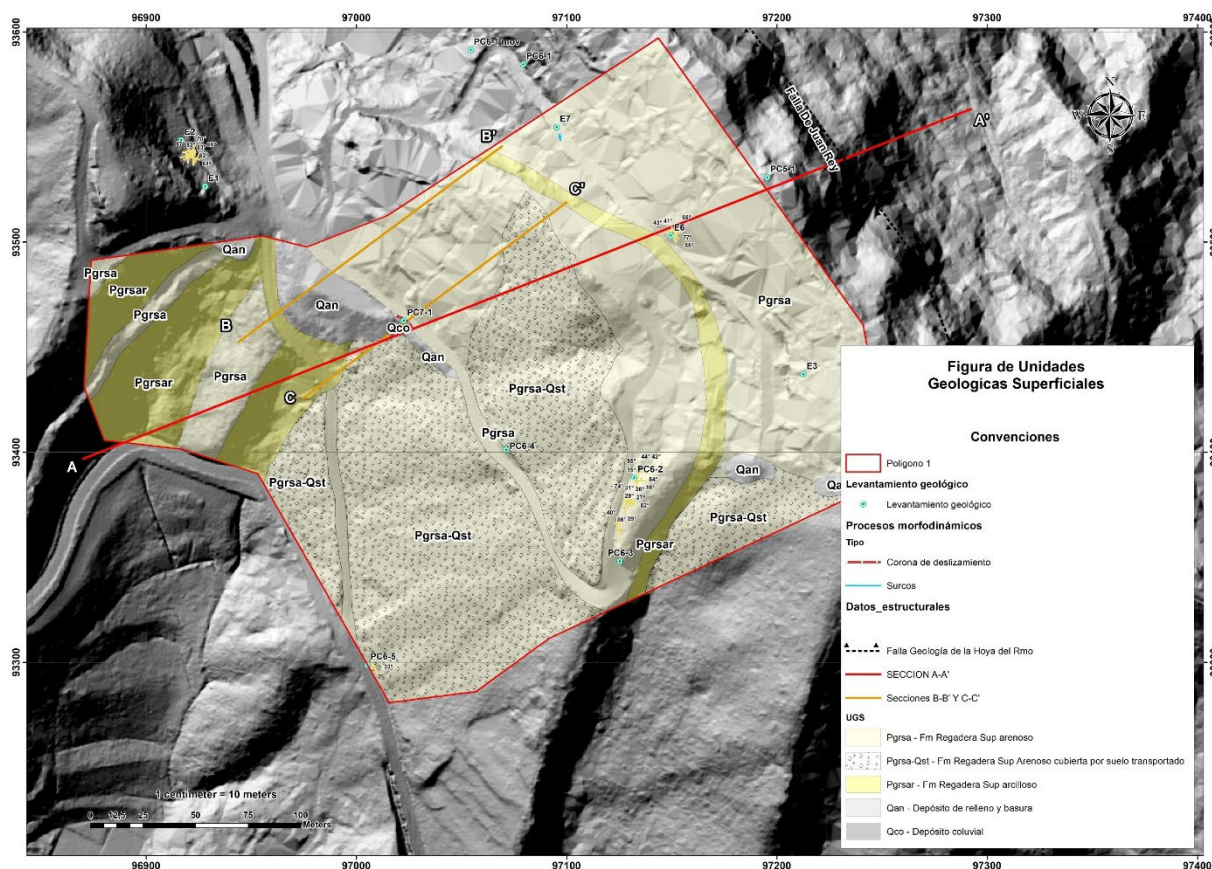
Depósitos de rellenos y basuras (Qan): Corresponden a depósitos conformados por escombros producto de explanaciones y actividades constructivas en el sector, acompañados de basuras y residuos sólidos.

Depósito coluvial (Qco): Esta unidad representa el proceso de deslizamiento ocurrido sobre el corredor vial de la calle 59 c Sur que conecta con la parte alta del barrio San Martín. Dicho proceso está estrechamente relacionado con las zonas de relleno dispuestas en las laderas del sector, lo que, sumado al inadecuado manejo de las aguas de escorrentía, pudo haber desencadenado el evento.

Formación Regadera Superior Arenosa cubierta por suelos transportados (Pgrsa - Qt): Se describe como roca arenosa dura de grado III de meteorización, cubierta por suelos transportados de poco espesor o de carácter superficial. Estos depósitos corresponden a materiales sueltos cuya resistencia al corte es bajo y en contacto neto con la roca subyacente favorece la generación de deslizamientos de pequeña magnitud de carácter traslacional.

Depósito de explanación (Qex): Suelos explanados como el resultado del crecimiento urbano en la zona.

Figura 3-34 Figura de mapa de unidades geológicas superficiales.



Fuente: Elaboración propia

3.3.4 DEFINICIÓN DE UGIS

Las unidades geológicas para ingeniería (UGIs) se definieron a partir de la geología de detalle realizada en el barrio San Martín, lo que permitió identificar características como el grado de meteorización, tipo de litología, compacidad o consistencia, humedad y color. En algunos materiales se complementó la caracterización con ensayos de martillo de Schmidt. A continuación, se describen las unidades geológicas para ingeniería identificadas:

Rda cubierta por suelo transportado (Rda-St): Esta unidad describe los suelos transportados superficiales o de poco espesor dispuestos sobre la roca dura arenosa de grado III de meteorización. Estos son suelos sueltos, heterogéneos y mal gradados, producto de la depositación de material transportado.

Suelo transportado coluvial (Stco): Corresponden a suelos antrópicos movilizados por detonantes como el agua y la gravedad. Se encuentra sobre el corredor vial de la calle 59 c Sur que presenta pérdida de estabilidad en el talud inferior ubicado dentro del parque entrenubes.

Suelo antrópico explanación (Sanex): Esta unidad corresponde a suelos de origen antrópico, utilizados para nivelar y explanar terrenos con fines urbanísticos.

Suelo antrópico (San): Esta unidad corresponde a escombros, rellenos y basuras depositados principalmente sobre las laderas del área de estudio. Por tratarse de materiales sueltos y de baja cohesión, presentan alta susceptibilidad al desarrollo de procesos de movimientos en masa.

Roca blanda arcillosa (RbarIII-IV): Roca de litología arcillosa con consistencia media a firme, las interestratificaciones presentan coloración abigarrada y blanca, plasticidad alta. Son susceptibles a la erosión por escorrentía y se localizan en pendientes altas interestratificadas con los estratos de areniscas, presentan humedad media a alta por lluvias registradas durante la visita de campo, se identificaron en las estaciones E1 Y E2, así mismo se reconocen morfológicamente ya que se encuentran principalmente en contrapendiente estructural.

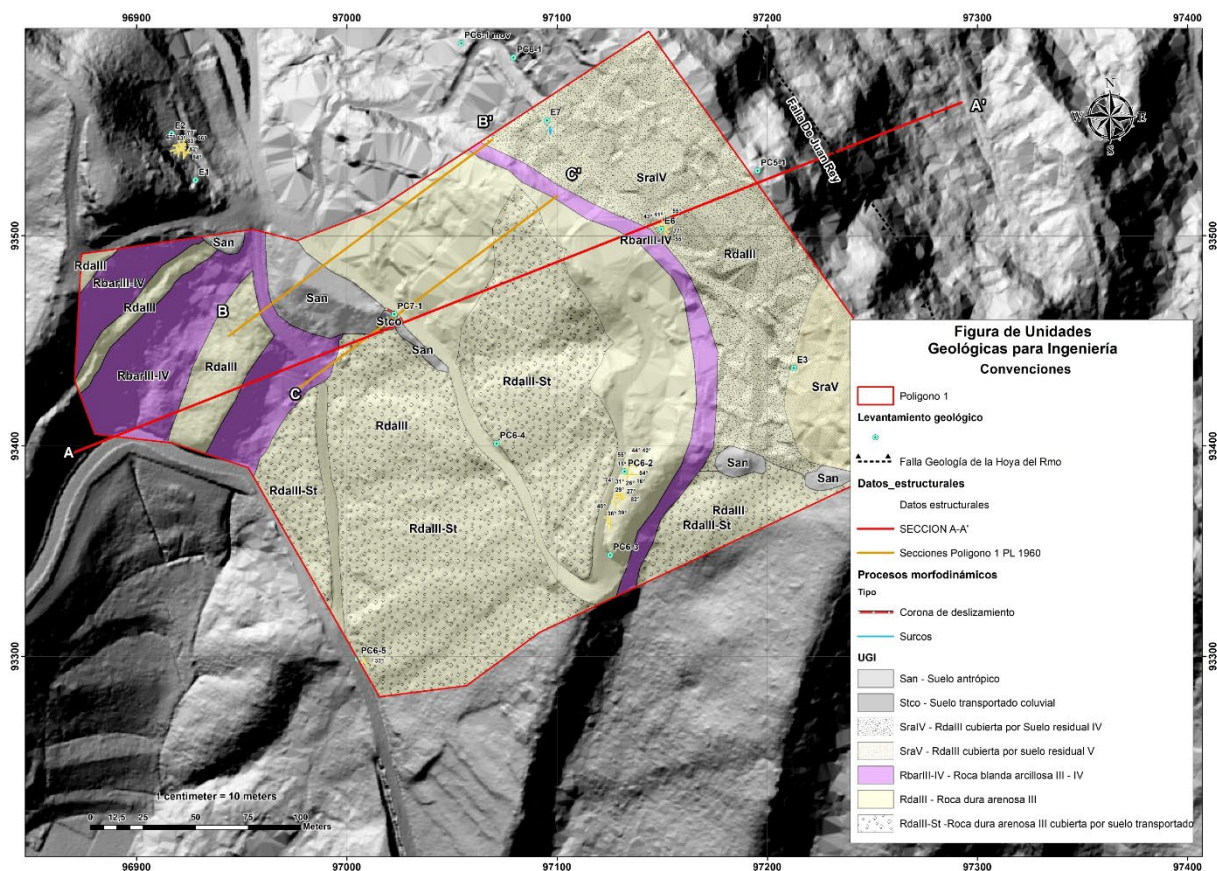
Suelo residual arenoso grado V (SraV): Se describen como suelos arenosos con algo de matriz de arenas finas de compacidad media a suelta, friabilidad alta, se ubican en la parte alta del área de estudio, presentan espesores variables, pero en su mayoría menores de 1 m, son suelos poco desarrollados, con una pequeña capa vegetal.

Suelo residual arenoso grado IV (SraIV): Suelos de granulometría media a fina, con compacidad firme, alta friabilidad, baja cementación y escasa matriz de arenas muy finas con cemento silíceo. Su coloración varía entre amarillo claro y amarillo parduzco según el sector. Esta unidad se distribuye principalmente en la zona urbana del barrio San Martín, presentan espesor variado sobre rocas grado III o grado II de areniscas.

Roca dura arenosa grado (RdallI): Esta unidad constituye más del 50 % del polígono de estudio. Corresponde a rocas de litología arenosa de grano medio con grado de meteorización predominantemente III, aunque localmente puede alcanzar el grado II. Se caracterizan por su baja cementación con cemento silíceo, escasa matriz de arenas finas y

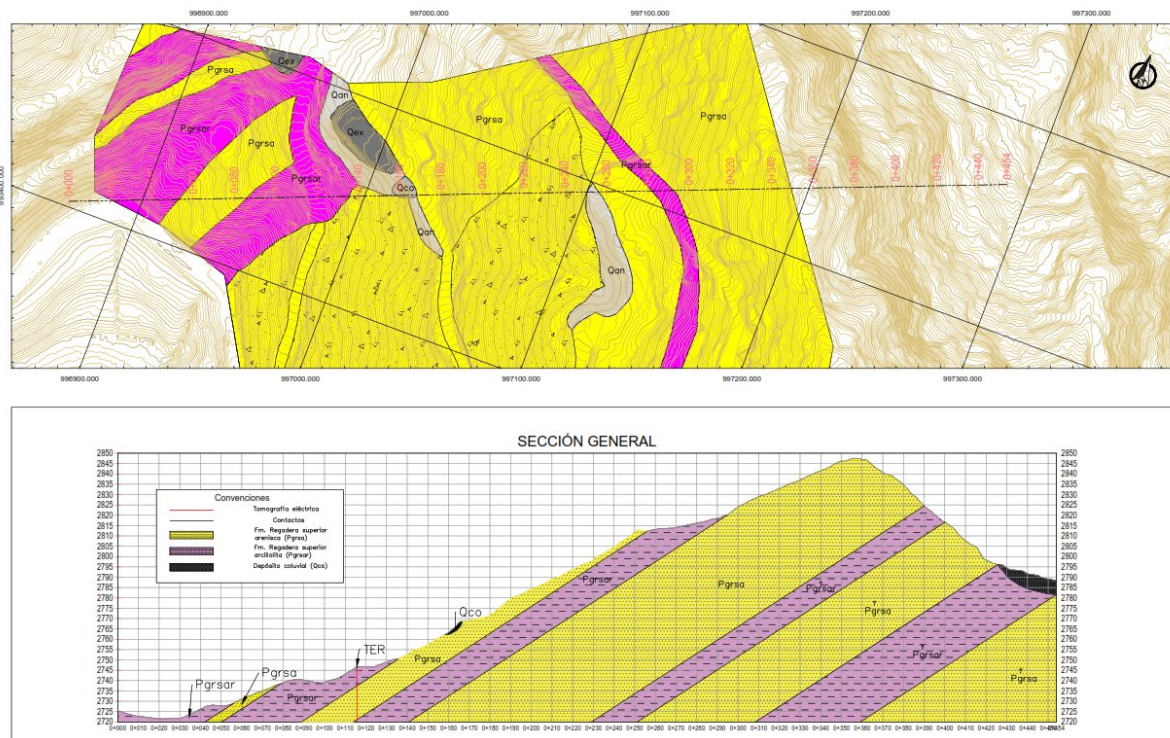
alta friabilidad, algunas zonas presentan cementación ferruginosa por lo que son más duras y resistentes. Su compacidad es firme, no presentan plasticidad y su humedad es baja. La coloración varía entre blanco hueso, amarillo claro y amarillo parduzco, en algunas zonas rojiizas. Morfométricamente se asocian a pendientes muy abruptas a favor de la pendiente estructural.

Figura 3-35 Figura de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGIS).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-36 Sección A-A' Perfil General



Fuente: Elaboración propia

3.3.5 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

3.3.5.1 Análisis multitemporal

Se plantea la evaluación comparativa de imágenes adquiridas en diferentes fechas y provenientes de una gran variedad de sensores satelitales y fotografías aéreas, con el fin de identificar, cuantificar y entender la evolución de las formas del relieve y los procesos superficiales a lo largo del tiempo. Este enfoque permite reconocer dinámicas como erosión, sedimentación, cambios en coberturas, migración de cauces, movimientos en masa y transformaciones antrópicas, mediante la observación sistemática de variaciones espaciales y temporales en la superficie terrestre.

En geomorfología, este tipo de análisis es fundamental para establecer tasas de cambio, reconstruir la evolución del paisaje y evaluar la estabilidad del terreno. Además, constituye una herramienta clave en estudios de amenaza y riesgo, ya que permite detectar zonas susceptibles a procesos activos como deslizamientos, erosión hídrica o expansión urbana

no controlada.

A partir de la recopilación de imágenes de sensores remotos fue realizado un análisis geomorfológico multitemporal del área de estudio. Esto con el fin de caracterizarla geológica y geomorfológicamente, identificar movimientos en masa pasados, realizar cartografía fotogeológica que sirve de base para el desarrollo del mapa geomorfológico y geológico. Las imágenes de sensores remotos recopiladas y utilizadas se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 3-11 Imágenes de sensores remotos

Vuelo/nombre	Fotografía	Fecha imagen	Escala aproximada
C-2161	117	11/02/1984	1:20.000
R-1183	110	02/10/1992	1:20.000
C-2656	177	1999	1:20.000
C-2717	99	2004	1:20.000
Ortofotografía / IGAC	No aplica	2007	1:45.400
Ortofotografía / IGAC	No aplica	2015	Resolucion 10 m
Ortofotografía / Lansad copernicus	No aplica	2025	Resolucion 15 m

Fuente: Elaboración propia

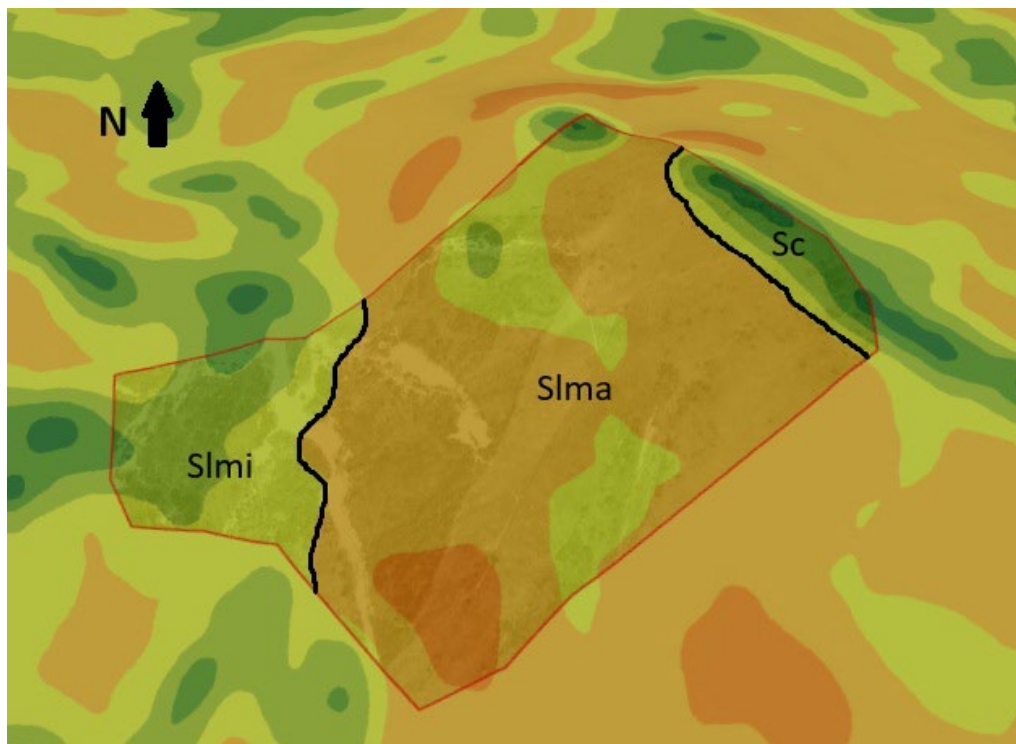
3.3.5.1.1 Fotografías aéreas

Fotografía aérea vuelo C-2161

La fotografía Aérea del vuelo C-2161, corresponde a una imagen aérea capturada en el año 1984, a través de un vuelo exploratorio, dicha imagen permite identificar la forma, disposición de las unidades geológicas de superficiales presentes en el área de estudio.

Se observa que el área de estudio Geomorfológicamente hablando se encuentra una ladera estructural muy abrupta (Slma) junto a una cima estructural correspondiente a una superficie de poca pendiente más denudada (Sc), en contacto a la ladera se encuentra una ladera muy inclinada (Slmi). Clasificación realizada de acuerdo con Carvajal (Carvajal Perico, J. H. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia.*)

Figura 3-37 Unidades Geomorfológicas del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

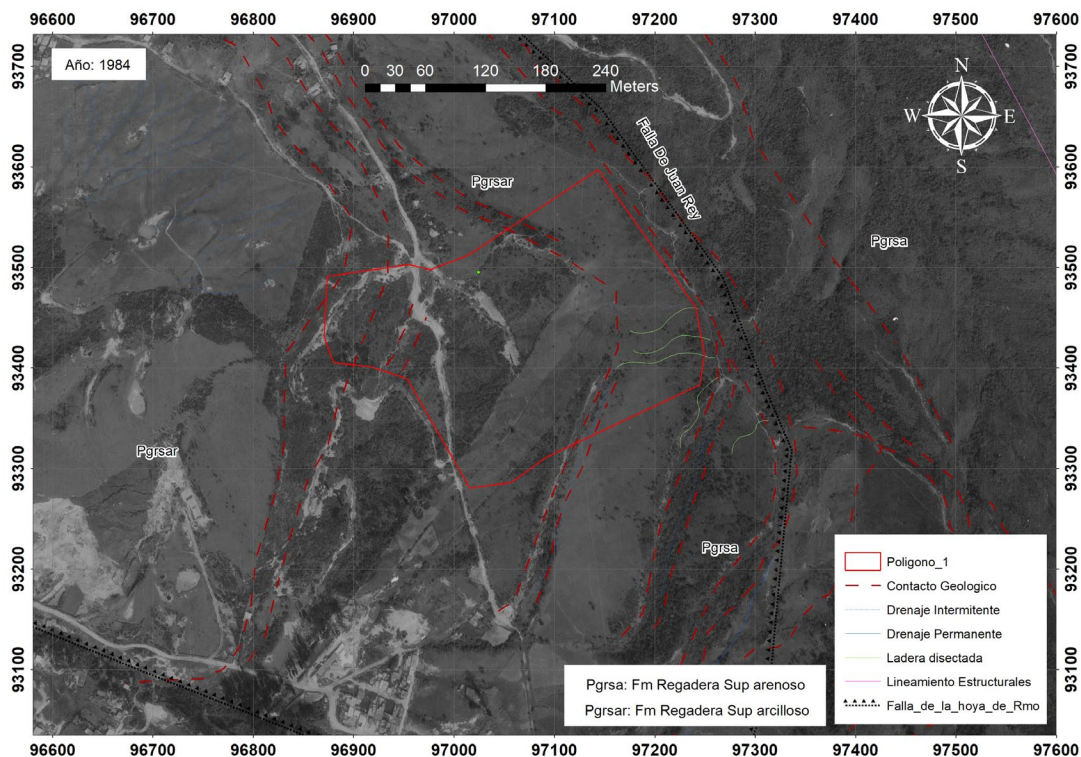
Con el vistazo geomorfológico general, podemos observar en la fotografía que, sobre la ladera denudada estructural muy abrupta, una vía carretable de sentido norte-sur con un tamo secundario en construcción, creadas con el fin de dar seguimiento a la expansión del naciente barrio. Frente a la urbanización en la zona, no se aprecia presencia de edificaciones ni urbanizaciones, cercanas al área de estudio.

Es apreciable sobre la ladera la presencia de drenajes permanentes observables hacia el noárea Nor-este del área de estudio, que drena las aguas pluviales hacia la carretera principal. Por su parte se observan laderas disectadas evidencia clara de erosión hídrica de drenajes intermitentes presentes en el área de interés y también son evidencia del alta pendiente de la ladera estructural abrupta. Hacia la parte norte de la fotografía aérea observamos posibles alineamientos estructurales, geformas alargadas que controlan los drenajes y que son evidencia de posibles fallas y fracturas.

Por último, podemos observar claramente desde el centro al suroeste del polígono de

estudio el contacto geológico entre la ladera compuesta de lodolitas arenosas de la Formación Regadera superior y la terraza constituida de los materiales residuales de la misma. A su vez podemos ver hacia la parte inferior izquierda el contacto entre la terraza y la planicie aluvial.

Figura 3-38 Fotointerpretación 1984



Fuente: Elaboración propia

Fotografía aérea vuelo C1183

La fotografía Aérea del vuelo C-1183, corresponde a un vuelo realizado en el año 1992, en el cual podemos observar con respecto al año 1984. Una expansión significativa de la vía principal que atraviesa en sentido norte-sur. Se observa también de manera evidente el aumento de movimientos en masa por la gran aparición de depósitos coluviales, probablemente presentes por intervención de relleno y desplazamiento de suelo antropico y obras antrópicas, como la explanación para contracciones presente.

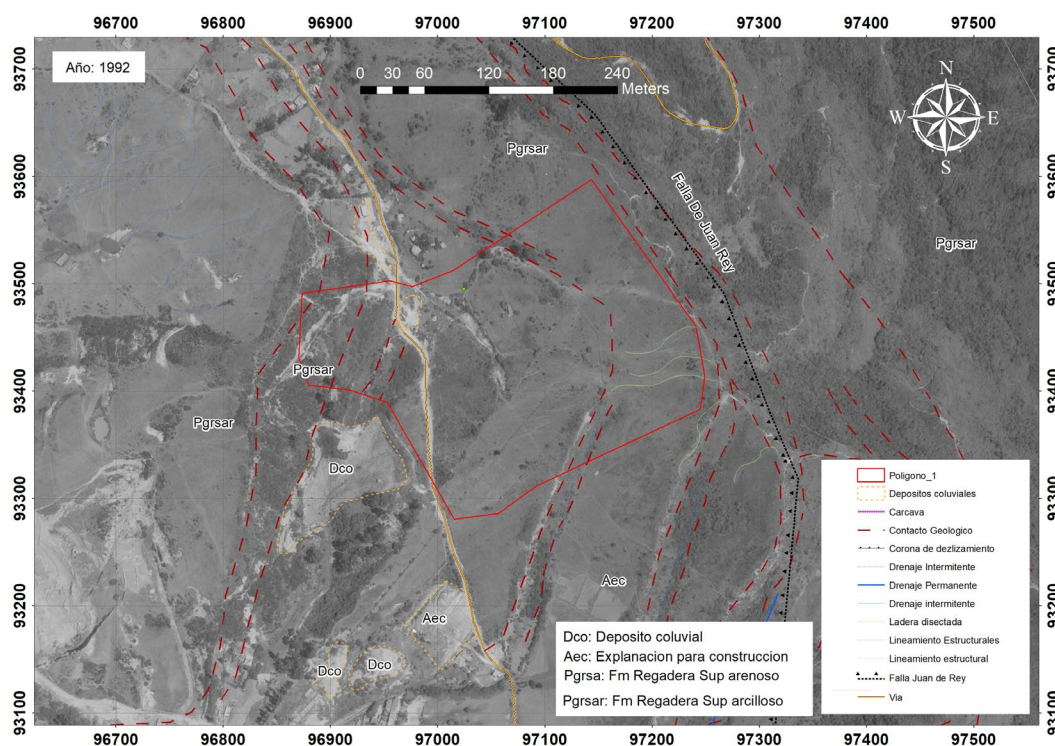
Con respecto a la geomorfología, se observa el evidente aumento de las laderas disectadas

presentes debido al aumento del caudal de drenajes pluviales y el aumento de la erosión tanto hídrica como eólica potencializado por la actividad antrópica presente en el área de estudio.

Dicha intervención entropía solo ha aumentado la creación de movimientos en masa algunos de gran tamaño, resultado de la deforestación y aumento de erosión por actividad antrópica del área de estudio.

Por último, se evidencia no solo la presencia de una nueva vía carretable por la parte inferior izquierda de la fotografía aérea, vía creada con el fin de conectar las nuevas zonas urbanizadas del barrio diana Turbay, sino que se empiezan a evidenciar cárcavas que anuncian futuros movimientos masivos de masa.

Figura 3-39 Fotointerpretación 1992



Fuente: Elaboración propia

Fotografía aérea vuelo C2656

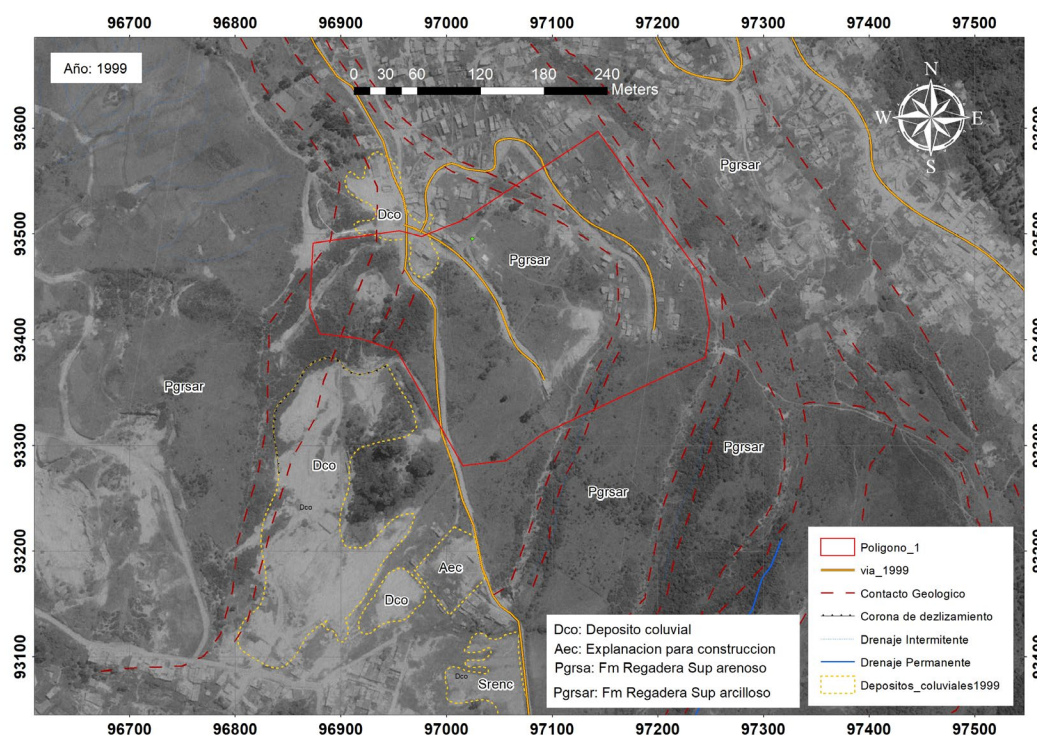
La fotografía Aérea del vuelo C-2656, corresponde a un vuelo realizado en el año 1999, en

el cual podemos observar con respecto al año 1992. Una expansión significativa de la del casco urbano del barrio diana Turbay en dónde las obras antrópicas cubren ya el 50% del area de estudio cubriendo la mayoría de los rasgos geomorfológicos presentes en las laderas.

Con respecto a la geomorfología, se observa el evidente aumento de los movimientos en masa y el ensanchamiento de los ya existentes, esto debido al aumento de deforestación que a su vez promueve en gran medida la erosión.

Por último, la actividad antrópica del área de estudio ha generado movimientos de masa de material de recebo no consolidado (Srenc), principalmente dado por el colapso de los taludes que constituyen el tramo vial.

Figura 3-40 Fotointerpretación 1999



Fuente: Elaboración propia

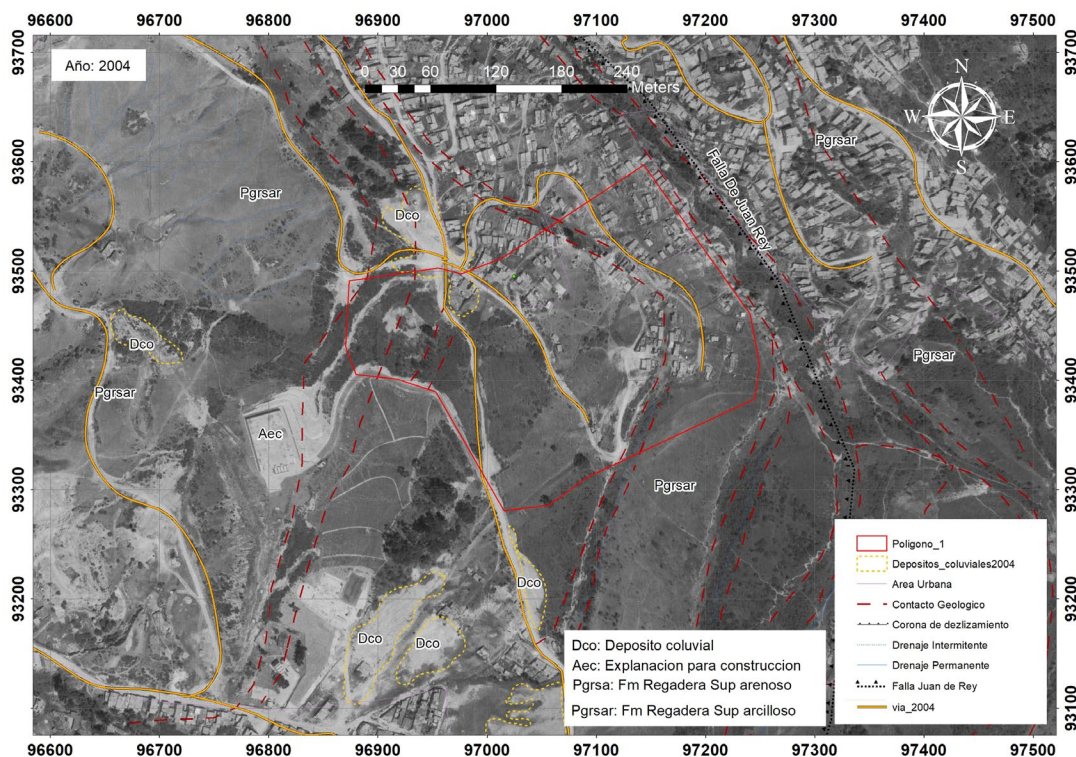
Fotografía aérea vuelo C2717

La fotografía Aérea del vuelo C-2717, corresponde a un vuelo realizado en el año 2004, en el cual podemos observar con respecto al año 1999 que el ambiente antrópico predomina en el área de estudio, la expansión urbana del barrio Diana Turbay.

La geomorfología del paisaje inicial ha sido modificada en su totalidad solo manteniendo algunos drenajes permanentes, la creación y aumento de la malla vial y la explanación realizada a los suelos para la creación de viviendas a permitido el modelado casi en su mayoría del terreno, Solo manteniendo y creando nuevos movimientos de masa principalmente fallas en los taludes de corte a lo largo del tramo vial principal.

Por último, se puede observar cómo se ha aprovechado el material de los depósitos coluviales como fuente de materiales para la explanación y creación del mallado vial. Creando zonas de notable erosión, pero reduciendo el flujo de detritos.

Figura 3-41 Fotointerpretación 2004



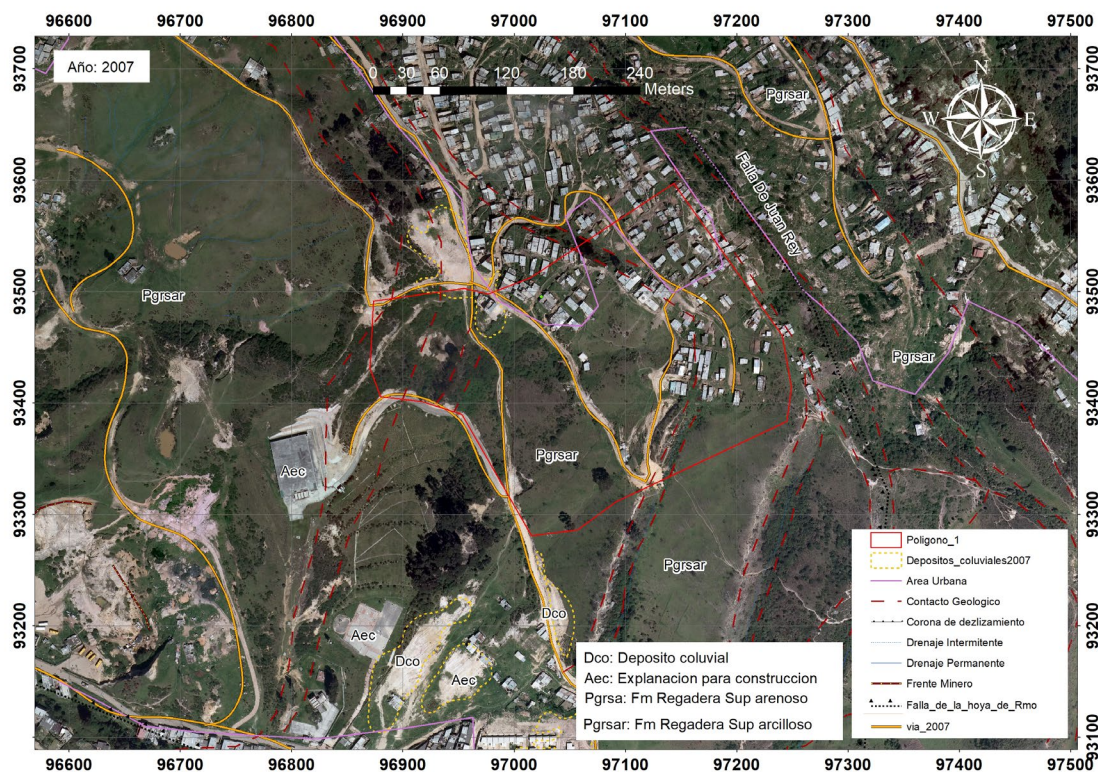
Fuente: Elaboración propia

Fotografía ortomosaico 2009

La ortofotografía, corresponde a un mosaico ráster ortorrectificado del Distrito Capital capturada por el instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en el año 2007, en la cual podemos observar con respecto al año 2004 pocos cambios geomorfológicos, Principalmente se destaca la expansión urbana del barrio Diana Turbay que ahora recubre gran parte del polígono de estudio.

Es de relevancia la creación de una cantera pequeña de extracción de material arcilloso-arenoso en la parte inferior izquierda de la fotografía, con el cual junto al material de sobrante de excavación se ha modelado la morfología del área de estudio para explanar y reforzar labores de creación del mallado vial y zonas urbanizables.

Figura 3-42 Fotointerpretación 2007



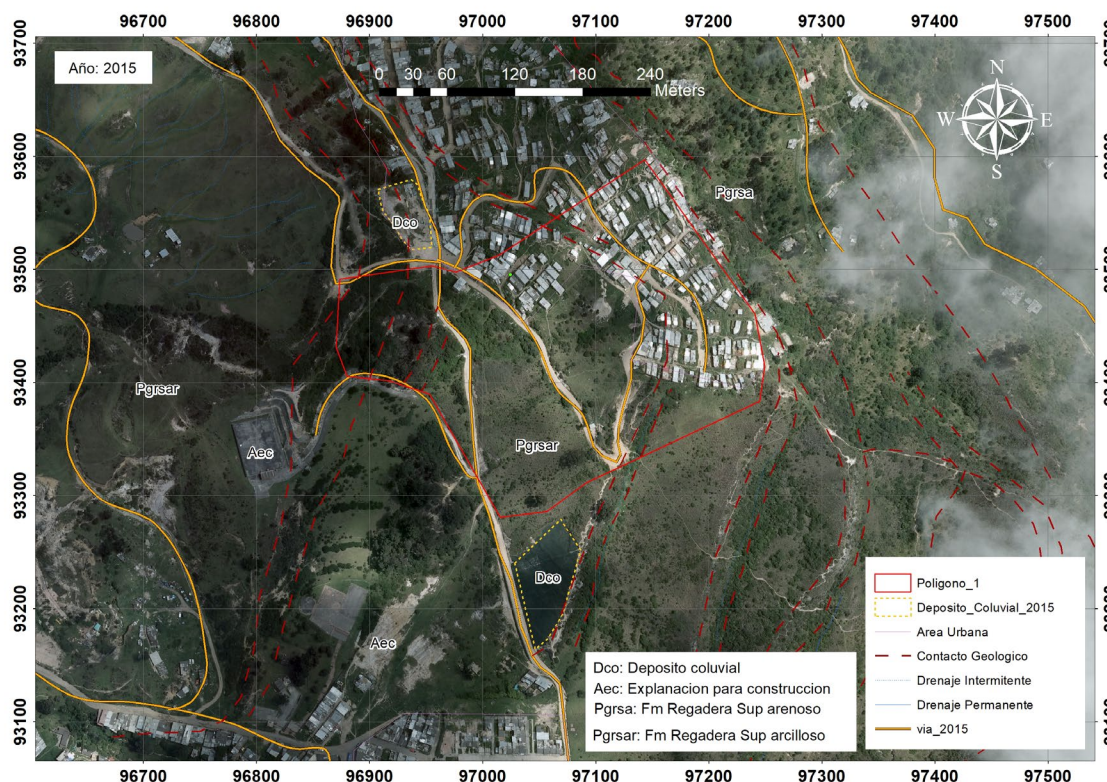
Fuente: Elaboración propia

Fotografía ortomosaico 762

La ortofotografía, corresponde a un mosaico ráster ortorrectificado del Distrito Capital capturada por el instituto geográfico Agustín Codazzi (igac) en el año 2015, en la cual podemos observar con respecto al año 2007 no existen casi geomorfológicos, Principalmente porque el ambiente antropogénico domina el área de interés.

Se puede observar que los ZODME se han empezado a cubrir con vegetación, estabilizando los pocos movimientos en masa existentes y se observa la estabilización y reforestación de los depósitos coluviales observador en años anteriores a travez del trazado vial.

Figura 3-43 Fotointerpretación 2015



Fuente: Elaboración propia

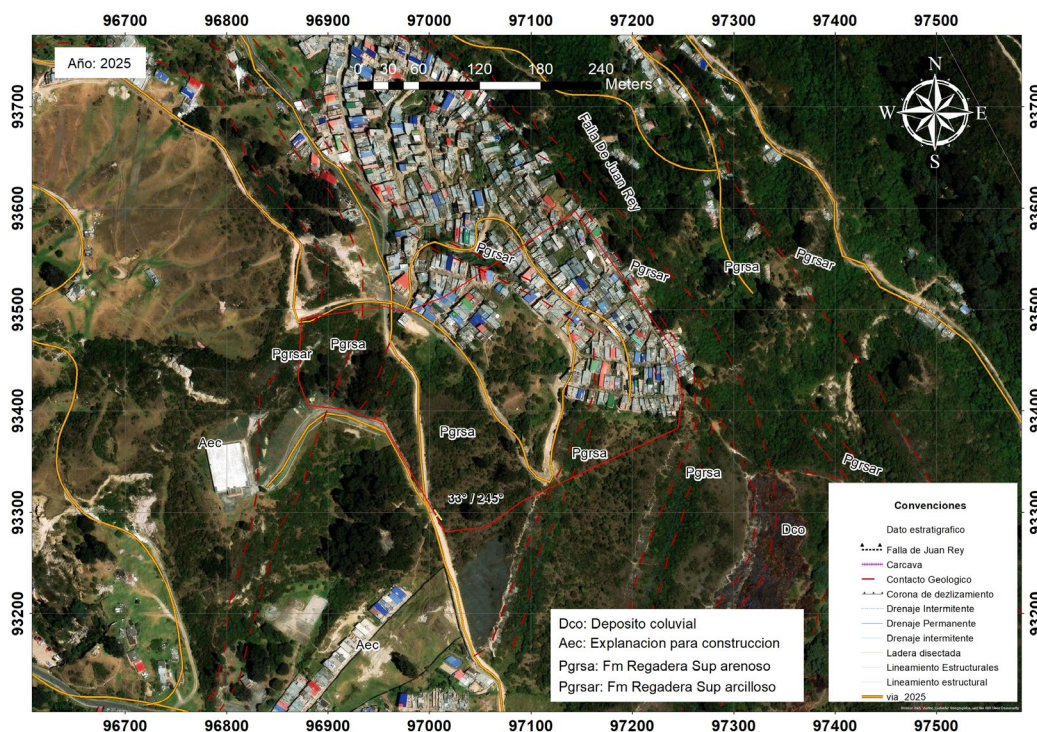
Fotografía ortomosaico 5017

La ortofotografía, corresponde a un mosaico ráster ortorrectificado del Distrito Capital capturada por Sentinel Copernicus en el año 2025, en la cual podemos observar con respecto al año 2015 no existen casi geomorfológicos. Se observa la poca expansión urbana que se desarrollado mejorando la red vial, y la estabilidad de los pocos taludes presentes en el área de estudio.

El rasgo geomorfológico más evidente, son las laderas disectadas, presentes sobre la ladera abrupta presente en el este del polígono de estudio, evidencia de la acción del agua escorrentía, que muestras futuros y posibles movimientos en masa por saturación y gravedad.

Por último, podemos observar un aumento en las zonas de explanación para construcción, con el fin de la expansión urbana del barrio Diana Turbay.

Figura 3-44 Fotointerpretación 2025



Fuente: Elaboración propia

3.3.5.2 Análisis morfométrico

El mapa de pendientes elaborado bajo la clasificación de Carvajal (2012) evidencia que el área de estudio se encuentra dominada por pendientes en los rangos de muy abrupta (21° – 30°) y escarpada (31° – 45°), representadas por las tonalidades naranja predominantes dentro del polígono. Esta condición es coherente con el control estructural identificado en el análisis geomorfológico, donde las unidades Slp y Sef ocupan la mayor parte del área y están asociadas precisamente a laderas de alta inclinación condicionadas por el buzamiento de los estratos de la Formación Regadera.

Las zonas de pendiente plana a inclinada (0° – 10°), representadas en verde, se restringen principalmente a vías y zonas de deposición.

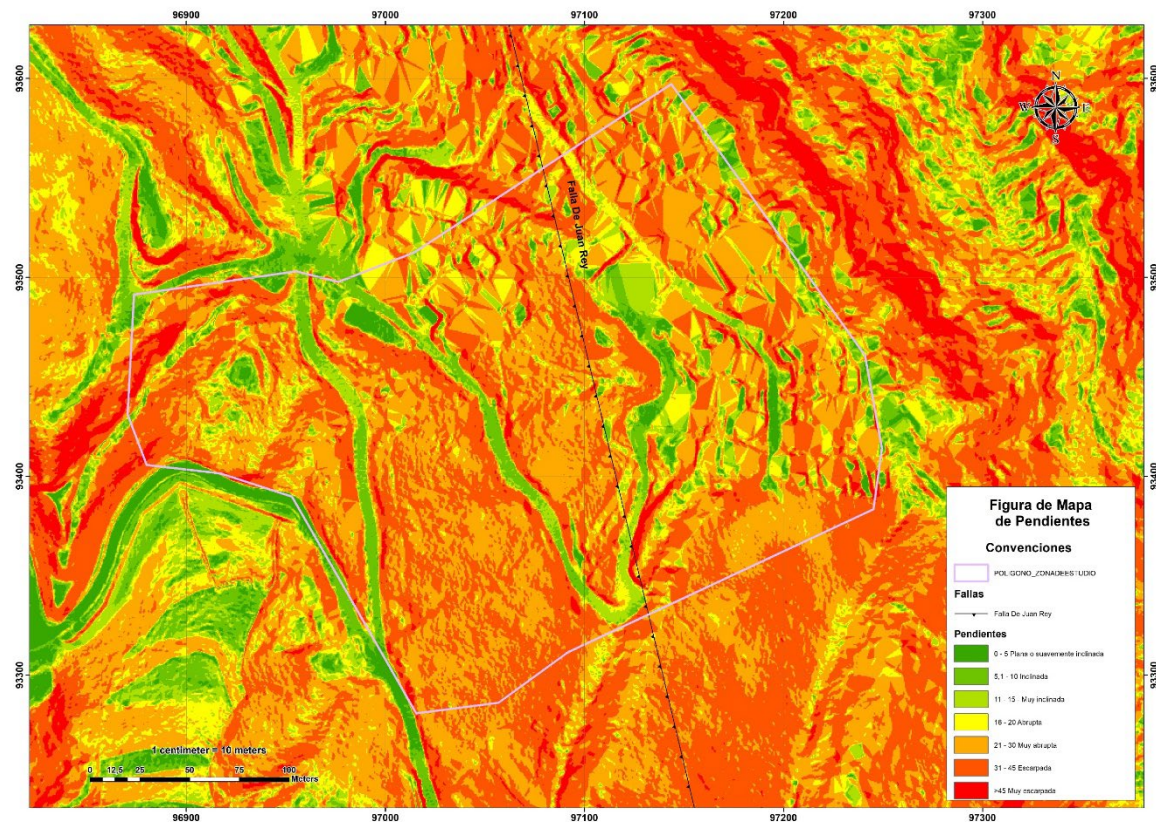
Desde el punto de vista de los depósitos antrópicos, la situación es crítica. Las unidades Are, y el deslizamiento rotacional Ddr se emplazan sobre pendientes predominantemente

en el rango de muy abrupta a escarpada (21° – 45°), lo que representa una condición de alta inestabilidad intrínseca. Los rellenos antrópicos (San) caracterizados por su baja cohesión, escasa compacidad y heterogeneidad, al ser dispuestos sobre laderas con estas inclinaciones quedan sometidos a esfuerzos gravitacionales que superan con frecuencia su resistencia al corte. Esta situación es grave en materiales como el Qst que no presentan resistencia al corte ya que no se encuentra ligado a la roca o suelo subyacente, condición que frente a esfuerzos gravitacionales puede generar puntos de falla localizado donde favorece la ocurrencia de deslizamientos.

El deslizamiento rotacional (Ddr) registrado en el sector central del polígono es una expresión directa de esta dinámica: material antrópico mal compactado, dispuesto sobre una ladera escarpada, con manejo deficiente de aguas de escorrentía, en un contexto donde la Falla de Juan Rey introduce además un factor de perturbación estructural adicional que puede afectar la resistencia de los materiales y favorecer la reactivación de procesos de inestabilidad.

En síntesis, las pendientes dominantes dentro del polígono no son compatibles con la disposición de rellenos antrópicos sin medidas de estabilización, y constituyen uno de los factores condicionantes más determinantes en la susceptibilidad del área a procesos de remoción en masa.

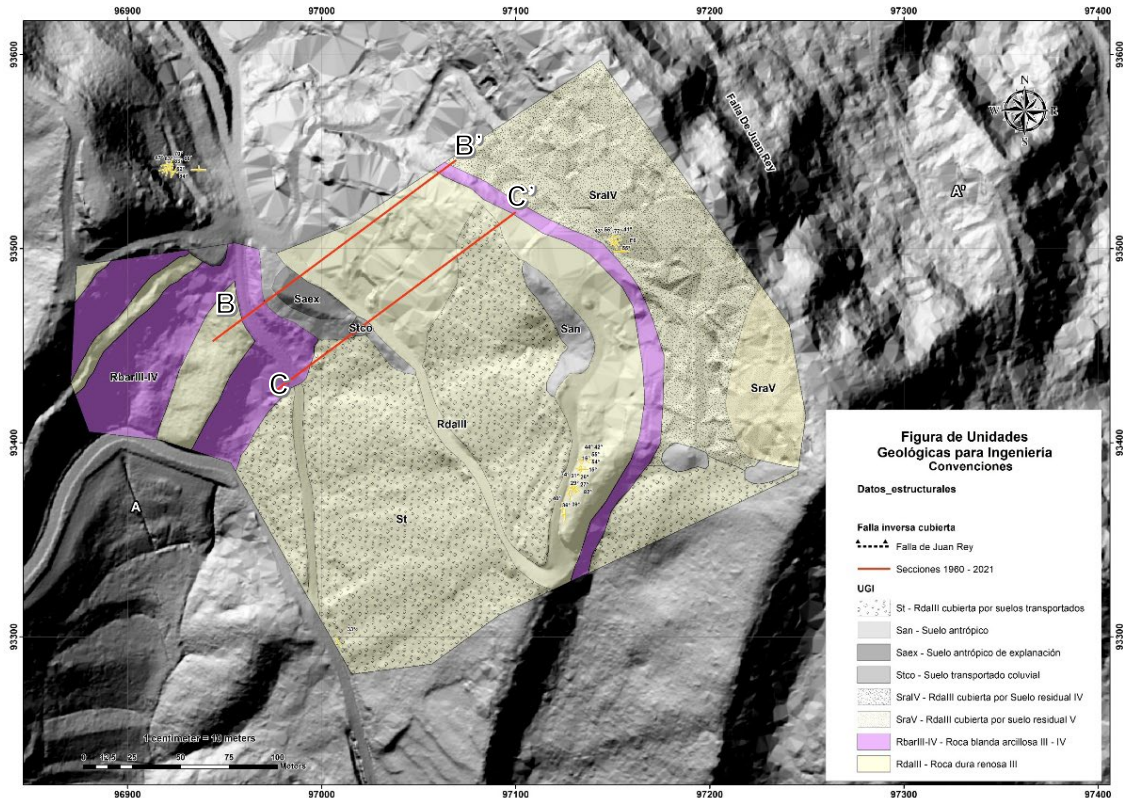
Figura 3-45 Mapa de pendientes



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3-46 se presenta la ubicación de las secciones B-B' y C-C' las cuales se generaron para observar las variaciones morfométricas de dos sitios: 1) Zona de explanación, 2) Deslizamiento.

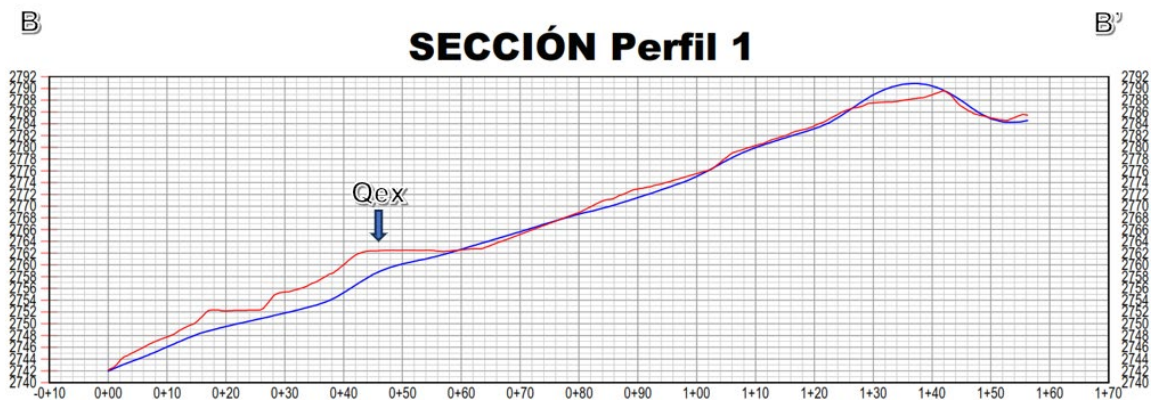
Figura 3-46 Mapa UGIs con ubicación secciones diferencias topográficas entre 1960 - 2021



Fuente: Elaboración propia

En la sección B-B' se presentan dos superficies, la de color azul representa la superficie de 1960 y la roja la superficie de 2021, en la parte alta a 2790 m hay una diferencia entre 1960 y 2021 lo que se interpreta como una zona donde retiraron material y explanaron debido al crecimiento urbano. En la zona baja desde los 2762 m se presenta una diferencia en donde agregaron material antrópico y lo explanaron, esto se visualiza dado que la línea roja queda varios metros por encima que la azul.

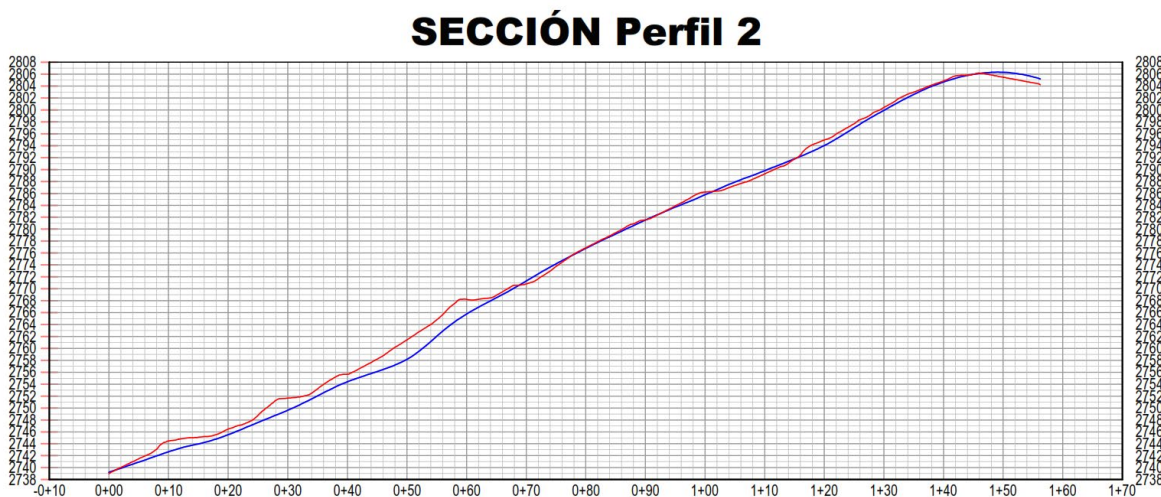
Figura 3-47 Sección B-B'



Fuente: Elaboración propia

En la sección C-C', se identifica hacia la altura de 2768 m, un incremento del material hacia la ladera, posiblemente de rellenos antrópicos, es importante tener en cuenta que en la cartografía de 1960 las curvas de nivel están cada 5 m por lo que su escala no es tan detallada como la del 2021.

Figura 3-48 Sección C-C'



Fuente: Elaboración propia

3.3.5.3 Cartografía geomorfología

El análisis geomorfológico del área de estudio se realizó a partir del levantamiento de detalle efectuado en el barrio San Martín, apoyado en la interpretación de modelos digitales de elevación e imágenes de alta resolución, complementados con la verificación en campo durante la visita del 16 de abril de 2026. Este análisis permitió identificar y delimitar las unidades geomorfológicas presentes en el polígono 1, caracterizando su morfología, origen y dinámica. El área de estudio se enmarca en un contexto de ladera con fuerte control estructural, marcada intervención antrópica y presencia de procesos morfodinámicos activos, condiciones que inciden directamente en la estabilidad del terreno y en la configuración actual del paisaje. A continuación, se describen las unidades presentes.

Ladera en pendiente estructural (Slp): Constituye la unidad de mayor extensión dentro del polígono. Corresponde a laderas cuya morfología está controlada por la disposición estructural de los estratos, con buzamientos preferenciales hacia el oeste. Presentan pendientes abruptas a muy abruptas y se distribuyen tanto en el sector occidental como en la zona central y suroriental del área de estudio.

Escarpe y frente estructural (Sef): Se presentan de forma recurrente en el borde occidental del polígono, asociados a los frentes de los estratos de la Formación Regadera. Corresponden a geoformas de pendiente escarpada a subvertical, generadas por la diferencia de resistencia entre los materiales litológicos y el control estructural de la secuencia sedimentaria.

Relleno antrópico (Are): Unidad distribuida en varios sectores del polígono, tanto en la zona central como en el costado oriental. Corresponde a superficies modificadas por la acumulación de materiales de origen antrópico sobre las laderas naturales, asociados a actividades constructivas y de urbanización en el barrio San Martín.

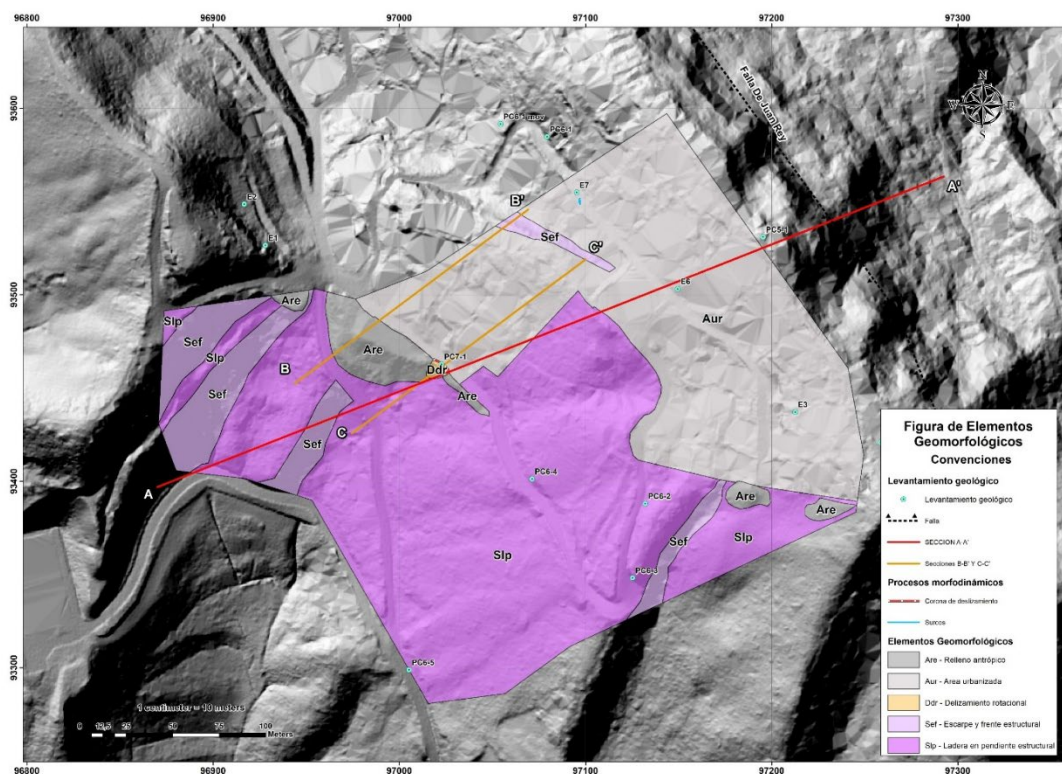
Explanación (Aex): Se identifica en el sector central del polígono. Corresponde a superficies intervenidas antrópicamente mediante corte y nivelación del terreno con fines urbanísticos, generando cambios abruptos en la morfología original de la ladera.

Área urbanizada (Aur): Se localiza principalmente en el sector nororiental del polígono. Representa las superficies consolidadas por infraestructura urbana, donde la morfología original ha sido transformada por la ocupación y el desarrollo constructivo.

Deslizamiento rotacional (Ddr): Se identifica en el sector central del polígono, asociado espacialmente a las zonas de relleno antrópico. Este proceso corresponde al movimiento de masa ocurrido sobre materiales antrópicos dispuestos en la ladera, cuya inestabilidad fue favorecida por la baja cohesión de los rellenos, el inadecuado manejo de aguas de esorrentía y la pendiente del terreno.

Adicionalmente, el polígono es atravesado por la Falla de Juan Rey, con trayectoria aproximada norte-sur, la cual constituye un elemento estructural de importancia en el control de la morfología local y en la susceptibilidad del terreno a procesos de inestabilidad.

Figura 3-49 Figura de Elementos y Componentes Geomorfológicos.



Fuente: Elaboración propia

3.3.6 CONCLUSIONES

- El análisis multitemporal evidenció que el sector de estudio, ubicado en el barrio Diana Turbay al sur de Bogotá, ha experimentado una transformación notable del relieve, pasando de una ladera natural susceptible a erosión, desarrollada sobre la

Formación Regadera, a un escenario fuertemente intervenido por actividades viales entre las décadas de 1984 y 1999, seguido por procesos de urbanización que incluyeron la disposición de rellenos antrópicos.

- Desde el punto de vista geomorfológico, actualmente predomina un ambiente de origen antropogénico, en el cual las geoformas están principalmente condicionadas por la acción humana. La coexistencia entre rellenos artificiales y el macizo rocoso genera contrastes en las propiedades mecánicas, lo que influye directamente en la estabilidad del terreno.
- El modelo geológico propuesto distingue tres unidades principales: por un lado, las rocas duras de litología arenosa, rocas blandas de litología arcillosa correspondientes a la Formación Regadera, y por otro, los rellenos antrópicos heterogéneos, siendo estos últimos los de mayor relevancia en términos de estabilidad.
- El análisis multitemporal de la topografía permite evidenciar cambios significativos en los parámetros morfométricos del terreno, reflejando una evolución dinámica del relieve asociada tanto a procesos naturales como a intervenciones antrópicas.
- Las variaciones en la configuración de las pendientes y en los patrones de drenaje evidencian modificaciones en la respuesta geomorfológica del área, lo que puede incidir directamente en la susceptibilidad a procesos como movimientos en masa o cambios en la escorrentía.
- En conclusión, la amenaza principal está asociada a rellenos antrópicos no controlados, cuya estabilidad depende del manejo de drenaje, confinamiento adecuado y obras de estabilización.

3.3.7 ANEXOS

- Geomorfología de detalle
- Secciones geológico geotécnicas
- Unidades Geológicas para Ingeniería
- Unidades Geológicas Superficiales

3.4 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Este capítulo presenta el desarrollo y los resultados del componente geotécnico para el polígono 1. La caracterización integral del medio físico se estructuró a partir de una secuencia metodológica que inicia con la recopilación de datos existentes, continúa con el levantamiento de un inventario detallado de las condiciones del terreno y los trabajos de campo geológicos, y culmina con la exploración directa e indirecta del subsuelo. La integración de estas fases permitirá posteriormente consolidar el modelo geotécnico del área de estudio.

Como punto de partida para el desarrollo de esta fase, en la siguiente tabla se presenta un resumen de las principales fuentes de información consultadas e integradas para la caracterización geotécnica del área de estudio. Estos insumos técnicos sirvieron como base fundamental para la planificación de las actividades de campo y la posterior toma de decisiones durante la exploración del subsuelo.

Para el desarrollo del componente geotécnico de este proyecto, se incluyeron las fuentes de información que se relacionan en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12 Fuentes de información para la caracterización geotécnica del área de estudio

#	TIPO		DESCRIPCIÓN
1	INF SECUNDARIA	Base de datos J.a.m.	Base de datos construida con información disponible de proyectos previos de consultoría e interventoría, ejecutados por J.a.m ingeniería años anteriores
2		Base de datos EAAB	Información extraída y procesada de la base de datos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
3	TRABAJO DE CAMPO GEOLOGÍA	Levantamiento de datos en afloramientos rocosos	Información levantada en campo por la comisión de geólogos del proyecto, que contribuye a la caracterización de los materiales y los macizos rocosos del área de estudio.
4	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	Exploración directa	Reporte de los trabajos de exploración directa (apiques, trincheras, perforaciones) realizados en el marco del contrato IDIGER-294-2025
5		Exploración indirecta	Reporte de los trabajos de exploración indirecta (ensayos geofísicos: líneas sísmicas y tomografías eléctricas) realizados en el marco del contrato FONDIGER-182-2025

Fuente: Elaboración propia

3.4.1 INVENTARIO DE PROCESOS MORFODINÁMICOS

El inventario de procesos morfodinámicos es el camino más directo para conocer la distribución real de los procesos de inestabilidad y constituye una herramienta de calibración para modelos de amenaza. Su utilidad técnica se resume en cuatro aspectos:

- Permite conocer la distribución espacial real de los movimientos en masa.
- Aporta información útil para identificar y delimitar zonas que actualmente presentan amenaza alta por movimientos en masa.
- Permite reconocer la relación entre inestabilidad, litología, geomorfología, lluvia e intervención antrópica;
- Sirve como insumo de calibración para mapas de evaluación de amenaza por movimientos en masa, generados mediante modelos directos e indirectos.

Por su utilidad y relevancia, el inventario de movimientos en masa es considerado una actividad obligatoria, en las etapas tempranas de estudios de zonificación de amenaza por movimientos en masa.

A continuación, se describen las fuentes de información secundarias consultadas para la construcción del inventario de movimientos en masa, que se encuentra construyendo el Consorcio Adaptación, para el presente estudio.

3.4.1.1 Zonificación de riesgos por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Bogotá

Este análisis técnico se fundamenta en la integración de estudios históricos, como los desarrollados por la firma INGEOCIM Ltda. en 1998 para la UPES (actual IDIGER) a escala 1:5.000, y el monitoreo detallado de sectores críticos realizado bajo el contrato IDIGER-294-2025. Para las localidades de Usme y Usaquén, los estudios identifican condiciones de vulnerabilidad diferenciadas, donde la configuración geológica de los Cerros Orientales y del Sur interactúa de manera directa con procesos de ocupación antrópica.

Localidad de Usme: Interacción Hidro-Geotécnica en el Borde Sur

En la localidad de Usme, específicamente en los sectores de La Fiscala y Danubio Azul, el monitoreo técnico identifica una condición de riesgo crítica asociada a la microcuenca de la Quebrada Hoya del Ramo. A diferencia de otras zonas de la ciudad, los procesos inventariados en el Sitio 5-020 revelan una prevalencia de movimientos en masa tipo caída de suelo por erosión y deslizamientos complejos que afectan materiales arcillosos altamente saturados y de mediana plasticidad.

Desde el punto de vista geomorfológico, en esta zona predominan laderas naturales con

pendientes montañosas de aproximadamente 40°. El informe técnico atribuye la inestabilidad en sectores como Panorama a una fuerte interacción entre la litología residual y la erosión hídrica superficial. Se destacan como factores contribuyentes la ausencia de obras de drenaje definitivas, la descarga de aguas servidas y la intervención de rondas hídricas, lo que ha generado escarpes verticales y agrietamientos con aberturas de hasta 10 cm. Esta lectura es fundamental, pues orienta las medidas de mitigación hacia el reasentamiento de familias en riesgo alto y el control de inundaciones por avenidas torrenciales.

Localidad de Usaqué: Dinámica de Laderas Escarpadas y Avenidas Torrenciales

Para la localidad de Usaqué, los estudios de zonificación en sectores como Camino del Meta y Vereda Páramo (Sitios 1-020 y 1-018) identifican una respuesta dinámica de alta energía. El inventario registra procesos de flujo de detritos y deslizamientos rotacionales activos con distribución en retrogresión, condicionados por la formación geológica Arenisca Labor-Tierna.

En Usaqué, la relación entre la magnitud de los eventos y la morfometría del terreno es severa; se han cartografiado áreas de afectación de hasta 50.000 m² en laderas con pendientes escarpadas que superan los 50° e incluso alcanzan los 80° en zonas de falla. El informe vincula estos fenómenos con la saturación del suelo en la parte alta de las cuencas y la insuficiencia de medidas de conducción de aguas de escorrentía. Al igual que en el modelo de Ciudad Bolívar, la acción antrópica es un factor detonante mediante el acopio de basuras y escombros en los cauces de las quebradas Puente Piedra y Chorrera, lo que exacerba la socavación lateral y compromete infraestructura educativa y vial.

De este informe se está extrayendo y digitalizando información valiosa del inventario de procesos morfodinámicos, el cual constituye un antecedente preciso y contundente, para la caracterización de los polígonos 1, 2 y 3.

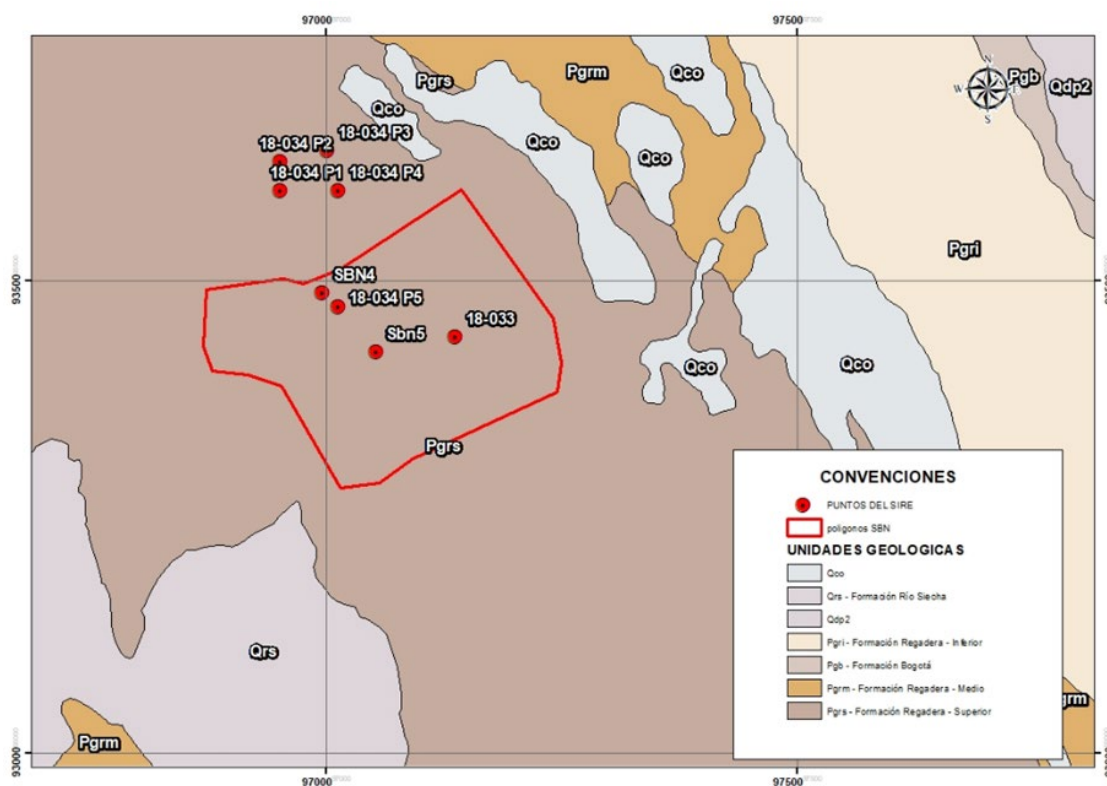
3.4.1.2 Revisión de sectores propensos a movimientos en masa (revisión sire)

El IDIGER ha identificado históricamente 274 sectores propensos a movimientos, los cuales corresponden a lugares con condiciones recurrentes de eventos, que son objeto de visitas de inspección periódica por parte de sus funcionarios y de igual manera dentro las labores de los Consejos Locales de Gestión de Riesgos y Cambio Climático.

Con el objetivo de identificar posibles eventos que se hayan presentado después del año 1998, para incorporarlos en el inventario de procesos, se consultó el “*Aplicativo del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER, para la consulta de las fichas técnicas realizadas en los sitios identificados como propensos por Movimientos en Masa.*”

En la Tabla 3-14 se presenta la base de datos que consolida los reportes de eventos que se han presentado al interior de los polígonos 1 (Figura 3-50).

Figura 3-50 Localización de sectores propensos a movimientos en masa según la base de datos del SIRE – Polígonos 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-51 Localización de sectores propensos a movimientos en masa según la base de datos del SIRE (terreno) – Polígonos 1



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Tabla 3-13 Convenciones de obras

CL	CONCRETO LAZADO
A	ANCLAJES
P	PERNOS
R	RENATURALIZACIÓN
MA	MANEJO DE AGUAS
B	BIOINGENIERÍA
Re	RECONFORMACIÓN
G	GAVIONES
MC	MUROS DE CONCRETO
MR	MALLAS DE RETENCIÓN
PA	PANTALLAS ANCLADAS
GM	GEOMALLAS
MP	MURO EN PIEDRA PEGADA PARA MANEJOS DE AGUS SUPERFICIALES
SS	SACO SUELOS
TRM	TRINCHOS DE MADERA
D	Diques

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un breve resumen del estudio en mención.

Tabla 3-14 Sectores propensos a movimientos en masa según la base de datos del SIRE

IDENTIFICACIÓN					COORDENADAS		FECHA VISITA/RE PORTE	GEOLO GIA	EROSI ÓN	ANG ULO TALU D°	MOV. MASA			OBRA S
I D	P O L	ARCHI VO	PT O	SIRE	ESTE	NORT E		MATER IAL			TIPO MM	ESTA DO	DISTRIBUCIÓN	
1	1	18-033 (1)	1	18- 033	74°06'1 2"W	4°32'1 3"N	3/05/2025	Suelo	Lamin ar	87	Caída de suelo	Activ o	Avanzado	MR
2	1	18-034 (3 al 8)	5	18- 034	74°06'1 6"W	4°32'1 4"N	11/10/202 4	Suelo	Lamin ar	70	Caída de suelo	Activ o	Avanzado - Retrogresión	Sin obras

Fuente: Adaptado de la base de datos del SIRE

3.4.1.3 Inventario de procesos morfodinámicos

En el área de estudio se identificaron únicamente dos procesos los cuales se presentan en la estación 7 y 7-1 de los trabajos de campo geológicos:

En la estación 7 se identificaron surcos en la vía, generadas por el mal control de aguas escorrentías. Estos surcos se generan sobre un suelo antrópico.

Figura 3-52 Surcos generados por escorrentías



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3.1 PC 7-I Deslizamiento rotacional sobre rellenos antrópicos

En esta estación se estableció un punto de control para monitorear el proceso morfodinámico principal que compromete la seguridad vial en el sector, ya que, si bien el contexto geológico está definido por rocas arenosas duras con un grado III de meteorización, la ladera ha sufrido una acumulación crítica de material antrópico a lo largo de los años. Por esta razón, el movimiento identificado se asocia principalmente a este material poco consolidado y heterogéneo que terminó cediendo al estar expuesto a detonantes externos como las lluvias intensas, y gravedad lo que explica la inestabilidad observada en este punto específico.

Figura 3-53 Deslizamiento rotacional polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se presenta como Anexo el plano de localización de los procesos identificados.

3.4.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA - INFORMACIÓN SECUNDARIA

La fase de recopilación y análisis de información secundaria constituye un pilar fundamental para la caracterización preliminar del medio físico en el polígono 1. Esta etapa permitió identificar las condiciones geológicas y geotécnicas conocidas del área de estudio, lo cual optimizó la planificación de las campañas de campo y la exploración del subsuelo.

Para este propósito, se consultaron y procesaron fuentes de información provenientes tanto de acervos técnicos privados como de entidades oficiales. La integración de estos datos históricos proporciona un marco de referencia esencial para comprender la evolución del terreno y establecer una línea base comparativa para la evaluación de susceptibilidad a movimientos en masa.

Base de datos JAM Ingeniería y Medio Ambiente

Esta fuente corresponde a una base de datos histórica y estructurada, consolidada a partir de la información técnica disponible de proyectos previos de consultoría e interventoría ejecutados por JAM Ingeniería en años anteriores.

Con el objetivo de lograr una caracterización robusta de las unidades geológicas identificadas en el polígono 1, se llevó a cabo el procesamiento y análisis de múltiples tablas de resúmenes de ensayos de laboratorio. De este acervo se han extraído, a la fecha, aproximadamente 4000 registros de datos. Cada uno de estos registros corresponde a un punto de toma de muestras e incluye sus respectivos resultados de caracterización física y mecánica.

Para optimizar la extracción masiva de los registros y la consolidación de la base de datos, se implementó una herramienta de automatización mediante un código de programación desarrollado por esta consultoría en lenguaje Python, ejecutado a través del entorno de Google Colab. Este procesamiento algorítmico garantizó la estructuración eficiente y precisa de los parámetros geotécnicos de los materiales predominantes.

A continuación, en la Tabla 3-15 se presenta el listado maestro de revisión de proyectos. En esta tabla se consigna la información más relevante de cada uno de los estudios consultados para la construcción de la base de datos de caracterización geotécnica de las unidades geológicas superficiales.

Para facilitar la comprensión e interpretación del listado maestro de proyectos, la información se ha estructurado en las siguientes categorías principales:

Identificación general: Comprende el identificador único (ID), el nombre del Proyecto, la firma Consultor encargada, el Año de ejecución y la Localidad, lo cual permite contextualizar espacial y temporalmente cada estudio.

Alcance de la exploración: Detalla el volumen de información geotécnica levantada, indicando el número total de perforaciones (# Sondeos) y la Prof. Máx. (m) alcanzada, estableciendo la representatividad en profundidad de cada campaña.

Cantidad de ensayos de laboratorio reportados: Cuantifica el volumen de registros correspondientes a las pruebas de caracterización física e índice de los materiales,

permitiendo identificar rápidamente la densidad de datos paramétricos disponibles por cada proyecto.

Caracterización geológica y geotécnica: Sintetiza las unidades aflorantes o subyacentes (Descripción Geológica) y la clasificación general de los materiales encontrados (Tipo), tales como rellenos, suelos residuales, depósitos transportados o basamento rocoso.

Cabe destacar que la totalidad de la base de datos consolidada de JAM. en su formato original (en bruto) se adjunta como Anexo [Insertar número o letra del Anexo] de este informe. En dicho archivo digital, el revisor podrá consultar las hojas de cálculo correspondientes, las cuales contienen los resúmenes tabulados, los metadatos y la información general de laboratorio que fue procesada y empleada como insumo para el desarrollo del presente entregable.

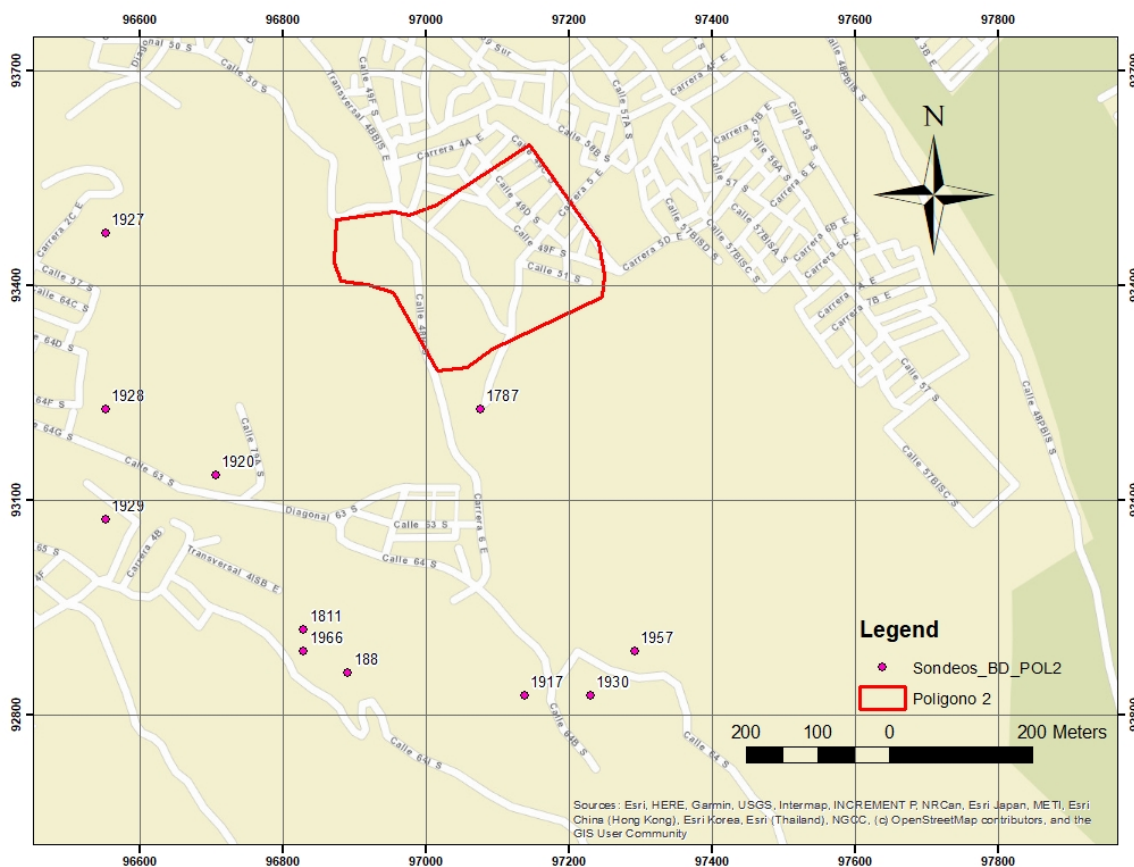
Tabla 3-15 Listado maestro de proyectos incorporados en la base de datos de caracterización geotécnica. Localidad Usme

ID	PROYECTO	CONSULTOR	AÑO	LOCALIDAD	# DE SONDEOS	PROF. MAX. REPORTADA (m)	yt	yd	wn	Limites	Gradacion	DESCRIPCION	TIPO
1766	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	CIAMBIENTAL	2022	Usme	93	8,2	117	0	170	86	21	Formación Regadera, Conjunto Medio - Rellenos Antrópicos - Formación Regadera, Conjunto Superior - Formación Bogotá, arcillolitas - Formación Usme Inferior - Formación Río Siecha - Formación Marichuela - Formación Cacho, areniscas líticas - Formación Chía, sedimentos sobre gravas - Formación Tilatá - Formación Sabana, arcillas, turbas - Formación Guaduas - Formación Regadera, Conjunto Inferior	Roca - Relleno - Suelo transportado - Suelo transportado - Coluvial - Suelo - Suelo transportado - Aluvial

Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Anexo 1: Listado maestro de proyectos incorporados en la base de datos de caracterización geotécnica.

Figura 3-54 Sondeos de la base de datos JAM. POLIGONO 2



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Tabla 3-16 Listado de sondeos de base de datos JAM

ID_ MA PA	PROYECTO	SO ND EO	EST E	NOR TE
188	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	S3	9689 0,584 1	9285 7,883 29
178 7	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	S8	9707 5,629 72	9322 6,608 61
181 1	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	S11	9682 8,965 57	9291 9,276 95
191 7	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 27	9713 7,379 4	9282 7,143 76

ID MA PA	PROYECTO	SO ND EO	EST E	NOR TE
192 0	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 3	9670 5,612 76	9313 4,436 66
192 7	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 37	9655 1,391 3	9347 2,389 19
192 8	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 38	9655 1,404 18	9322 6,579 43
192 9	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 39	9655 1,412 24	9307 2,920 68
193 0	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 40	9722 9,857 6	9282 7,149 33
195 7	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP 77	9729 1,579 96	9288 8,550 23
196 6	331-CONSULTORÍA TÉCNICA PARA LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS HOYA DEL RAMO Y YOMASA, COMO INSUMOS DE LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES Y/O CRECIENTES SÚBITAS	AP2 9	9682 8,967 29	9288 8,523 08

Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Algunos sondeos no alcanzan a entrar en el tramo de la imagen, sin embargo se dejan en la tabla dado que están cercanos a la zona de estudio.

La ubicación de los registros e investigaciones extraídas de la base de datos de JAM se ilustra en las Figura 3-54 En estos planos se espacializan los puntos de exploración previa en relación con los límites correspondientes al Polígono 1.

Es importante destacar que, en la representación gráfica, se ha conservado intencionalmente la ubicación de múltiples sondeos que se encuentran por fuera del área estricta de los polígonos de estudio. La inclusión de estos registros externos tiene como propósito evidenciar la magnitud y cobertura de la base de datos cruda disponible para este sector. Visualizar la totalidad de estos puntos permite dimensionar la robustez de la información de referencia y resulta fundamental para establecer correlaciones estratigráficas, facilitando una comprensión más amplia del modelo geotécnico y del comportamiento de los materiales en el entorno regional del proyecto.

Base de datos EAAB

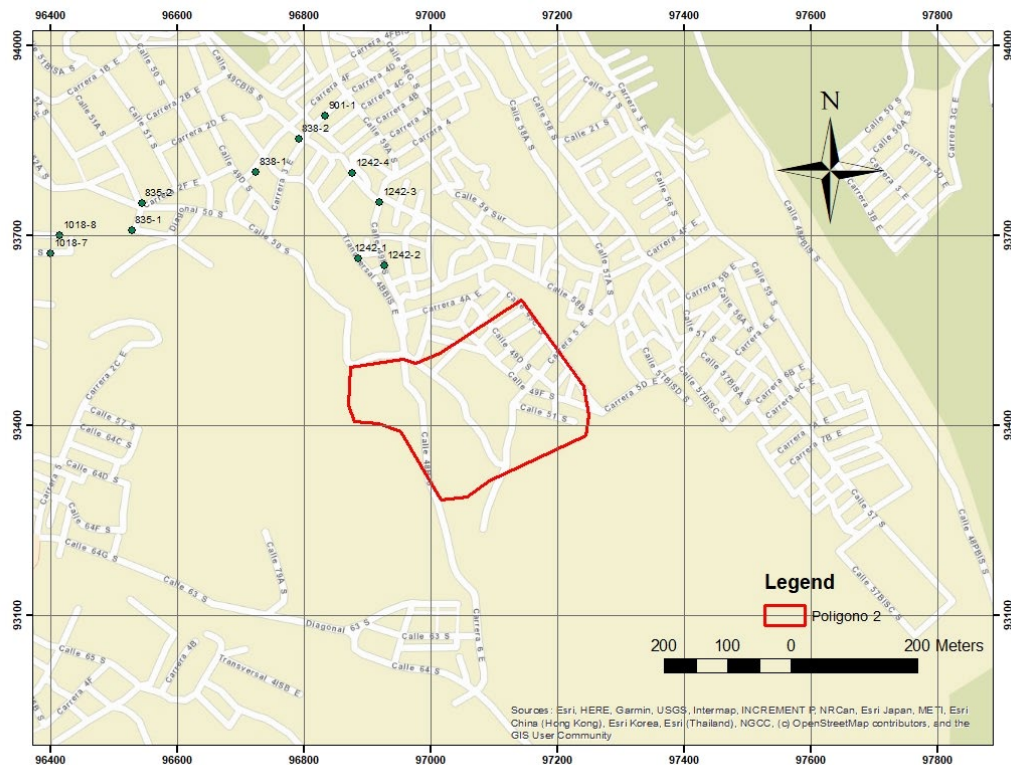
Como parte integral de la recopilación de información secundaria, se llevó a cabo la consulta y revisión del Sistema de Información de Exploraciones Geotécnicas (SISGEO), administrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). Esta

plataforma oficial constituye un repositorio técnico de gran valor para la identificación de registros históricos de exploración del subsuelo y perfiles estratigráficos en el Distrito Capital.

La metodología de recopilación consistió en realizar una búsqueda espacial detallada enfocada en las áreas de influencia directa e indirecta del polígono 1. A partir de esta consulta, se filtraron, seleccionaron y descargaron los expedientes técnicos (en formato PDF) que resultaron pertinentes para el alcance del presente estudio. La información extraída de estos documentos oficiales fue procesada para complementar el modelo geológico-geotécnico preliminar, aportando datos adicionales sobre la sucesión de los depósitos, las características de los materiales y los niveles freáticos reportados históricamente en el sector.

La localización espacial de los puntos de exploración obtenidos de la base de datos de la EAAB se presenta en la Figura 3-55. La visualización cartográfica de estos registros, en conjunto con la delimitación del área de estudio, permite fortalecer la densidad de la información disponible, facilitando la correlación de los hallazgos de la EAAB con las demás fuentes secundarias y optimizando el análisis del comportamiento geotécnico del terreno.

Figura 3-55 Sondeos de base de datos del EAAB. Polígono 1



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Anexo 2: PDF de lo consultado en la plataforma del acueducto.

Tabla 3-17 Listado maestro de proyectos incorporados en la base de datos de caracterización geotécnica. SISGEO EAAB

ID_PROYECT	NUMERO	COORDENADA	COORDENA_1
1242	1	93663	96886
1242	2	93651	96927
1242	3	93752	96920
1242	4	93798	96877
901	1	93888	96834
1018	7	93671	96400
1018	8	93699	96415
838	1	93799	96724
838	2	93852	96792
835	1	93707	96528
835	2	93750	96544

Fuente: Consorcio Adaptación 2025

La distribución espacial de estos registros históricos se ilustra en la Tabla 3-17, donde se espacializan los puntos de exploración respecto a los límites de los polígonos de estudio. En la cartografía generada, se evidencia una alta concentración de puntos en el entorno circundante, manteniendo de manera intencional la visualización de los sondeos que se encuentran en la periferia de las áreas de interés directo.

Anexo 2: PDF base de datos EAAB

3.4.3 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA - INFORMACIÓN PRIMARIA

3.4.3.1 Exploración directa

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de perforaciones ejecutando el ensayo de campo (SPT), extracción de muestras alteradas para realizar ensayos de laboratorio.

Se realizaron tres (3) sondeos con profundidades de 7.8 a 9.0 m, se recuperaron muestras alteradas en tubos de cuchara partida, las cuales se utilizaron para ensayos de caracterización. En la Tabla 3-18 se muestra la relación de las cantidades de perforación.

Tabla 3-18 Relación de cantidad de perforación CTM12

Perforación	Profundidad (m)	Coordinada X	Coordinada Y
S1	9.00	4877547.343	2059429.996
S2	7.80	4877503.883	2059415.020
S3	8.4	4877639.421	2059406.832

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-56 Localización sondeos



Fuente: Elaboración propia

3.4.3.2 Nivel freático

Durante la ejecución de la perforación se registró la profundidad del nivel freático. Los resultados obtenidos indican la presencia de un nivel freático y variable en el área de estudio, con profundidades medidas que oscilan aproximadamente entre 0.70 m y 3.30 m respecto a la superficie del terreno natural.

Tabla 3-19 Profundidad nivel freático

Perforación	Profundidad (m)	Nivel freático
S1	9.00	3.30
S2	7.80	0.70
S3	8.40	1.0

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3-57 se presenta los materiales encontrados en las perforaciones realizadas

en el polígono. De manera general se presenta un perfil de suelo con una capa de relleno antrópico con raíces de 2.0 m de espesor (M1) seguido se encuentra un material conformado por arenisca (M2).

Figura 3-57 Columnas sondeos

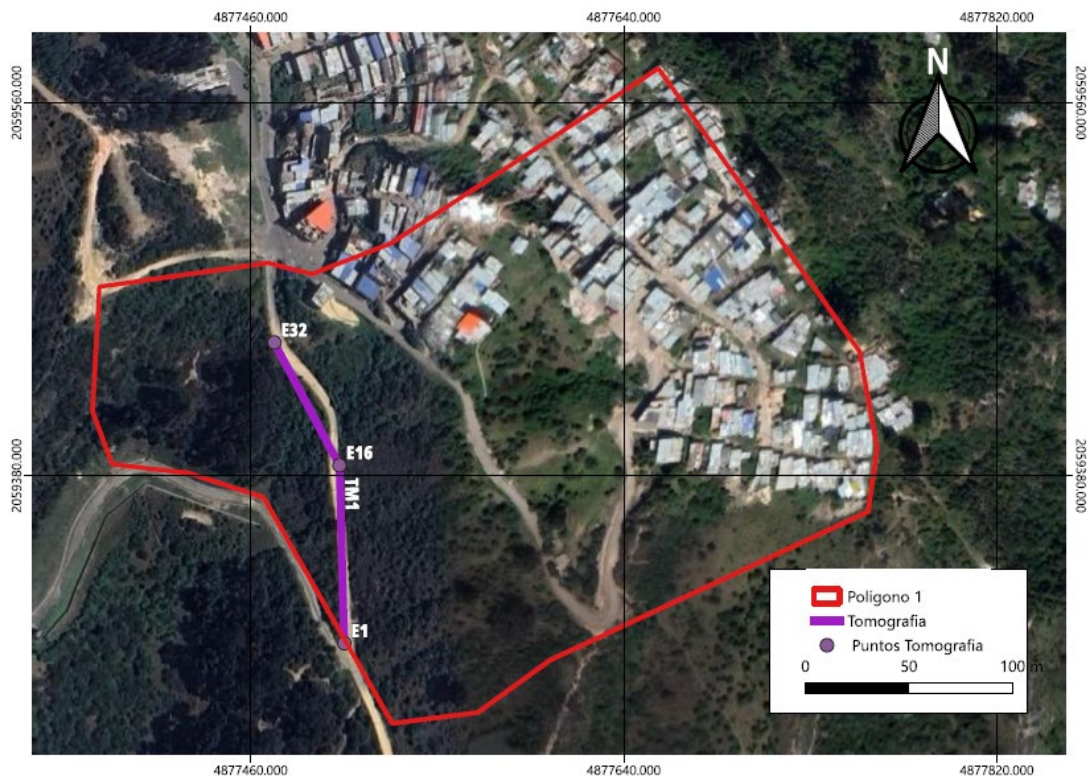
PROFUNDIDAD		S1	S2	S3
INICIAL	FINAL			
0	0.9	Relleno	Relleno	Relleno
0.9	1.7			Arenisca
1.7	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	7.8			
7.8	8.4			
8.4	9			

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3 Exploración indirecta

En el área de estudio del polígono 1 se realizaron un total de una (1) tomografía de resistividad eléctrica y una (1) línea sísmica de refracción, con el propósito de caracterizar las condiciones del subsuelo mediante métodos geofísicos. La ubicación de los ensayos se presenta en la siguiente figura.

Figura 3-58 Localización de tomografías de resistividad eléctrica polígono 1



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-20 Ubicación y longitud Ensayos tomografía de resistividad polígono 1

Ensayo	Coordenada X-INICIO	Coordenada Y-INICIO	Coordenada X-FIN	Coordenada Y-FIN	Longitud
TM-1	4877505,125	2059299,273	4877471,402	2059444,335	153

Fuente: Elaboración propia Coordenadas en CTM12

Figura 3-59 Localización de ensayos de línea sísmica de refracción polígono 1



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-21 Ubicación y longitud Ensayos de líneas sísmicas de refracción polígono 1

Ensayo	Coordenada X- INICIO	Coordenada Y-INICIO	Coordenada X-FIN	Coordenada Y-FIN	Longitud
LSR-1	4877562,806	2059414,408	4877515,548	2059459,945	66

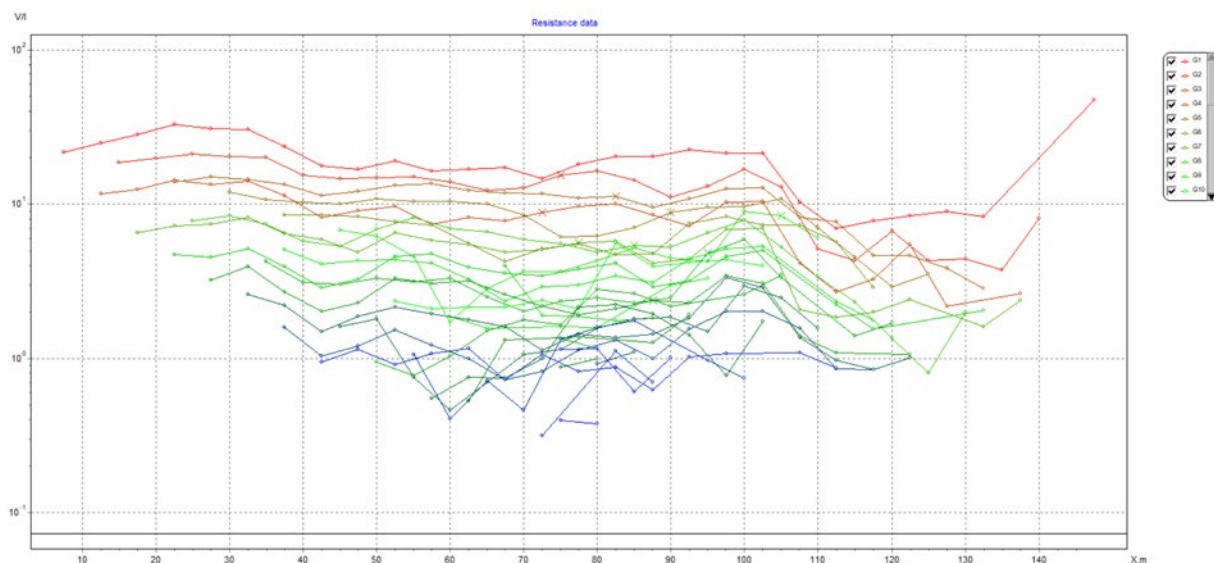
Fuente: Elaboración propia Coordenadas en CTM12

3.4.3.3.1 Tomografía eléctrica I

A continuación, se presentarán los gráficos y modelos de datos crudos, procesados e interpretados de los ensayos de exploración indirecta.

En la Figura 3-60 se presenta una gráfica donde se relaciona los datos adquiridos en campo (resistividades aparentes), su posición sobre la línea del ensayo y concordancia con los demás datos, donde se identifican algunos datos que se salen de la armonía de los datos en grupo, por lo que se eliminaron.

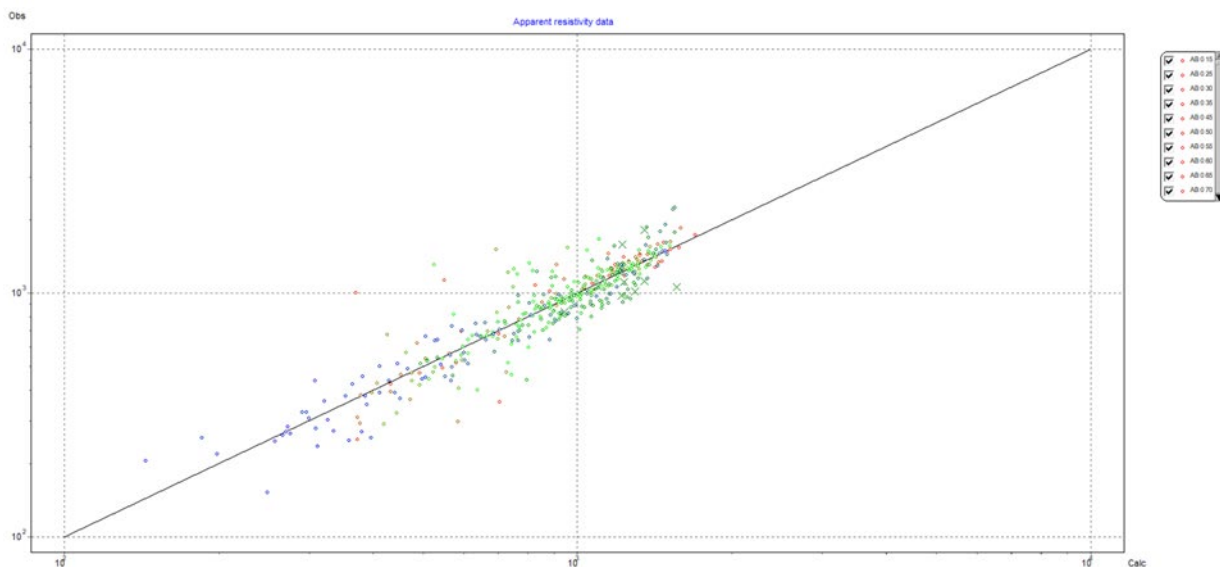
Figura 3-60 Gráfica de relación de Rho aparente (resistividad aparente) Vs Distancia. Grafica de datos adquiridos posteriormente filtrados



Fuente: Elaboración Propia

En el procesamiento de datos se realizaron una serie de controles por datos anómalos que se encuentran fuera de la línea de dispersión como se observa en la Figura 3-61.

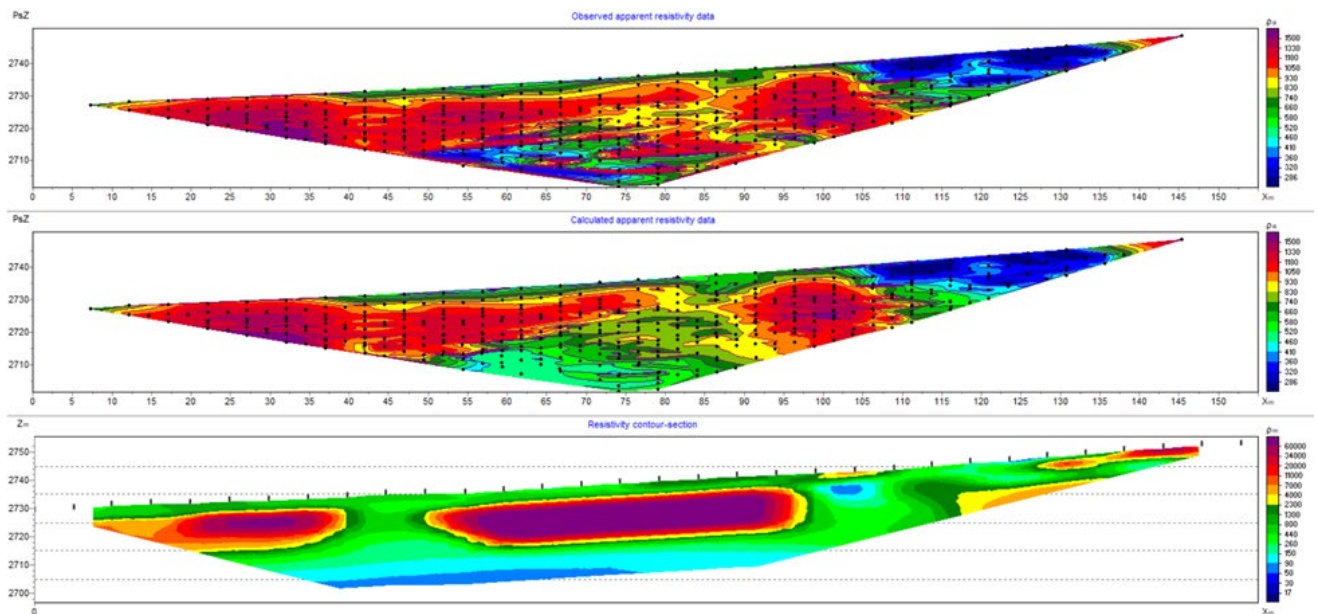
Figura 3-61 Diagrama de dispersión de datos



Fuente: Elaboración Propia

La Figura 3-62 presenta el modelo de tomografía con datos de campo (primera sección) Pseudosecciones teóricas y modelo calculado, donde se observa variación en las resistividades de los materiales desde 120 ohm-m hasta 5200 ohm-m.

Figura 3-62 Pseudosecciones teórica y Sección Calculada Tomografía



Fuente: Elaboración Propia

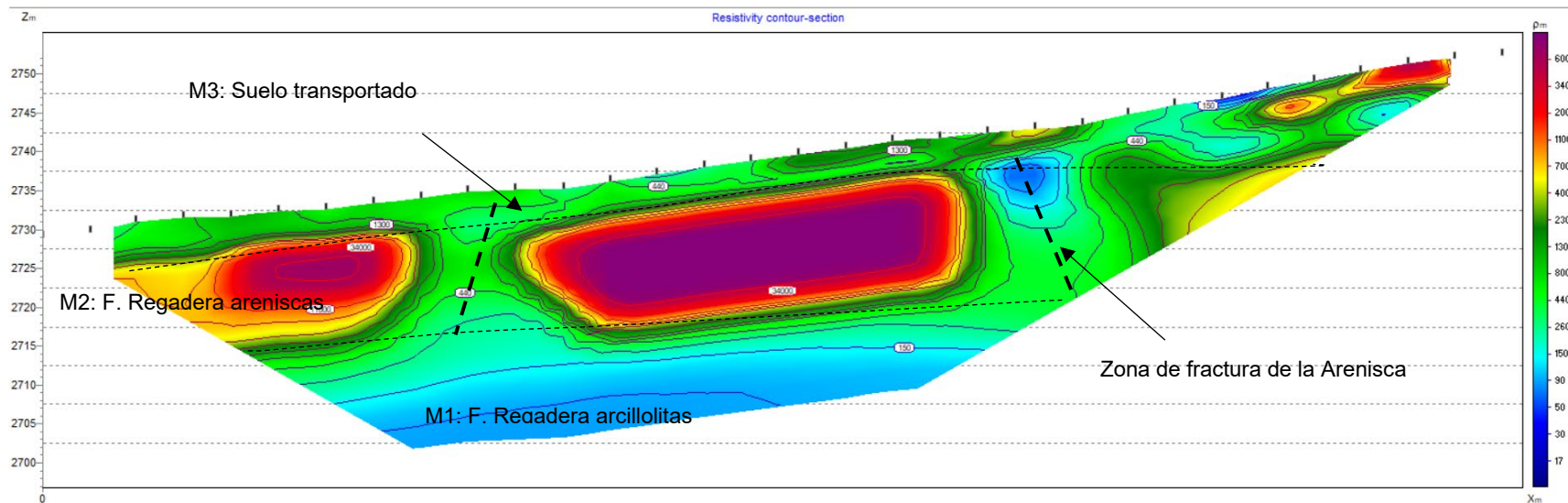
La Figura 3-63 presenta la interpretación de los resultados de la tomografía eléctrica 1

En esta se interpreta el material M1: Formación Tegadera Arcillolita; M2: Formación regadera Areniscas y M3: suelo transportado.

De acuerdo con los resultados de la tomografía se interpreta un material arcilloso (M1) corresponde a los estratos de arcillolita de la Formación Regadera con resistividades desde los 17 a 150 ohm-m

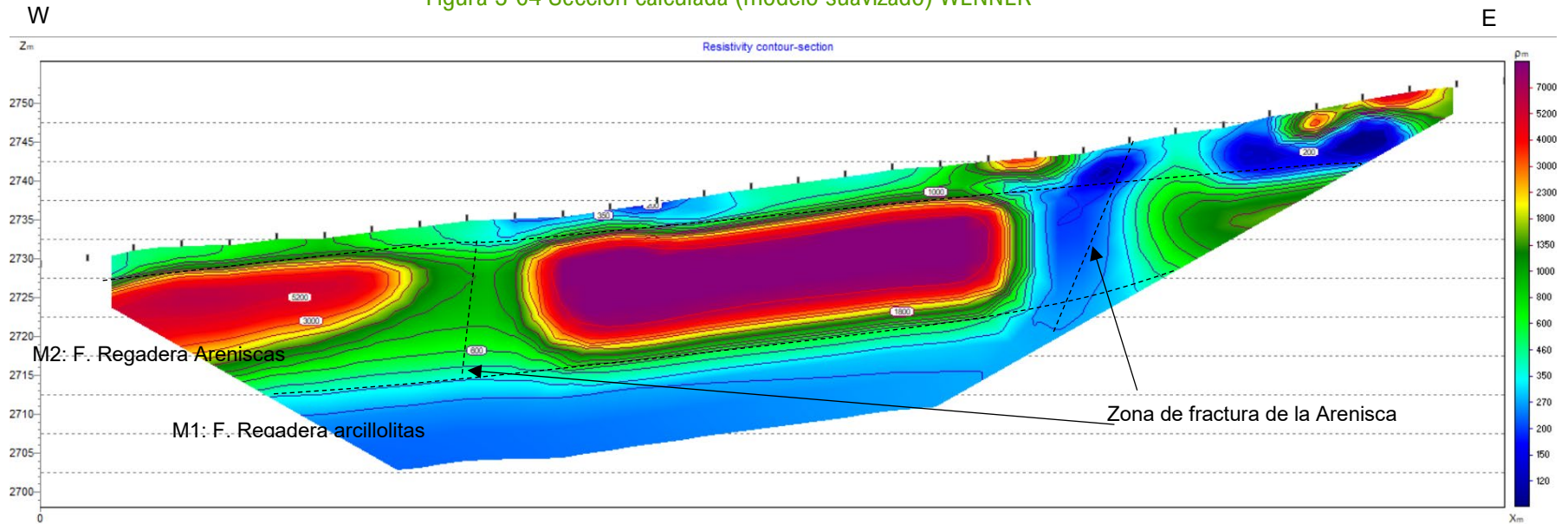
El segundo material identificado corresponde a los bancos de arenisca de la Formación Regadera (M2), con resistividades entre los 7000 a 6000 ohm-m

Figura 3-63 Sección calculada SCHLUMBERGER



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-64 Sección calculada (modelo suavizado) WENNER



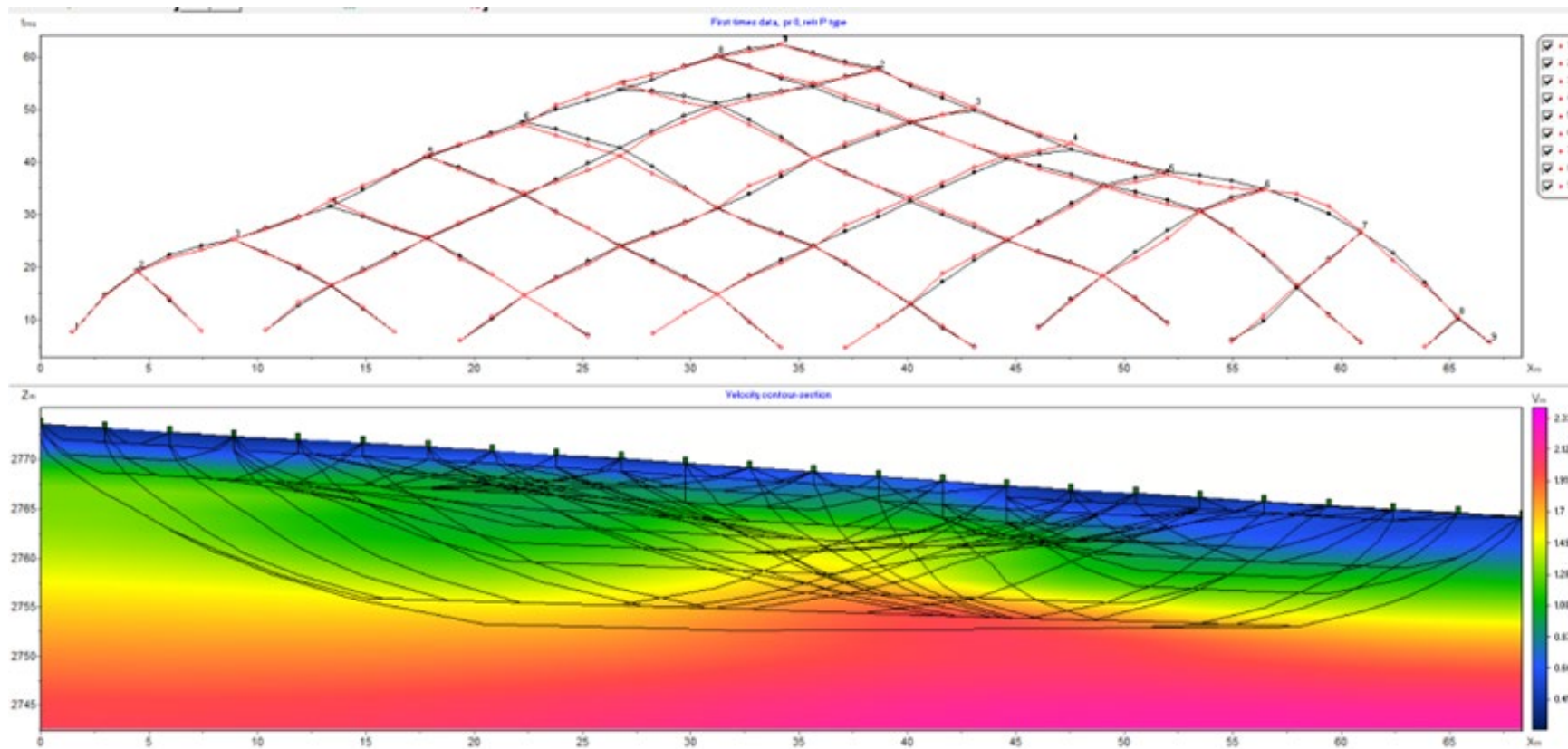
Fuente: Elaboración Propia

3.4.3.3.2 Línea sísmica de refracción I

Se realizó un arreglo con 69 m de longitud, un distanciamiento entre geófonos de 3 m, con los tiempos de arribo se construyó la tomografía de ondas compresionales Vp, la cual se presenta en la Figura 3-66. Del modelo y la geología regional de la zona se pueden inferir las siguientes características del suelo:

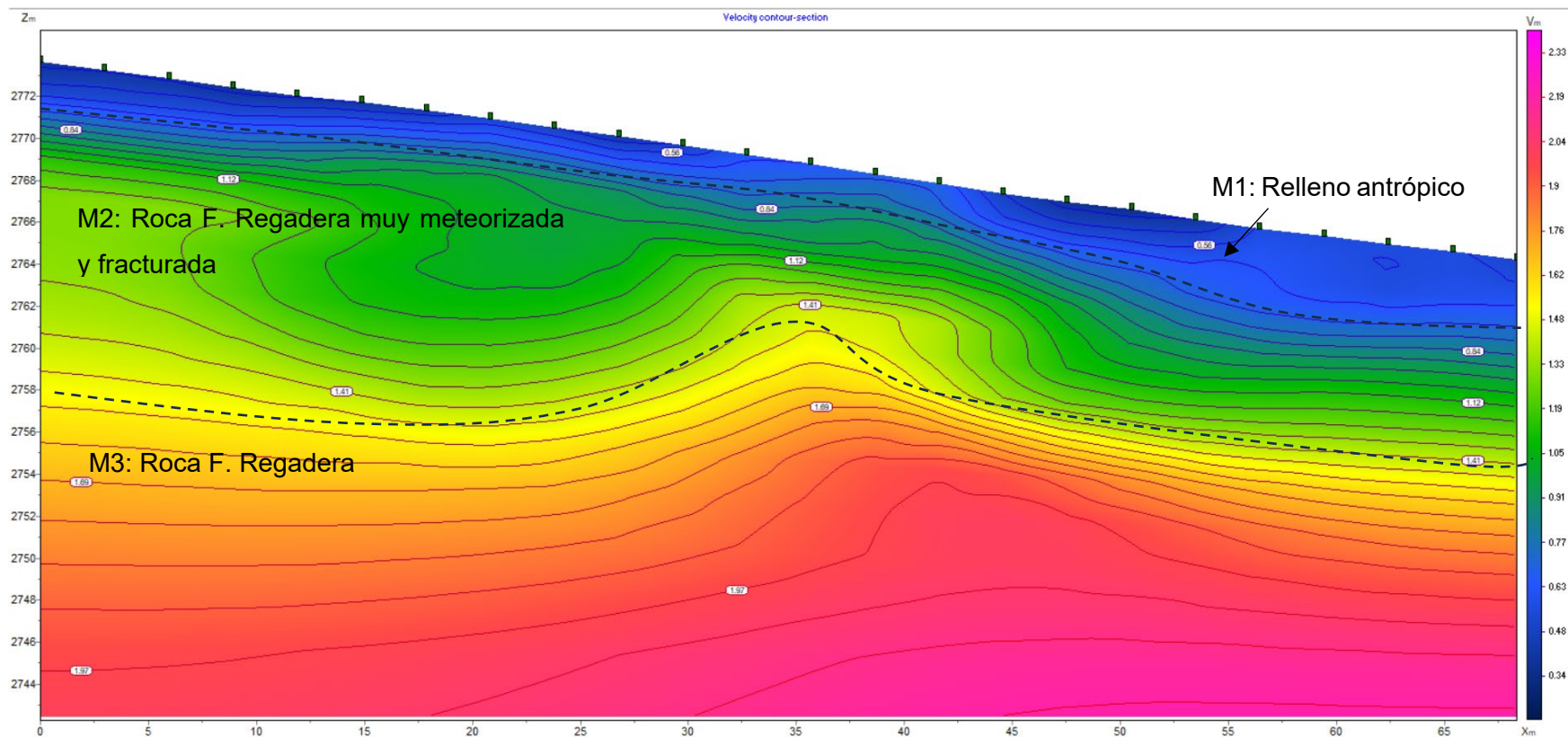
- Se identifica un perfil de velocidad de onda de compresión que aumenta desde 560 m/s hasta 1800 m/s.
- Se identifica un primer material (M1), con un espesor de 2-3 metros aproximadamente a partir desde superficie, con velocidad de onda P de 560 m/s, se asocia a suelo de relleno antrópico para conformación de la vía.
- Se identifica un segundo material (M2), a partir de 2 /3 con 14 metros de espesor máximo, con 4 velocidades de onda P de 700 m/s a 1500 m/s, se interpreta como la roca muy meteorizada de la Formación Regadera.
- Se identifica un tercer material (M3), a partir de 14 m hasta los 30 metros de espesor, con velocidades de onda P de 1970 m/s, se interpreta como la roca de la Formación Regadera fracturada.

Figura 3-65 Tomografía Vp



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-66. Perfil del suelo interpretado resultados sísmica de refracción LSR 1



Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, se presentan los resultados del ensayo MASW complementados con medición de micro tremores para la construcción de la curva de dispersión. Se construyó el perfil 2D de velocidades de onda de corte presentado en la a partir de la inversión de curva de dispersión obtenida en cada punto ensayado. Del perfil 2D, se pueden interferir las siguientes características del perfil del suelo:

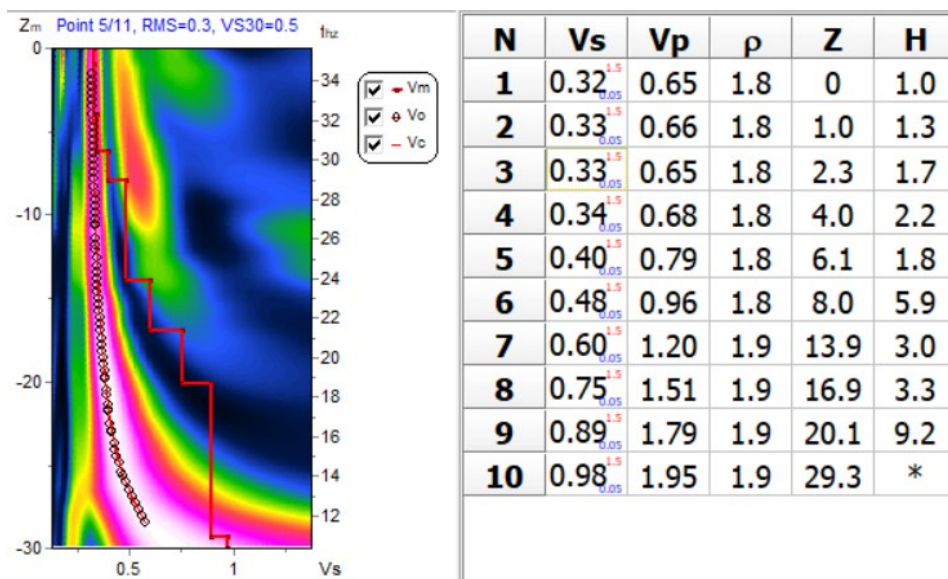
- Según el cálculo del Vs30 se tiene que el suelo se clasifica como Tipo C con un Vs de 542 m/s, el cual se describe como perfil de Suelos muy densos o roca blanda.
- Se identificó una capa M1 con una velocidad Vs de 200 a 270 m/s, con un espesor de 2-3 metros aproximadamente a partir desde superficial, se asocia al material de relleno antrópico para la conformación de la vía.
- Una segunda capa M2 con una velocidad Vs de 340 m/s a 600 m/s, la cual va a partir de los 3 metros de profundidad y se extiende hasta los 12 metros de profundidad aproximadamente, se interpreta como la Arenisca de la Formación Regadera muy fracturada.
- Una tercera capa M3 con una velocidad Vs superior de 750 m/s, la cual va a partir de los 12 metros de profundidad y se extiende hasta los 30 metros de profundidad, se interpreta como le basamento rocoso con menor grado de fracturación.

Tabla 3-22 Perfil Vs30 LSR-1

Desde (m)	Hasta (m)	Espesor (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
0.0	1.0	1.0	650	320
1.0	2.3	1.3	660	330
2.3	4.0	1.7	650	330
4.0	6.1	2.2	680	340
6.1	8.0	1.8	790	400
8.0	13.9	5.9	960	480
13.9	16.9	3.0	1200	600
16.9	20.1	3.3	1510	750
20.1	29.3	9.2	1790	890
29.3	30.0	0.7	1950	980
Vs30 (m/s)				542

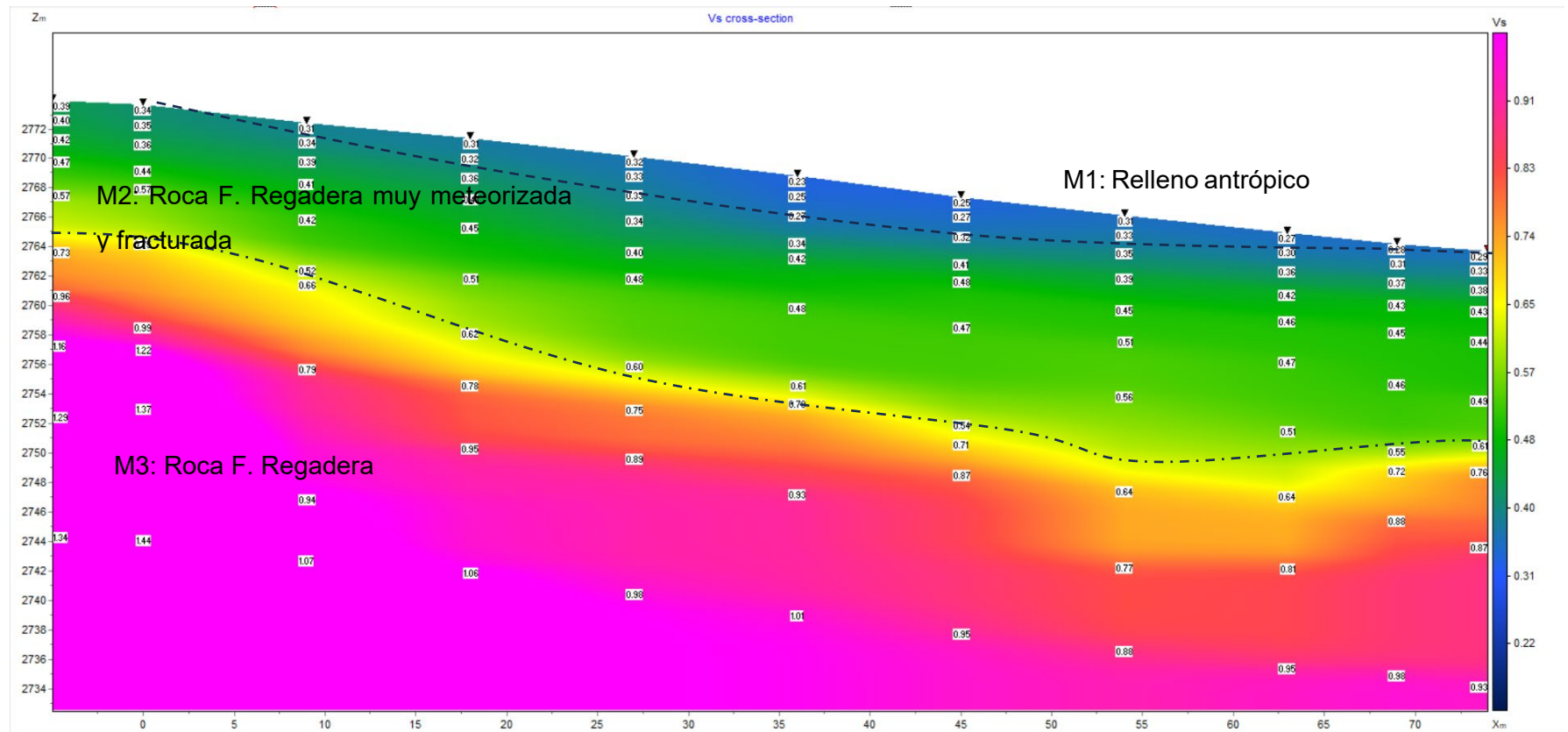
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-67 Perfil Vs-5 LSR-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-68 Perfil 2D Velocidad de onda de corte (Unidades en m/s y m) – LSR-1



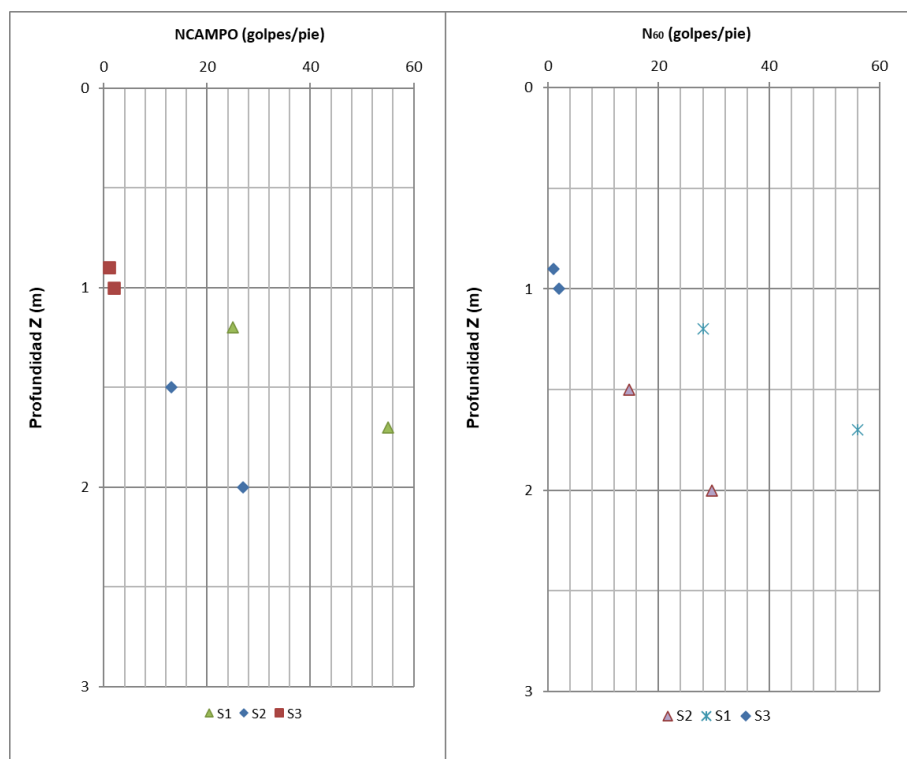
Fuente: Elaboración Propia

3.4.3.4 Caracterización geotécnica

Ensayo de penetración estándar (SPT)

Se realizó el ensayo de SPT en las perforaciones realizadas. En la Figura 3-69, se presentan los valores de Ncampo en profundidad, de acuerdo con los resultados se tiene un material de relleno con espesor de 1-2m en profundidad con valores de 13 a 27 golpes/pie corregido con un valor promedio de 20 golpes/pie correspondiente a un suelo de consistencia media. Seguidamente se encuentra un material de arenisca a partir de una profundidad de 2m con rechazo.

Figura 3-69 Variación SPT



Fuente: Elaboración propia

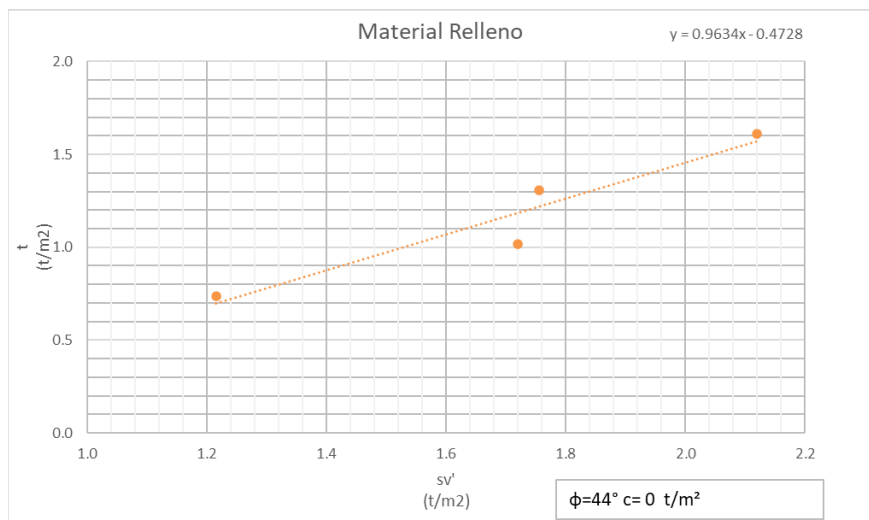
Para estimar los valores de ángulo de fricción del material se utilizó la correlación en el ensayo de SPT calculando el ángulo de fricción equivalente (ϕ_{equiv}), para ello se utilizó la siguiente expresión:

$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20 N'_{72}} \quad (Kishida)$$

Con el valor de ϕ_{equiv} se calcularon los parámetros de c' y ϕ' para los materiales, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ_v' , τ) en planos Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados. El esfuerzo efectivo vertical σ_v' , se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geo-estático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, mientras que τ , se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente ϕ_{equiv} .

De esta manera, se obtienen los parámetros de resistencia para el material de relleno.

Figura 3-70. Diagrama de esfuerzo cortante vs esfuerzo normal. Relleno



Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de resistencia para el material de relleno que pertenece a los primeros 2m se obtiene de los sondeos S1, S2 y S3 que es donde se encuentra el material.

Módulo de elasticidad

El módulo de estabilidad es determinado a partir de la información de los perfiles de velocidad. A continuación, se presentan los valores promedio por material.

Tabla 3-23 Módulo de Young Perfil Zona geotécnica A

MATERIAL	E [MPa]
(M1) Qan	56.5
(M2) Pgrsa	91.7

Fuente: Elaboración propia

Coefficiente de Poisson

El coeficiente de Poisson es determinado a partir de la información de los perfiles de velocidad. A continuación, se presentan los valores por material.

Tabla 3-24. Coeficiente de Poisson Perfil Zona geotécnica A

MATERIAL	μ (-)
(M1) Qan	0.25
(M2) Pgrsa	0.44

Fuente: Elaboración propia

Peso Unitario

El peso unitario es determinado a partir de la información de los perfiles de velocidad. A continuación, se presentan los valores por material.

Tabla 3-25. Coeficiente de Poisson Perfil Zona geotécnica A

MATERIAL	γ (Kn/m ³)
(M1) Qan	21
(M2) Pgrsa	20.2

Fuente: Elaboración propia

Parámetros Mecánicos

A partir de la caracterización del macizo rocoso, se definió el valor del Índice de Resistencia Geológica (GSI) para la arenisca identificada en el sitio. Este parámetro fue utilizado como entrada en el software RocLab, mediante el cual se estimaron los parámetros geomecánicos del macizo rocoso, tales como la resistencia a la compresión uniaxial del macizo, la cohesión y el ángulo de fricción equivalentes.

Figura 3-71. Parámetros mecánicos

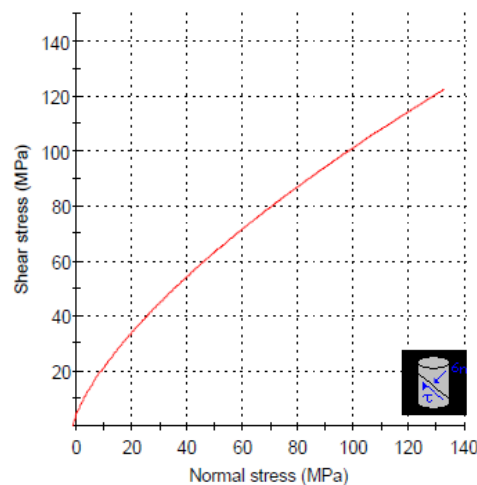
Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 258 MPa
 GSI = 65 mi = 17 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 4.871 s = 0.0205 a = 0.502

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 18.819 MPa friction angle = 39.57 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -1.084 MPa
 uniaxial compressive strength = 36.629 MPa
 global strength = 79.929 MPa
 modulus of deformation = 23713.74 MPa



Fuente: Elaboración propia

3.4.4 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Con el fin de representar adecuadamente las condiciones del subsuelo del polígono 1 del proyecto, se definió el perfil geotécnico, integrando la información obtenida de los ensayos geofísicos y de campo, según la localización de las estructuras proyectadas. A continuación, se presentan los parámetros determinados para el diseño en cada material identificado en el modelo geotécnico.

M1: Relleno (Qan)

Corresponde a un depósito superficial y no consolidado conformado por la acumulación de materiales de origen antrópico.

- Peso Unitario: 1.8t/m³ Se asumió de valores típicos para relleno
- N60: 20 golpes/pie Se tomó de la correlación del SPT
- Resistencia al corte Mohr Coulomb:
 - Angulo de fricción: 44° Se tomó de la correlación del SPT
 - Cohesión: 0.0 t/m² Se tomó el promedio de SPT

M2: Pgrsa

Corresponde a un material proveniente de la Formación Regadera, de litología arenosa con tamaños de grano predominantemente medio, fino o muy fino, cuyas tonalidades varían desde el blanco hueso hasta el amarillo parduzco, se caracteriza por ser un material de compacidad firme, plasticidad nula y humedad baja.

- GSI:65
- Resistencia al corte Mohr Coulomb:
 - Angulo de fricción: 39.57° Se tomó de Roclab
 - Cohesión: 1881.9 t/m² Se tomó de Roclab

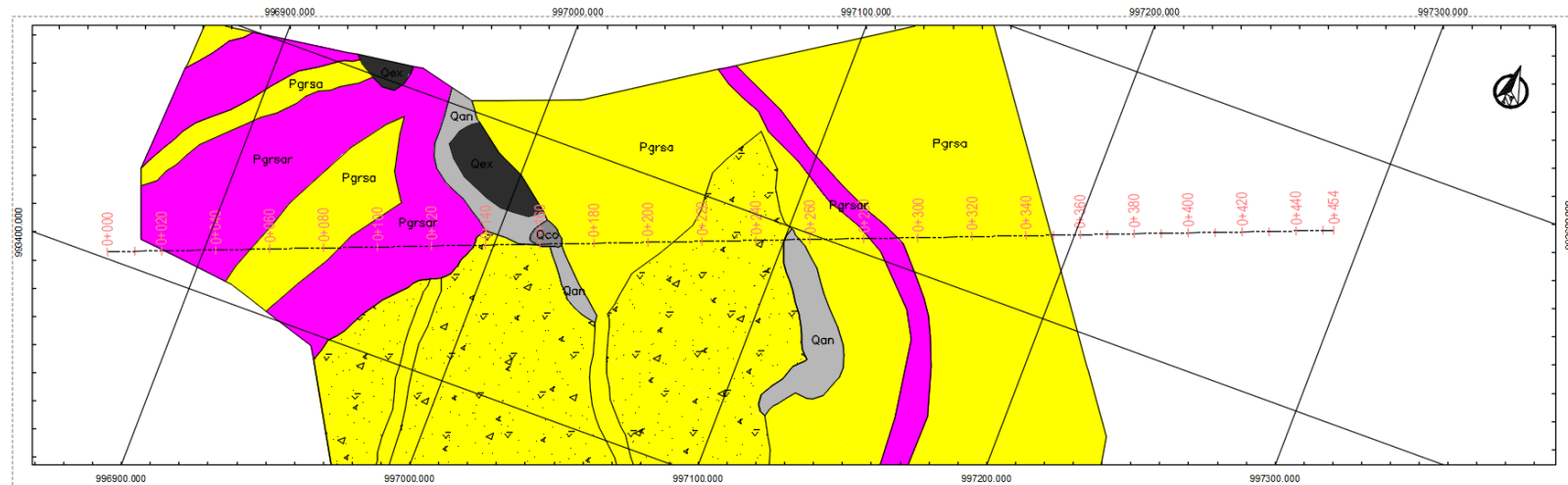
M3: Pgrsar

Corresponde a un material originario de la Formación Regadera de litología arcillosa con interestratificaciones de coloración abigarrada y blanca, el material presenta una consistencia que varía de media a firme.

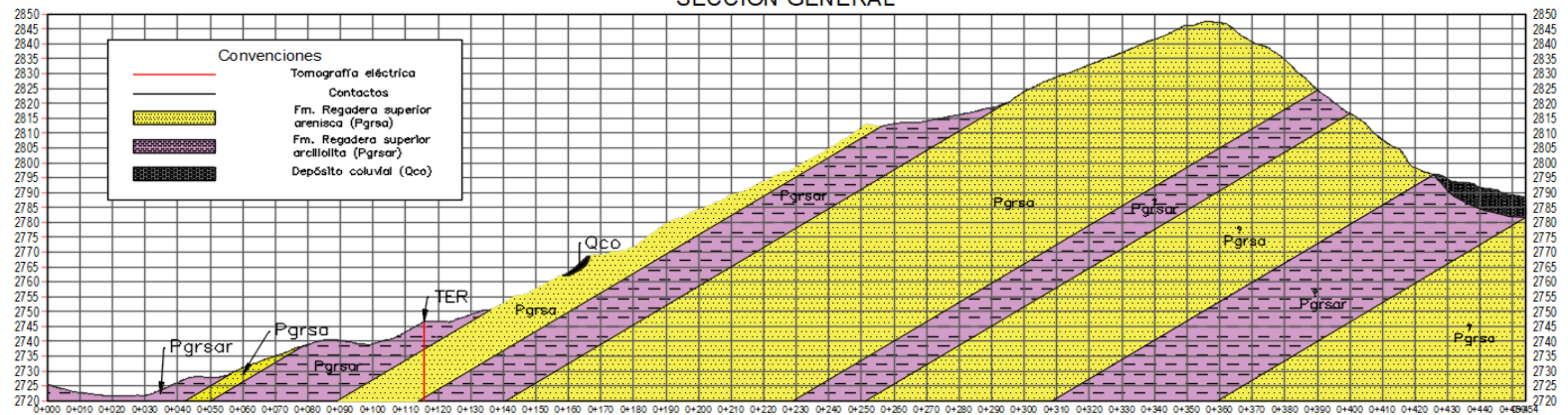
- GSI:65

A partir de la información recopilada del trabajo de campo y la exploración directa e indirecta se realizan las secciones geológicas-geotécnicas, estas secciones constituyen una representación gráfica y descriptiva de las características geotécnicas del subsuelo y se presenta en planta la ubicación de los cortes correspondiente con el perfil geotécnico.

Figura 3-72. Modelo geológico geotécnico



SECCIÓN GENERAL



Fuente: Elaboración propia

3.4.5 ANEXOS

- Exploración secundaria
 - Base de datos JAM
 - Base de datos EAAB
- Exploración primaria
 - Caracterización
 - Ensayos de laboratorio
 - Registro fotográfico
 - Registros de perforación
- Procesos morfodinámicos

3.5 EVALUACIÓN SISMOLÓGICA

La evaluación sismológica tiene como propósito fundamental determinar la influencia de las condiciones geológicas y geotécnicas locales en la propagación de las ondas sísmicas, fenómeno conocido como efecto de sitio. Para el contrato IDIGER-294-2025, esta caracterización es esencial para el análisis de estabilidad de las laderas y el dimensionamiento de las obras de mitigación en el Polígono 1, localizados en las localidades de Usme.

El análisis contenido en este capítulo se fundamenta técnicamente en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y, de manera específica, en el Decreto 523 de 2010, por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C. A través de este marco normativo, se establecen los parámetros de diseño sismorresistente que garantizan la integridad de las soluciones de ingeniería y las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) frente a la amenaza sísmica regional y local.

3.5.1 AMENAZA Y RESPUESTA SÍSMICA

La amenaza sísmica se define como la severidad y frecuencia de los sismos que pueden ocurrir en un sitio determinado, y en el caso colombiano está asociada principalmente a la convergencia de las placas de Nazca, Suramérica y Caribe, cuya interacción genera sismos corticales, de subducción e intraplaca con potencial destructivo significativo.

De acuerdo con la información más reciente, extraída del modelo nacional de amenaza sísmica, publicado por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2020, para la ciudad de Bogotá se estima una aceleración pico en roca de 0,19 g para un periodo de retorno de 475 años, equivalente a una probabilidad de excedencia del 10 % en 50 años. Para otros periodos de retorno, los valores estimados son 0,13 g para 225 años, 0,27 g para 975 años y 0,40 g para 2.475 años. Estos valores ubican a Bogotá en una condición de amenaza sísmica relevante dentro del contexto nacional, superior a la de varias capitales del norte y del oriente del país, aunque inferior a la de ciudades localizadas en regiones de amenaza más alta, como Cali, Popayán, Pasto, Cúcuta o Villavicencio.

Es importante mencionar que los análisis de amenaza sísmica del modelo nacional, corresponden a roca firme, definida en el estudio mediante una velocidad promedio de onda de corte en los 30 m superficiales de $V_{s30} = 760$ m/s, y que no incluyen efectos de sitio. En consecuencia, los valores del modelo representan la amenaza regional de referencia y no sustituyen la evaluación de respuesta sísmica local, la microzonificación sísmica ni los estudios específicos de sitio requeridos para diseño geotécnico y estructural (no reemplazan los coeficientes sísmicos de diseño establecidos en reglamentos sismorresistentes, ni los resultados de estudios particulares de infraestructura).

En el año 2010, el antiguo FOPAE (ahora IDIGER) realizó el estudio de microzonificación sísmica de la ciudad de Bogotá, en el cual se adoptó, interpretó y transformó la amenaza sísmica regional en demanda sísmica local de diseño para la ciudad, incorporando los efectos de sitio asociados a la geología, la geotecnia y la dinámica del subsuelo bogotano.

La amenaza sísmica regional define la intensidad probable del movimiento sísmico de referencia; la respuesta sísmica local define cómo esa excitación se amplifica, atenúa o desplaza espectralmente según el espesor del depósito, el tipo de suelo, la profundidad del basamento rocoso, los períodos fundamentales y los efectos topográficos. Como resultado del estudio de microzonificación sísmica del año 2010, la ciudad de Bogotá se dividió o zonificó en sectores con respuesta sísmica local homogéneo.

3.5.2 INFORME - ZONIFICACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE BOGOTÁ PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES

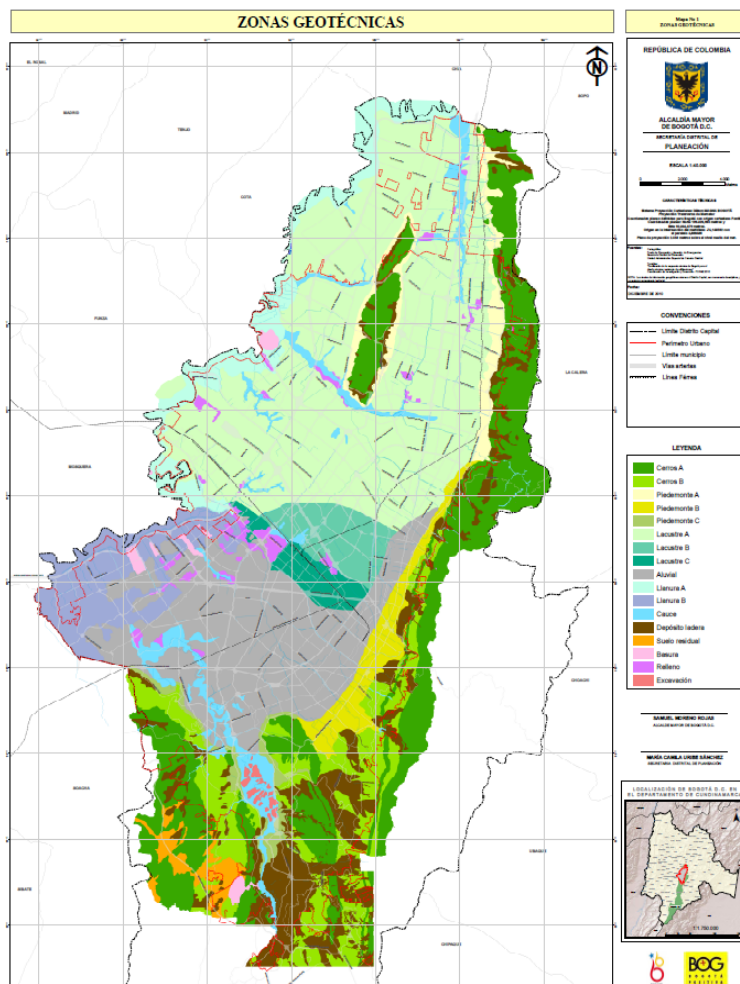
En este documento se presenta el proceso de análisis, las fuentes de información primaria y secundaria, los convenios Inter administrativos firmados para el desarrollo del estudio de Microzonificación sísmica, la información relevante sobre la amenaza sísmica y las señales de diseño compatibles con la amenaza, la formulación del modelo geotécnico de análisis de respuesta sísmica (zonificación geotécnica), el análisis y determinación de propiedades dinámicas, la información sobre los análisis de calibración de los modelos de respuesta, los resultados de los análisis unidimensionales y bidimensionales de respuesta sísmica de la ciudad (relaciones espectrales promedio, zonificación para respuesta sísmica, espectros y recomendaciones para diseño - NSR10) y la comparación con los resultados del estudio de

Microzonificación del año 1997 (INGEOMINAS, 1997), así como las conclusiones y recomendaciones resultantes de todo el proceso de análisis. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes extraídos de este documento y empleados para la caracterización sismológica de los polígonos de estudio:

3.5.2.1 Zonificación geotécnica

A partir de la integración y cruce temático de diferentes factores de análisis como la morfometría del terreno (modelo digital del terreno), los planos geológicos y geomorfológicos (litología y proceso de formación) de la ciudad de Bogotá, el modelo de isoprofundidades al basamento rocoso y la caracterización geotécnica de los materiales detectados, se construyó una zonificación geotécnica de la ciudad de Bogotá. Como resultado se dividió la ciudad en 17 zonas de comportamiento geotécnico homogéneo, tal y como se ilustra en la Figura 3-73. Este plano es empleado para la caracterización de la zona de estudio.

Figura 3-73 Zonificación geotécnica de la ciudad de Bogotá - Decreto 523 de 2010.



Fuente: Extraído del Decreto 523 de 2010

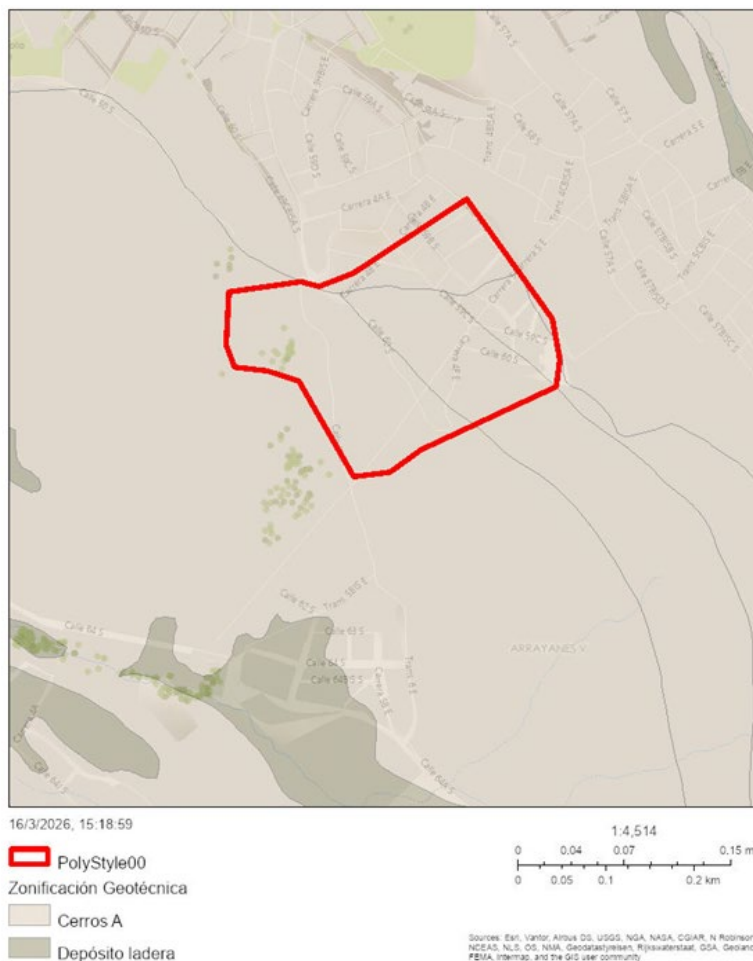
A partir del análisis de la cartografía de zonificación geotécnica establecida para el Distrito Capital, se determinó que el Polígono 1 (Figura 3-74 y Tabla 3-26) se encuentra localizado de manera predominante sobre la unidad geotécnica denominada "**Cerros A**". Esta unidad corresponde a sectores de ladera asociados a los cerros surorientales de la ciudad, caracterizados geomorfológicamente por presentar alta pendiente.

Desde el punto de vista de su composición, la unidad Cerros A está conformada por formaciones de areniscas duras y suelos residuales derivados de los procesos de meteorización de la roca parental. El comportamiento geotécnico general de estos materiales indica que se trata de rocas competentes y resistentes a la meteorización; sin

embargo, presentan susceptibilidad a problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto, principalmente cuando el macizo se encuentra fracturado o presenta intercalaciones de arcillolitas blandas. Adicionalmente, se observó que estas condiciones geotécnicas son sensibles a las variaciones en el contenido de humedad del suelo.

De manera complementaria, en los sectores adyacentes al polígono de intervención se identificó la presencia de áreas clasificadas como **Depósitos de ladera**. Estos depósitos están constituidos por acumulaciones de materiales coluviales que han sido transportados gravitacionalmente desde las cotas superiores del relieve. Se determinó que dichas formaciones exhiben una composición heterogénea y un bajo grado de consolidación. Estas características les confieren una mayor propensión a la ocurrencia de procesos erosivos y movimientos en masa, los cuales pueden verse exacerbados ante intervenciones antrópicas o alteraciones en el sistema natural de drenaje superficial.

Figura 3-74 Zonificación Geotécnica - Polígono 1



Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 523 de 2010

Tabla 3-26 Características de las unidades Geotécnicas - Polígono 1

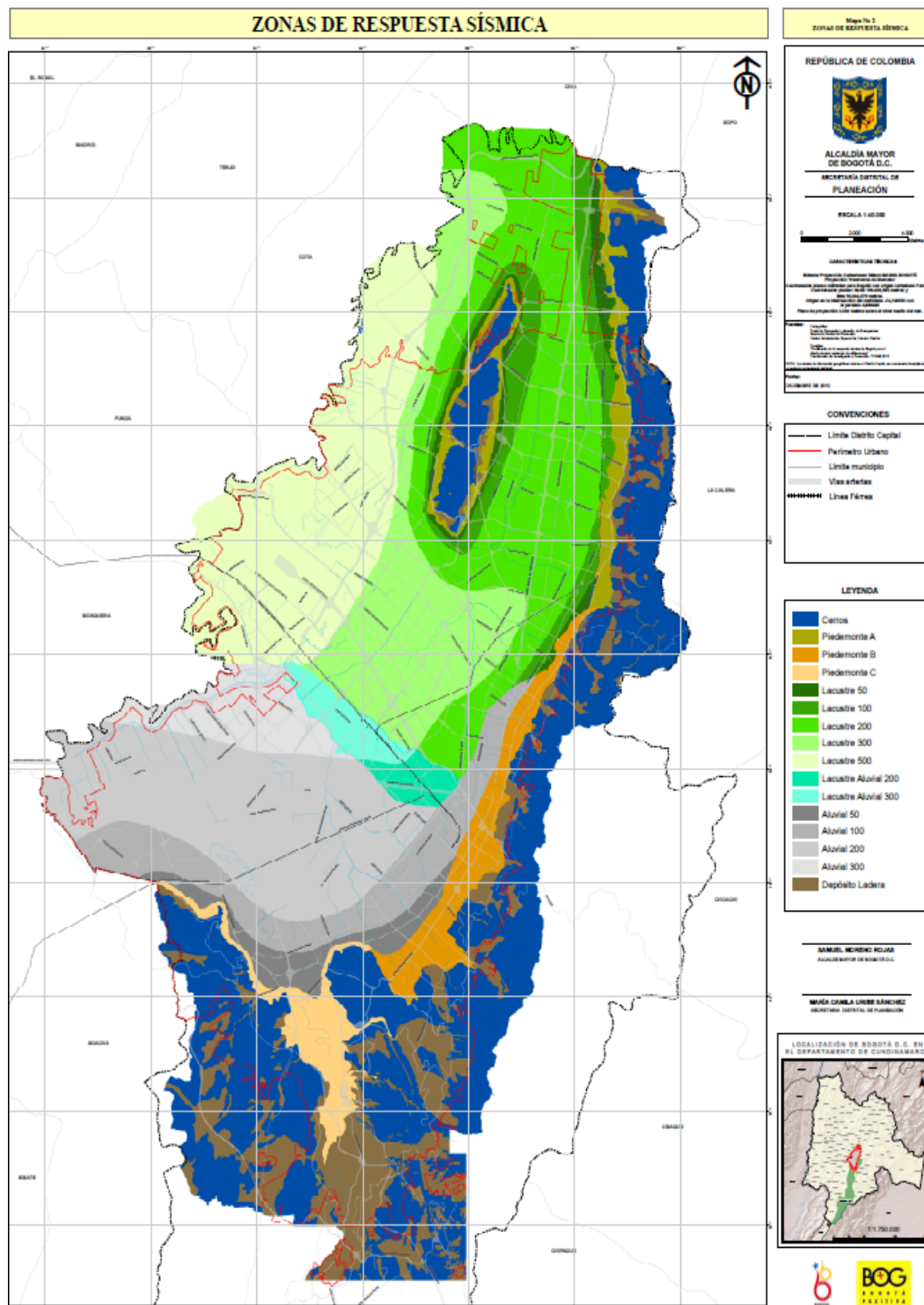
UNIDAD GEOTÉCNICA	COMPOSICIÓN PRINCIPAL	COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO GENERAL
Cerros A	Areniscas duras con intercalaciones de arcillolitas blandas y suelos residuales.	Rocas competentes y resistentes a la meteorización. Se identificaron potenciales problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto, condicionados por el grado de fracturamiento del macizo.
Depósito de Ladera	Gravas areno-arcillosas compactas de origen coluvial.	Suelos de composición heterogénea con mediana capacidad portante. Se determinó una susceptibilidad intrínseca a problemas de estabilidad de taludes debido a su menor grado de consolidación.

Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 523 de 2010

3.5.2.2 Zonificación de respuesta sísmica

Una vez establecida la zonificación geotécnica de la ciudad, se procedió a la construcción de diversos modelos unidimensionales y bidimensionales de respuesta sísmica, representativos para todas las zonas de comportamiento homogéneo que cubren el Distrito Capital. Estos modelos fueron calibrados con registros de aceleración en roca y en superficie capturados por la Red de Acelerógrafos de Bogotá (RAB), permitiendo la ejecución de múltiples modelaciones dinámicas. Mediante el análisis y la comparación de estos resultados, se estableció la zonificación de Bogotá en términos de respuesta sísmica. Finalmente, a través de la integración de la zonificación geotécnica con los modelos de respuesta sísmica, se definió la zonificación oficial de la ciudad, conformada por 16 zonas de respuesta sísmica de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 523 de 2010 (Figura 3-75). Esta cartografía constituye el insumo fundamental para la caracterización sismológica de los polígonos de estudio y la posterior determinación de los espectros de diseño.

Figura 3-75 Zonificación de respuesta sísmica de la ciudad de Bogotá - Decreto 523 de 2010



Fuente: Extraído del Decreto 523 de 2010

De acuerdo con la Microzonificación Sísmica de Bogotá (Decreto 523 de 2010), el Polígono 1 se localiza predominantemente dentro de la zona de respuesta sísmica denominada **Cerros**. Esta unidad geomorfológica corresponde a los sectores de ladera asociados al sistema montañoso del borde suroriental de Bogotá. Desde el punto de vista geotécnico, estas zonas se caracterizan por estar conformadas de manera principal por suelos residuales y materiales derivados de la meteorización de formaciones rocosas locales, los cuales se encuentran generalmente ubicados sobre laderas de pendientes moderadas a fuertes. El comportamiento dinámico en esta unidad frente a la propagación de ondas sísmicas está condicionado fundamentalmente por la rigidez relativa del terreno.

De manera complementaria, en las áreas circunvecinas al polígono de estudio se identifican sectores clasificados normativamente como **Depósitos de ladera**. Estos sectores corresponden a acumulaciones de materiales coluviales que han sido transportados de forma gravitacional desde las cotas superiores del relieve. Dichos depósitos suelen presentar una mayor heterogeneidad en su matriz y un menor grado de consolidación relativa, condición física que puede generar variaciones significativas en la amplificación de las ondas sísmicas y modificar la respuesta dinámica del suelo ante la ocurrencia de un evento sísmico.

3.6 COBERTURA Y USO DEL SUELO

3.6.1 PROCEDIMIENTO

A partir del sensor remoto; se realizó la interpretación de las unidades de cobertura de la tierra y uso actual del suelo, usando una clasificación manual; donde, se delinearon las áreas con vegetación, estructuras construidas, morfodinámica, entre otras, con el fin de estimar las características de los polígonos de estudio.

Con base en lo mencionado, se tuvo en cuenta la resolución y la confiabilidad de la imagen; donde, la interpretación en pantalla se realizó a una tercera parte de la escala de la imagen (1:300), aproximadamente.

Es importante mencionar, que, dependiendo del polígono a interpretar, se recurrió a escalas de interpretación mayor (1:250 o 1:200).

La Tabla 3-28, muestra la relación de los sensores remotos que se utilizaron para la interpretación de la cobertura de la tierra para cada uno de los polígonos de estudio.

Tabla 3-28. Relación de los insumos de los sensores remotos utilizados en la etapa de interpretación

AÑO	FUENTE
2021	Ortofotomosaico Bogotá Urbano y Soacha. enero de 2021. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - ESP; con Gsd de 8cm; a partir de fotografías aéreas tomadas con la cámara DMCIII. Todo esto regido bajo las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los productos de la cartografía básica oficial de Colombia consignados en la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Norma Técnica NS-030 Versión 5.4 del 1 de agosto de 2020, expedida por el EAAB

Fuente: Elaboración propia

Como ya se mencionó, la clasificación tanto de la cobertura de la tierra como de los usos de suelos, se basó en los requerimientos de la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2010); la respectiva adaptación de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2016); y por el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático – IDIGER (Anexo único de la resolución 11 de 2022 - Términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa).

3.6.2 UNIDAD MÍNIMA DE MAPEO

Con base en lo mencionado, la superficie más pequeña que se delimitó y se representó cartográficamente como unidad mínima de mapeo (UMM), fue de 5,0 m². (Tamaño de vivienda en el área de estudio).

NOTA: Es importante mencionar que, dependiendo del polígono interpretado, se realizaron algunas excepciones a la UMM; ya que, debido a su importancia, dentro del contexto del objeto del estudio, se dejaron cartografiados dichos polígonos.

Por ejemplo: presencia de construcciones en zonas declaradas de alto riesgo.

3.6.3 INSUMO DE APOYO EN LA INTERPRETACIÓN

De igual manera, para aquellos sitios en donde se presentaron dudas en la interpretación del polígono definido o donde la accesibilidad al terreno fue limitada (vías, topografía o conflicto social, entre otras) el apoyo a la interpretación se realizó mediante:

- Google Maps. Imágenes © 2026. Airbus CNES / Airbus. Landsat / Copernicus, Maxar Technologies.
- Recorrido de campo;

Asociado al recorrido de campo, el Anexo 1, muestra la planilla de verificación de coberturas de la tierra y usos del suelo, utilizada como insumo de apoyo para la identificación de unidades al interior del área de estudio.

A continuación, se presentan los resultados tanto del tipo de cobertura de la tierra como del uso actual del suelo, que fueron identificados para el área de estudio:

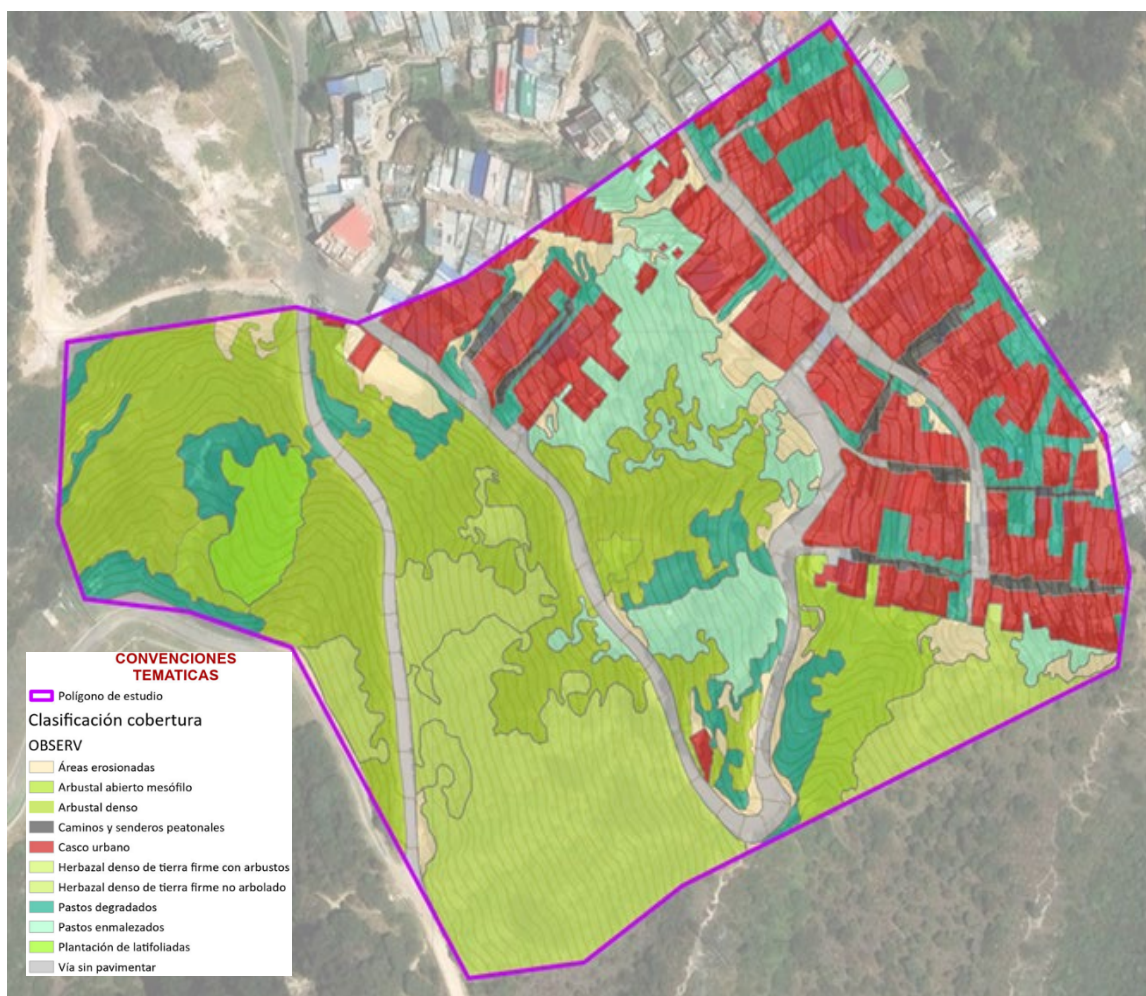
3.6.4 COBERTURA DE LA TIERRA

La cobertura de la tierra corresponde a la descripción de los elementos que cubren el suelo; delimitando o clasificando, mediante la interpretación de sensores remotos, las características o geometrías observadas sobre la superficie terrestre; ya sea, elementos antrópicos o estructuras artificiales creadas por el hombre (edificaciones, carreteras), afloramientos rocosos; zonas erosionadas; cuerpos de agua o tipos de vegetación natural o cultivada; entre otras.

La Figura 3-77 muestra la distribución geográfica de las unidades de cobertura de la tierra

identificadas para el polígono 1.

Figura 3-77 Cobertura de la tierra Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en la interpretación, la Tabla 3-29 presenta la leyenda de cobertura de la tierra obtenida para el área de estudio.

Tabla 3-29 Leyenda cobertura de la tierra Polígono 1

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (ha)	%
1. TERRITORIOS ARTIFICIALES	1.1 Zonas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	1.1.1.2 Casco Urbano	-	-	1,43	21,25%
	1.2 Zonas industriales o comerciales y	1.2.2 Red vial, ferroviaria y	1.2.2.1 Red vial y territorios	1.2.2.1.1 Red vial	1.2.2.1.1.2 Vía sin pavimentar	0,49	7,27%

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (ha)	%
	redes de comunicación	terrenos asociados	asociados				
	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1 Red vial y territorios asociados	1.2.2.1.2 Terrenos asociados a la red vial	1.2.2.1.2.7 Caminos y senderos peatonales	0,10	1,46%
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.3 Pastos	2.3.3 Pastos enmalezados	-	-	-	0,95	14,12%
	2.3 Pastos	2.3.4 Pastos degradados	-	-	-	0,79	11,64%
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1 Bosques	3.1.5 Plantación forestal	3.1.5.2 Plantación de latifoliadas		-	0,12	1,80%
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2 Arbustales	3.2.2.1 Arbustal denso	-	-	1,43	21,15%
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2 Arbustales	3.2.2.2 Arbustal abierto	3.2.2.2.2 Arbustal abierto mesófilo	-	1,09	16,12%
	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.3 Tierras desnudas y degradadas	3.3.3.1 Áreas erosionadas	-	-	0,35	5,19%
TOTAL						6,74	100,00%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las diferentes unidades de cobertura de la tierra, presentes en el área de estudio.

Casco urbano (1.1.1.2.)

Corresponde al núcleo de una población constituida por un conjunto de edificios, viviendas o espacios que agrupan una población.

Vía sin pavimentar (1.2.2.1.1.2.)

Corresponde a las vías que presentan en su última capa de conformación, diferentes granulometrías como gravas o arenas, de una alta susceptibilidad al deterioro, pueden tener o no afirmado. Por lo general son vías que unen manzanas o cuadras del polígono de estudio.

Caminos y senderos peatonales (1.2.2.1.2.7.)

Hace alusión a las vías públicas, urbanas o rurales, diseñadas exclusivamente para la circulación segura de personas, separadas del tráfico vehicular. Suelen tener un ancho igual o menor a 2 metros, permitiendo el desplazamiento a pie, en sillas de ruedas o similares, minimizando riesgos de accidentes.

Pastos enmalezados (2.3.3.)

Corresponde a las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.

Pastos degradados (2.3.4.)

Pertenece a las coberturas de pastos que han sido afectados por causas antrópicas en grado alto. Se caracterizan por la discontinuidad de la cobertura y por el escaso vigor fisiológico de la misma; debido tanto a la pérdida de suelos como a la baja infiltración del agua, a lo largo del perfil de suelos, llegando al punto de marchitez.

Plantación de Latifoliadas (3.1.5.2)

Son las coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal; las cuales pueden ser usadas para plantaciones comerciales o plantaciones protectoras. En este proceso se constituyen rodales forestales, con especies nativas, preferiblemente.

Arbustal denso (3.2.2.1.)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. Puede contener elementos arbóreos dispersos.

Arbustal abierto mesófilo (3.2.2.2.2)

Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesófila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y

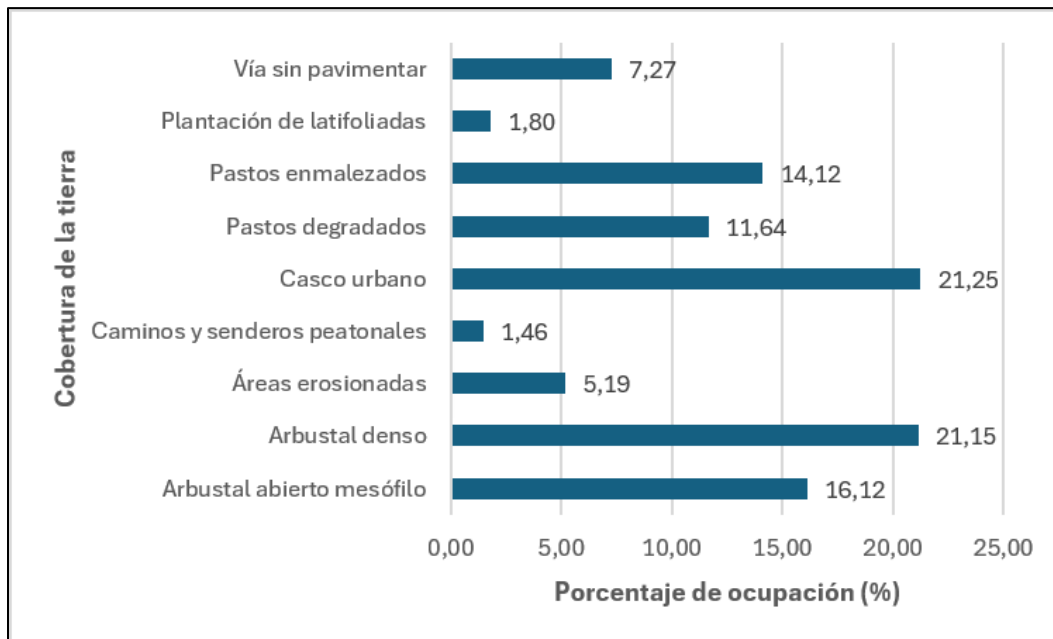
árboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año.

Áreas erosionadas (3.3.3.1.)

Corresponde al desgaste o movimiento de las partículas de la superficie del suelo por acción del agua corriente, viento, hielo, gravedad u otros factores formadores de suelos.

De acuerdo con lo mencionado, la Figura 3-78, muestra la distribución porcentual de cada una de las unidades de cobertura de la tierra que se identificaron al interior del área de estudio.

Figura 3-78 Distribución porcentual de la cobertura de la tierra Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Al observar los datos presentados en la Figura 3-78, se identifica un paisaje con una marcada fragmentación donde el desarrollo humano y la vegetación natural mantienen un equilibrio numérico casi idéntico. Se aprecia que el 21,25% del área de estudio está dominada por el casco urbano, cifra que es prácticamente igualada por el arbustal denso, que ocupa un 21,15% del territorio. Esta cercanía entre ambos valores sugiere una zona donde la expansión urbana está en contacto directo y constante con áreas de vegetación densa.

A esta huella humana, se le debe añadir el componente de infraestructura de transporte, compuesto por vías sin pavimentar (7,27%) y senderos peatonales (1,46%), lo que eleva el impacto antrópico directo a casi un 30% del polígono total. Por otro lado, el uso del suelo, es evidente a través de los pastos, los cuales suman un 25,76% de la superficie; sin embargo, es preocupante notar que más de la mitad de estos, un 11,64%, se clasifican como pastos degradados, mientras que el 14,12% restante corresponde a pastos enmalezados.

El estado de conservación del terreno muestra señales de alerta, ya que además de los pastos en mal estado, se registra un 5,19% de áreas erosionadas. En conjunto, esto indica que aproximadamente el 17% del área de estudio presenta problemas de salud del suelo. En contraste, las zonas de arbustales cubren un 37,27% del polígono, funcionando probablemente como zonas de transición. Finalmente, la bajísima presencia de plantaciones de latifoliadas (1,80%) refleja que no hay una actividad de reforestación o silvicultura significativa que compense la degradación observada o la presión del crecimiento urbano.

3.6.5 USO ACTUAL DEL SUELO

El uso actual del suelo corresponde al uso efectivo y concreto a que se está destinando la superficie o cobertura de la tierra, debido a la intervención antrópica, ya sea cíclica o permanente, con el fin de satisfacer las necesidades básicas, sobre los recursos naturales que hacen parte tanto de la superficie terrestre como del subsuelo (Torres, 1998).

El uso actual de los suelos que hacen parte del área de estudio se desarrolló a partir tanto del mapa de cobertura de la tierra como del reconocimiento de campo que se realizó para cada unidad de cobertura.

La Figura 3-79, muestra la distribución espacial del uso del suelo, para el área de estudio.

Figura 3-79 Uso actual del suelo Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en la interpretación, la Tabla 3-30 presenta la leyenda de uso actual del suelo obtenida para el área de estudio.

Tabla 3-30 Leyenda uso actual del suelo Polígono 1

Cobertura de la tierra	Grupo uso	Uso actual	Símbolo	Área (ha)	%
Casco urbano	Asentamiento	Residencial (RES)	RES	1,43	21,25
Plantación de latifoliadas	Forestal	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	0,12	1,80
Arbustal abierto mesófilo	Conservación	Protección (CPR)	CPR	1,09	16,12
Arbustal denso				1,43	21,15
Áreas erosionadas				0,35	5,19
Pastos degradados				0,79	11,64
Pastos enmalezados				0,95	14,12
Caminos y senderos peatonales		Transporte (TRAN)	TRAN	0,10	1,46
Vía sin pavimentar				0,49	7,27
TOTAL				6,74	100,00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las diferentes unidades de uso actual del suelo, presentes en el área de estudio:

Residencial (RES)

Corresponde a los espacios conformados por edificaciones y zonas verdes que se encuentran al interior de ellas (jardines, parques, entre otras). Las edificaciones, caminos e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera continua.

Sistemas forestales protectores (FPR)

Es el uso relacionado con la presencia de bosques plantados de latifoliadas (plantas *Angiospermas*: plantas con flores que producen semillas cubiertas por un fruto y tienen hojas anchas y planas. No pertenecen a una sola familia o clase taxonómica, sino que el término agrupa a una inmensa variedad de especies de hoja ancha); que se encuentran al interior del área de estudio. Actualmente, se encuentran protegiendo y conservando el suelo. El sistema radicular de las especies latifoliadas ayuda a sujetar los agregados del suelo, disminuyendo y controlando los procesos erosivos.

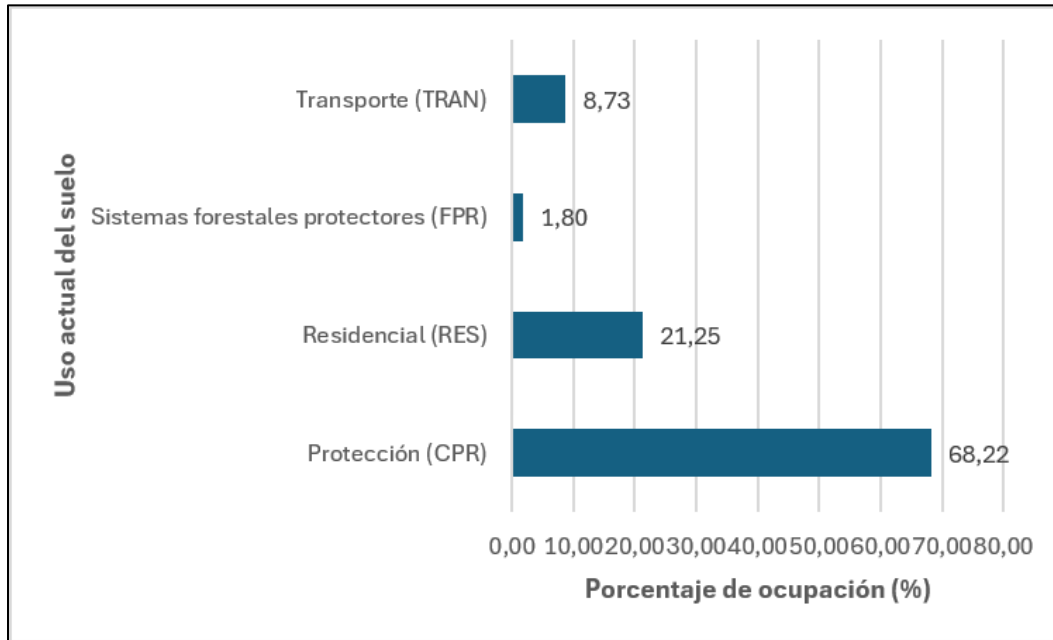
Protección (CPR)

Es el uso relacionado con la presencia de coberturas relacionadas con el arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, áreas erosionadas, pastos degradados, pastos enmalezados; que se encuentran al interior del área de estudio. Se han clasificado de protección, ya que, actualmente, se encuentran protegiendo y conservando el suelo. El sistema radicular de las especies latifoliadas como gramíneas, ayuda a sujetar los agregados del suelo, disminuyendo y controlando los procesos erosivos.

Transporte (TRAN)

Corresponde a aquellos espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como vías vehiculares, ya sean pavimentadas o sin pavimentar; de igual manera, se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas a las vías, tales como: alcantarillas, Box Culvert, terraplenes, andenes y áreas verdes, entre otras.

Figura 3-80 Distribución porcentual del uso actual del suelo Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el uso actual del suelo en el Polígono 1 está fuertemente inclinado hacia la protección, con una clara mayoría del territorio dedicada a funciones de salvaguarda ambiental. Se aprecia que el 68,22% del área de estudio está dominada por la categoría de protección (CPR), lo que indica que más de dos terceras partes del polígono tienen un uso restringido o enfocado en la preservación de recursos naturales.

En un segundo plano de importancia, el uso residencial (RES) ocupa un 21,25% del territorio, lo que representa la principal huella de asentamiento humano en la zona. Al contrastar estos dos valores, es evidente que existe una coexistencia entre una zona urbana consolidada y una vasta área protegida circundante. Por su parte, la infraestructura destinada al transporte (TRAN) representa el 8,73% del total, una cifra que refleja la red de conectividad necesaria para dar servicio a las zonas residenciales mencionadas.

Finalmente, es notable la baja proporción de los sistemas forestales protectores (FPR), que apenas alcanzan un 1,80% del área. Al integrar estos datos, se concluye que el Polígono 1 es un sector con una vocación eminentemente conservacionista en términos normativos o de uso actual, donde la actividad humana residencial y de transporte se concentra en menos

de un tercio de la superficie total, dejando el grueso del terreno bajo esquemas de protección.

3.6.6 ANÁLISIS MULTITEMPORAL – PROCESOS DE MINERÍA

De acuerdo con el Anexo técnico (2025) del presente estudio, se presenta a continuación “... la comparación entre el uso precedente y el uso actual del suelo, haciendo énfasis en transformaciones relevantes como procesos extractivos (minería o canteras activas o abandonadas) y expansión urbana...”.

Por lo tanto, a partir de la recopilación de los sensores remotos que se identificaron al interior del área de estudio, se realizó la identificación tanto de los procesos morfodinámicos como de las actividades mineras; con el fin realizar el análisis y comparación multitemporal del uso actual del suelo.

3.6.6.1 Insumos para la interpretación

Una vez realizado el proceso de corrección y georreferenciación de las imágenes empleadas, se procedió a digitalizar los elementos identificados mediante fotointerpretación, lo que permitió realizar un análisis detallado de la evolución morfodinámica y morfológica multitemporal. Este análisis apoyó el diagnóstico sobre los procesos de remoción en masa presentes en el área de estudio, delimitando también los rasgos morfológicos que indicaran movimientos en masa antiguos.

La Tabla 3-31, presenta la relación tanto de las aerofotografías como de los ortofotomosaicos que se emplearon para la elaboración del análisis multitemporal.

Tabla 3-31. Relación de aerofotografías y ortofotomosaicos

Vuelo	Fotografías	Año	Escala aproximada
C-2161	117	1984	1:20.000
C-2717	99	2004	1: 20.000
Ortofotomosaico	Resolución	Composición espectral	Escala aproximada
Bogotá Urbano y Soacha	Distancia de muestreo terrestre (GSD) de 8cm; a partir de fotografías aéreas tomadas con la cámara DMCIII.	2021	1:1.000

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Es importante mencionar que, para el presente análisis, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Aunque las fotografías aéreas consultadas, presentan una escala aproximada a la escala de trabajo del presente estudio; hay que tener en cuenta que el detalle del pixel de la aerofotografía no es comparable con un ortofotomosaico de alta resolución espacial.
- Los insumos utilizados de los años 1984, 2004 y 2021, no presentan, entre décadas, una multitemporabilidad homogénea.

3.6.6.2 Interpretación y comparación 1984 - 2004 - 2021 de la actividad minera - Polígono 1, localidad Usme. Quebrada hoya del ramo – fiscal-parque entre nubes

Año de 1984

A partir del análisis del vuelo C-2161, correspondiente al año 1984, se encuentra una ladera estructural muy abrupta (Slma) junto a una cima estructural correspondiente a una superficie de poca pendiente más denudada (Sc), en contacto a la ladera se encuentra una ladera muy inclinada (Slmi).

Sobre la ladera denudada estructural muy abrupta, una vía carretable de sentido norte-sur con un tramo secundario en construcción, creadas con el fin de dar seguimiento a la expansión del naciente barrio.

Frente a la urbanización en la zona, no se aprecia presencia de edificaciones ni urbanizaciones, cercanas al área de estudio.

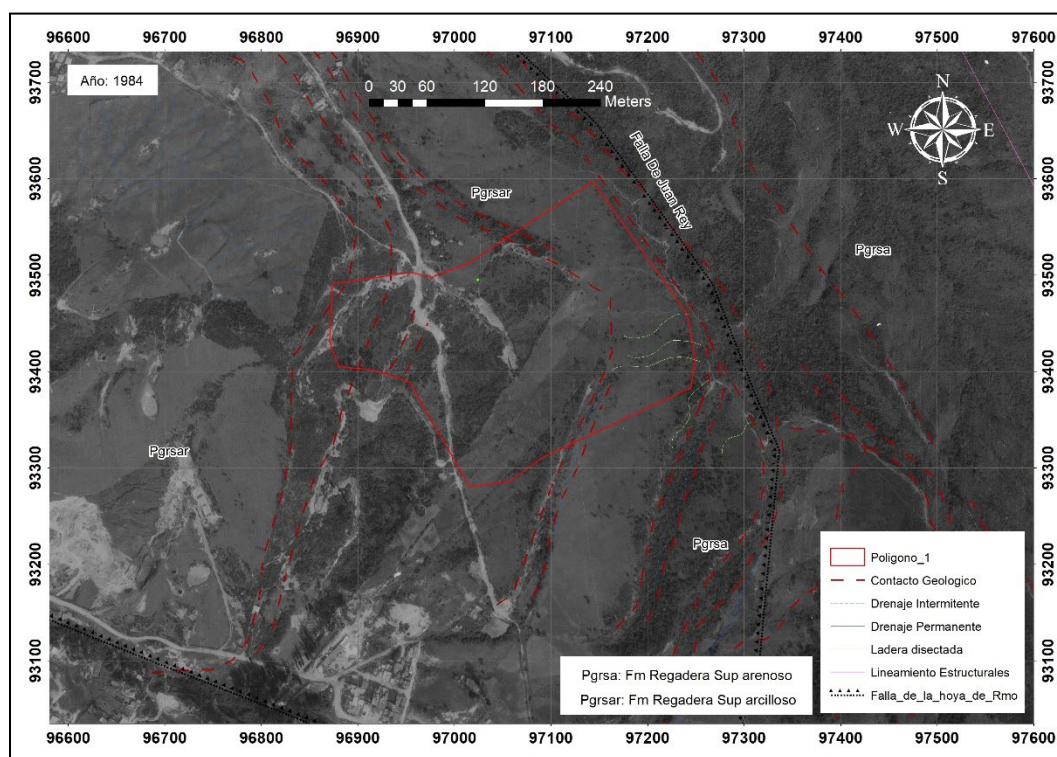
Sobre la ladera, se aprecian drenajes permanentes observables hacia el nor-este del área de estudio; las aguas pluviales drenan hacia la carretera principal. Por su parte se observan laderas disectadas evidencia clara de erosión hídrica de drenajes intermitentes presentes en el área de interés y también son evidencia del alta pendiente de la ladera estructural abrupta.

Con base tanto en las características geomorfológicas, mencionadas anteriormente, como en las características climáticas y de zona de vida (bs-MB); la zona de estudio, presenta

hacia el este, una cobertura relacionada con pastos limpios; mientras que, hacia el oeste, la vegetación predominante corresponde a arbustales abiertos mesófilos.

Por lo tanto y de acuerdo con el objetivo de la multitemporalidad, para 1984, en la zona de estudio no existían procesos extractivos relacionados con la minería o canteras activas o abandonadas (Figura 3-81).

Figura 3-81. Fotointerpretación 1984 polígono 1



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

Como se aprecia, para 1984, en el interior del área de estudio, los procesos morfodinámicos se encuentran asociados a las vías de acceso que se están realizando para dicha década ni actividad minera.

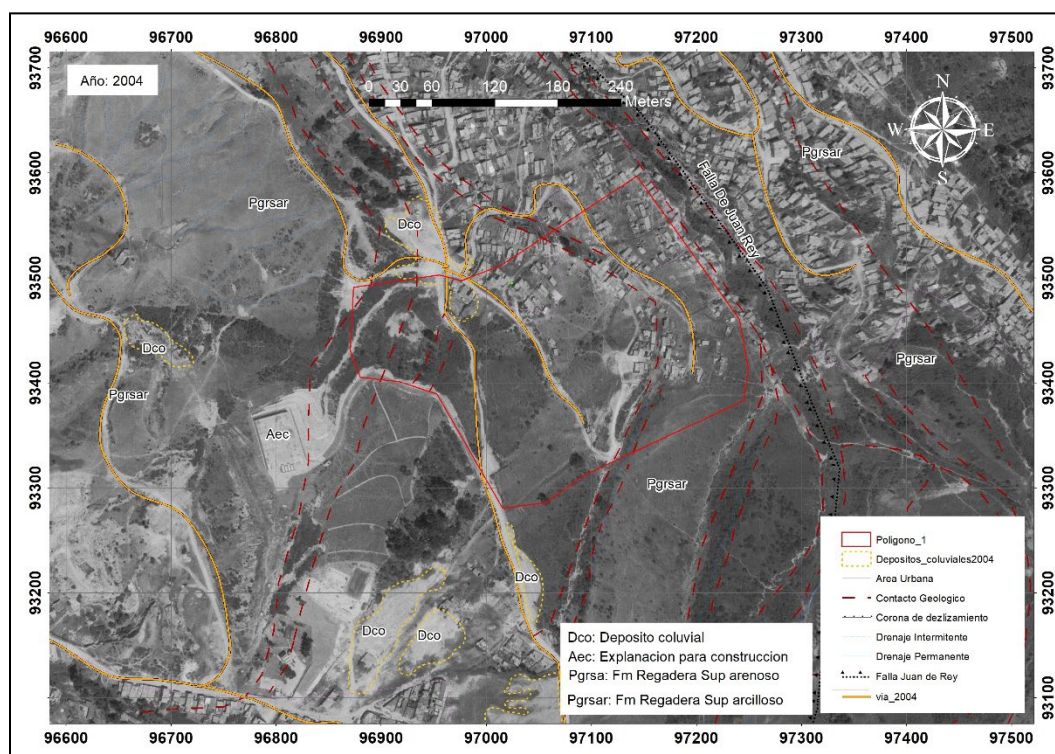
Año de 2004

Para esta década, el vuelo C-2717 se puede observar que el ambiente antrópico ya predomina en el área de estudio; la expansión urbana del barrio Diana Turbay, viene desde 1992; donde las primeras construcciones fueron hacia la Diagonal 49i Sur con carrera 5g

Este. Posteriormente, hacia el año de 1999, se aprecia una expansión significativa del barrio Diana Turbay; dónde, las obras antrópicas cubren ya el 50% del área de estudio cubriendo la mayoría de los rasgos geomorfológicos presentes en las laderas; y por consiguiente, alterando la vegetación natural asociada al bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

La geomorfología original, ha sido modificada en su totalidad; solo se mantienen algunos drenajes permanentes; la creación y aumento de la malla vial y la explanación realizada a los suelos para la creación de viviendas a permitido el modelado casi en su mayoría del terreno (Figura 3-82).

Figura 3-82. Fotointerpretación 2004 polígono 1



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

Como se puede apreciar, al interior del área de estudio, los procesos morfodinámicos se encuentran asociados, principalmente, a fallas en los taludes de corte a lo largo del tramo vial principal. Además, no se identifican procesos extractivos (minería o canteras activas o abandonadas).

Hacia el sur del área de estudio, se puede observar cómo se ha aprovechado el material

de los depósitos coluviales (Dco), creando zonas de notable erosión, pero reduciendo el flujo de detritos.

Año de 2021

Para este año, no se identificaron "... procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)" (Figura 3-83).

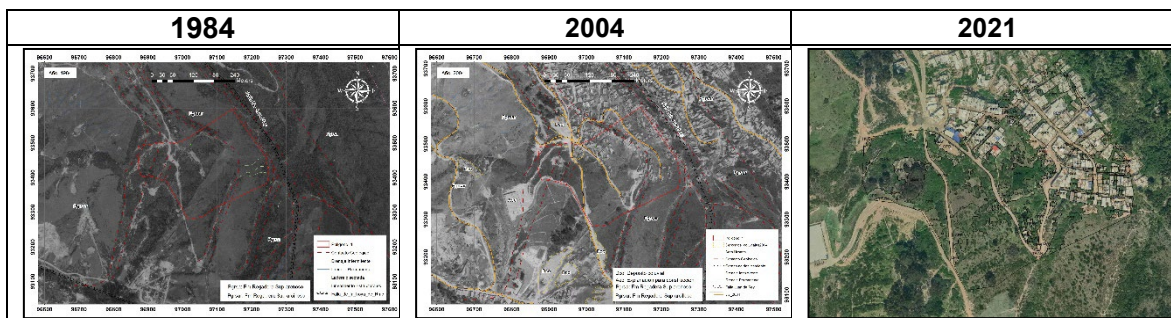
Figura 3-83. Interpretación 2021 polígono 1



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

La Figura 3-84, muestra de manera general, la comparación de la ausencia de actividades de minería o explotación de canteras, entre el año 1984 y 2021, al interior del área del polígono 1.

Figura 3-84. Comparación del uso del suelo relacionado con los procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)



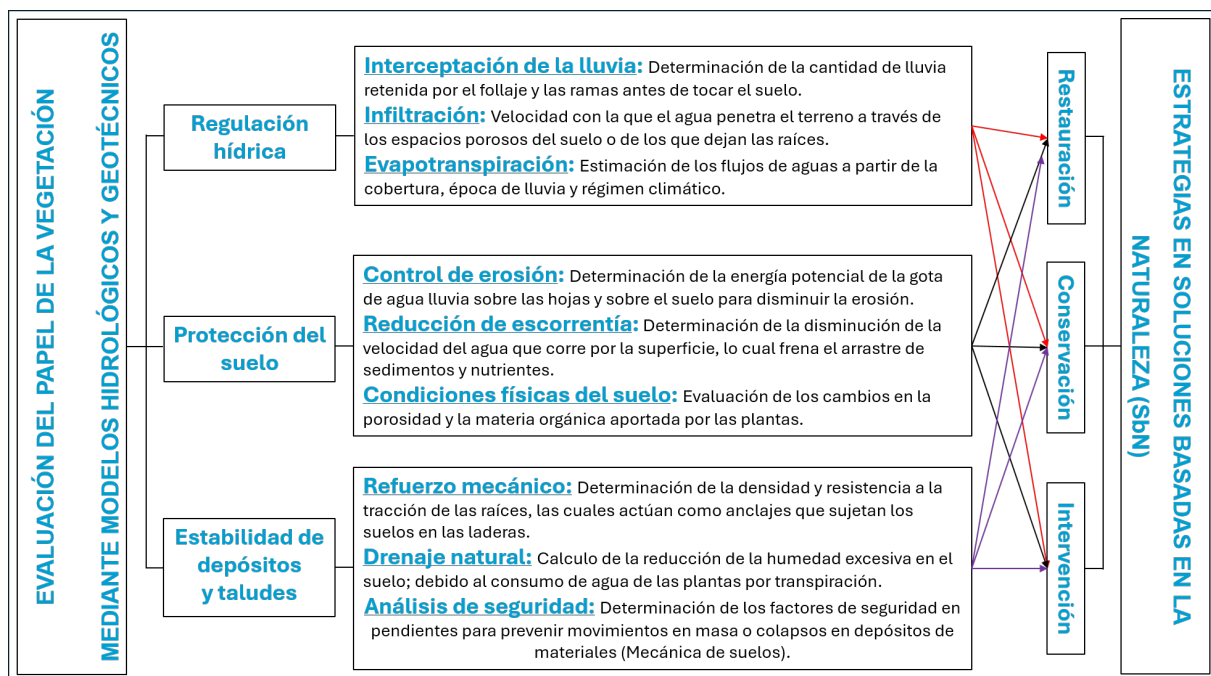
Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

3.6.7 DESEMPEÑO DE LA VEGETACIÓN

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, las condiciones y modificaciones de la cobertura vegetal, influyen en la evolución de procesos morfodinámicos de inestabilidad de los suelos; tales como movimientos en masa, erosión e infiltración. Por lo tanto, el rol de la vegetación, determina el comportamiento hidrológico, las relaciones de cobertura y la estabilidad geotécnica. Esto permite determinar la infiltración del agua, la retención de sedimentos y la firmeza del terreno en pendientes o depósitos antrópicos.

La Figura 3-85, muestra la evaluación del papel de la vegetación frente a las estrategias basadas en la naturaleza (SbN).

Figura 3-85. El papel de la vegetación como estrategia para las SbN



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

Como se aprecia y con base en lo mencionado, se considera que la vegetación de porte arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, pastos degradados, pastos enmalezados y las plantaciones de latifoliadas; juegan un papel fundamental en el comportamiento hidrológico forestal y en la estabilización mecánica de los suelos.

Es importante mencionar, que dependiendo de las características morfológicas (tipo de copa, tipo de hoja, fuste, etc.), radicales y de uso; cada especie vegetal, cumple una función para la restauración, conservación, o intervención.

3.6.8 CONCLUSIONES

A partir de lo descrito con anterioridad, se concluye que:

- El área del Polígono 1, se caracteriza por una coexistencia equilibrada entre el desarrollo urbano y los ecosistemas naturales de arbustal, donde el casco urbano ocupa un 21,25% y el arbustal denso un 21,15%. En términos de planificación, el territorio posee una vocación mayoritariamente conservacionista, ya que el 68,22% de su superficie está asignada al uso de protección (CPR). A pesar de este marco

normativo, el estado físico del suelo revela procesos de deterioro importantes: la suma de los pastos degradados (11,64%) y las áreas erosionadas (5,19%) indica que casi el 17,00% del polígono presenta problemas de estabilidad o pérdida de capacidad biológica. El uso residencial, se mantiene en un 21,25%, apoyado por una red de transporte que representa el 7,27% del suelo, mientras que las acciones forestales protectoras son mínimas, alcanzando solo un 1,80% de ocupación actual.

- Como se mencionó, al interior del polígono 1, no se presentan situaciones precedentes o actual de uso del suelo, relacionadas con procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)".
- A pesar de estar tan intervenido el polígono 1, las coberturas relacionadas con arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, pastos degradados, pastos enmalezados y plantación de latifoliadas; cumplen funciones de recuperación y protección.
- Con base en lo mencionado, la Tabla 3-32 presenta la incidencia tanto de la cobertura de la tierra actual como del uso actual del suelo sobre la estabilidad de los suelos que hacen parte del área de estudio.

Tabla 3-32. Incidencia tanto de la cobertura de la tierra como del uso actual del suelo sobre la estabilidad del terreno

Cobertura de la tierra actual	Uso actual del suelo	Incidencia sobre la ...			
		Infiltración	Escorrentía	Erosión	Movimientos en masa
Casco urbano	Residencial (RES)	Debido a la impermeabilización del terreno, no se presentan procesos de infiltración a lo largo de las estructuras antrópicas.	Son máximas, debido a que los suelos originales se han impermeabilizado con las estructuras de pavimento. De igual manera, no se presentan sitios de concentración de la escorrentía, todas las aguas van al sistema de alcantarillado.	No se presenta, debido a que los suelos originales se han impermeabilizado con las estructuras de pavimento. No se presentan zonas de saturación, debido a la presencia de las obras de drenaje que conducen las aguas provenientes de la precipitación pluvial al sistema de alcantarillado.	No se presentan, debido a que los suelos originales se han impermeabilizado con las estructuras de pavimento.
Vía sin pavimentar	Transporte (TRAN)	El manejo inadecuado de las aguas que se disponen sobre las vías despavimentadas, son conducidas al talud, causando una saturación del mismo.	El manejo inadecuado de las aguas que se disponen sobre las vías despavimentadas, han llevado al aumento de la velocidad de las aguas de escurrimiento, debido a que no existe una superficie capaz de reducir la fricción.	Debido al inadecuado manejo de las aguas que se disponen sobre las vías despavimentadas, se presentan procesos de erosión hídrica generando surcos.	Debido al inadecuado manejo de las aguas que se disponen sobre las vías despavimentadas, se presentan saturaciones de agua de escorrentía en el cuerpo del talud, generando los desplazamientos.
Caminos y senderos peatonales					
Plantación de latifoliadas	Sistemas forestales protectores (FPR)	El sistema radicular de los árboles plantados, permite que algunas características de los suelos, tales como estructura, porosidad, estructura; sean las apropiadas para la circulación vertical de las láminas de agua que se producen en superficie.	Tanto el fuste como las raíces superficiales de los árboles, aumenta la rugosidad del suelo, restringiendo los caudales a lo largo de la ladera.	Tanto el fuste como las raíces superficiales de los árboles, restringen el transporte de partículas de suelos.	Las raíces de los árboles envuelven los agregados del suelo, haciendo que estos no se desprendan.
Arbustal abierto mesófilo	Producción-protección	El área de estudio no se ha modificado, de manera significativa, el tipo de cobertura vegetal, se ha mantenido constante; debido a las características intrínsecas del área de estudio.	Como se mencionó, el área de estudio no ha perdido la cobertura vegetal, siempre se han mantenido similar. Debido a la alta densidad de estas gramíneas y a su forma de propagación (macollas); estas, se considera que estas disminuyen la	De igual manera, la cobertura de tipo gramínea, hace que las partículas que provienen de las vías despavimentadas o de las áreas erosionadas, queden atrapadas a lo largo del talud. Además, las características de la raíz de estas gramíneas	Debido a las características intrínsecas de los rellenos antrópicos, no se han reportado: -deslizamientos de taludes, a causa del material no consolidado de baja resistencia; -contraste de rigidez de los materiales (relleno antrópico
Arbustal denso					

Cobertura de la tierra actual	Uso actual del suelo	Incidencia sobre la ...			
		Infiltración	Escorrentía	Erosión	Movimientos en masa
Pastos enmalezados		Como se aprecia, la cobertura vegetal que hace parte de los cerros o parte alta del área de estudio, para este caso, presenta incidencia sobre la infiltración y sobre el estado del comportamiento en la estabilidad de los taludes.	energía de las aguas que escurren por el talud.	(superficiales y pivotantes), se considera que presentan un adecuado comportamiento geotécnico sobre el área de estudio.	sobre macizo rocoso en alta pendiente); -lluvias intensas que saturaron el material de relleno antrópico (detonante); -mantenimiento deficiente del sistema de drenaje (contribuyente). Por lo tanto, para este caso, el tipo de cobertura vegetal, presenta incidencia en el comportamiento geotécnico de los taludes.
Pastos degradados					

Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

- la incidencia de la cobertura de la tierra, sobre la estabilidad de las laderas o taludes, no ha tenido consecuencias o efectos, ya sean inherentes, contribuyentes o detonantes, sobre el área de estudio;
- la incidencia del uso actual del suelo sobre la estabilidad de las laderas o taludes, presenta causas inherentes [material no consolidado o relleno antrópico de baja resistencia y contraste de rigidez de los materiales (relleno antrópico sobre macizo rocoso en alta pendiente)] y contribuyentes o detonantes [mantenimiento deficiente del sistema de drenaje y lluvias intensas que saturan el material de relleno antrópico] asociadas a la dinámica del terreno, repercutiendo en deslizamientos rotacionales.

3.6.9 ANEXOS

- Cobertura
- Uso

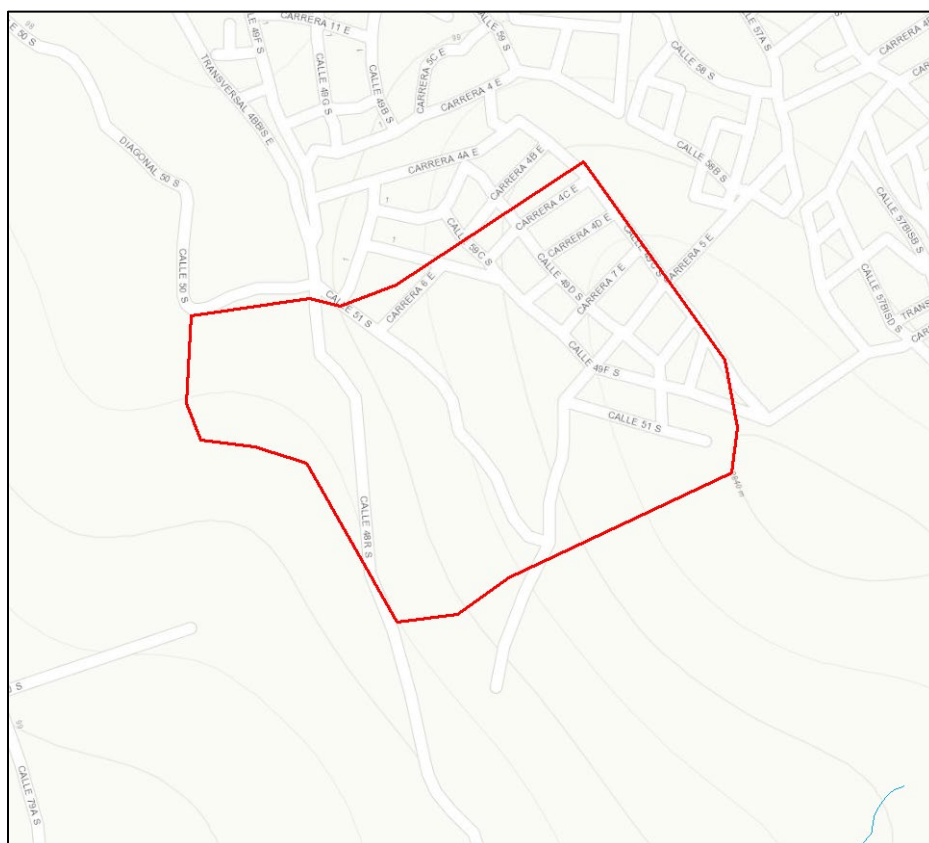
3.7 EVALUACIÓN DE DRENAJE SUPERFICIAL

El presente capítulo corresponde a la identificación del drenaje superficial (natural y artificial) y su influencia en relación con los posibles procesos de inestabilidad que se puedan presentar en el polígono de estudio.

3.7.1 DRENAJE NATURAL

Durante los recorridos realizados en terreno no se identificaron cuerpos de agua al interior del área de interés. De forma complementaria, se consulta inicialmente lo reportado por la EAAB-ESP en el Sistema de Información Geográfico, en donde se logra identificar que al interior del polígono 1 no se cuenta con drenajes naturales.

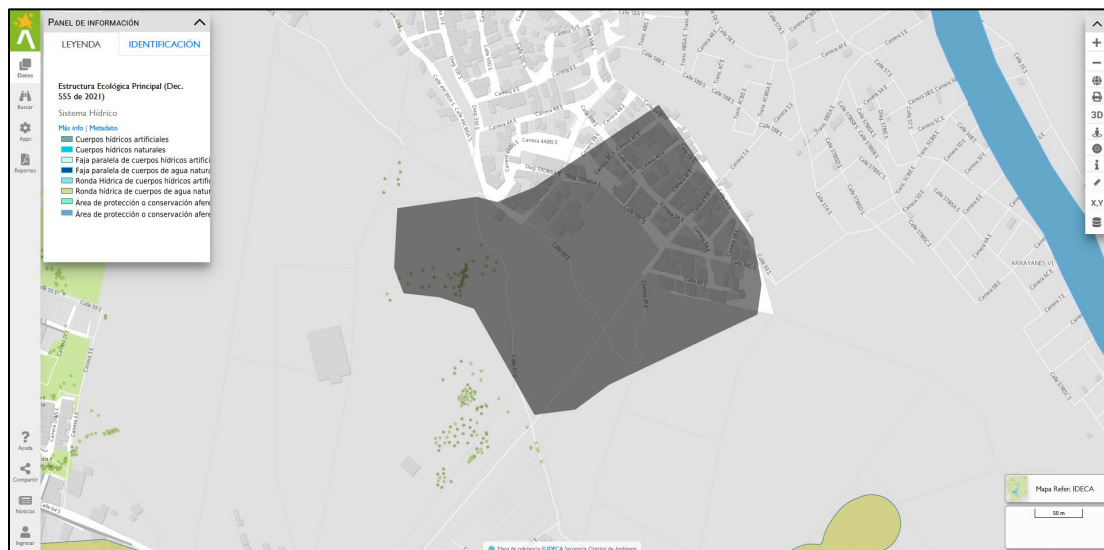
Figura 3-86 Hidrografía – Polígono 1



Fuente: Adaptado de SIGUE EAAB-ESP

Así mismo, se realiza la consulta en el Visor Geográfico Ambiental de la SDA en el cual, efectivamente, no se reportan drenajes naturales para el área objeto de estudio.

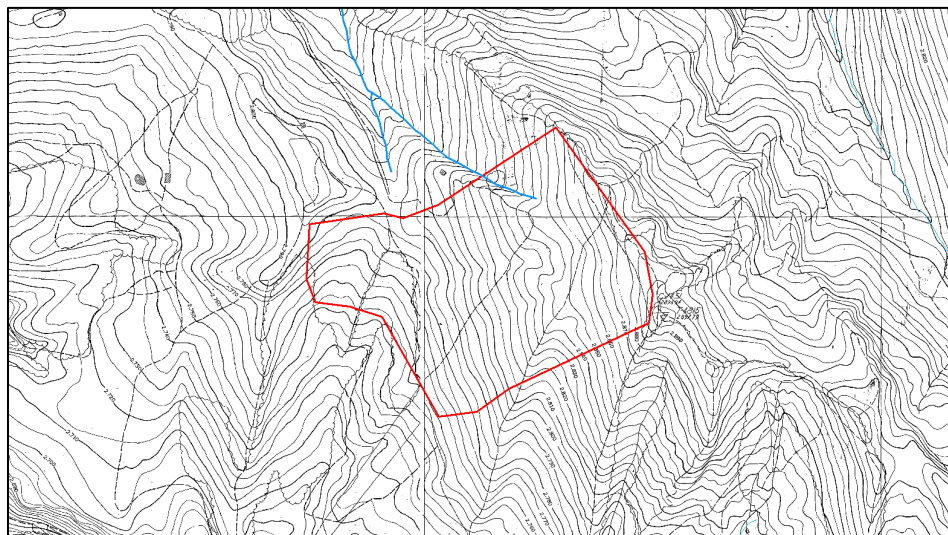
Figura 3-87 Cuerpos de agua naturales – Polígono 1



Fuente: Adaptado de Visor Geográfico Ambiental – SDA

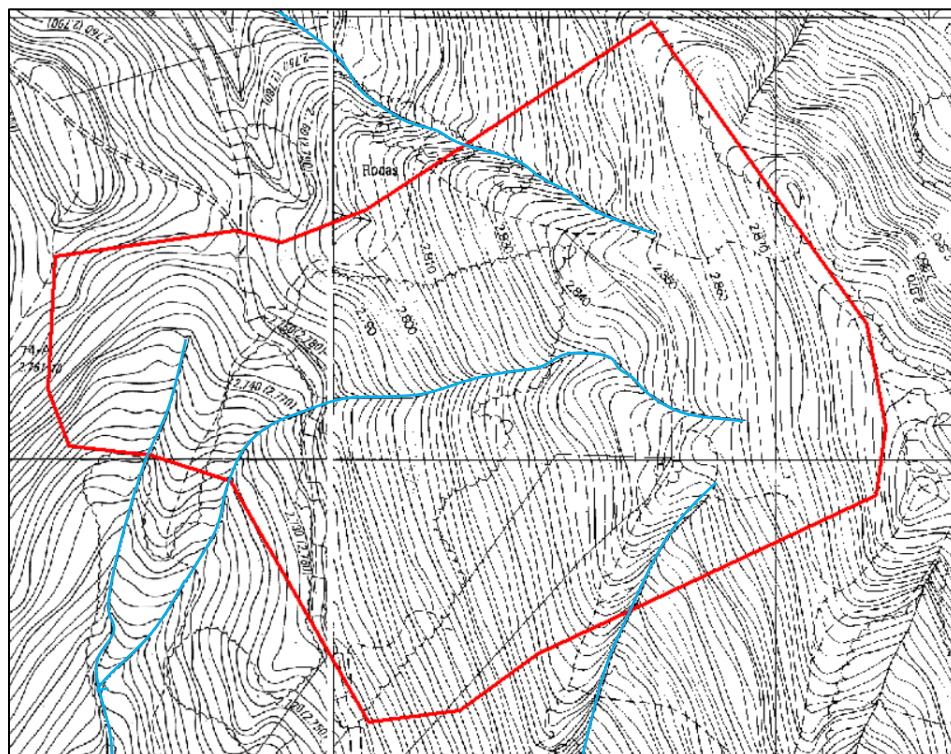
Con la finalidad de entender la posible relación con procesos de inestabilidad, se consultan las planchas del IGAC para los años 1960 y 1981, periodos en los cuales si se reportan drenajes asociados a corrientes intermitentes que discurren desde la divisoria de aguas del polígono 1 y presentan una dirección de drenaje hacia el norte (año 1960) y hacia el sur (año 1981).

Figura 3-88 Hidrografía Planchas IGAC 1960 – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-89 Hidrografía Planchas IGAC 1981 – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

A partir de lo encontrado, y con base en la forma en que históricamente se dieron los procesos de consolidación urbana en la ciudad y, especialmente, en la localidad de Usme, los drenajes naturales, principalmente aquellos de naturaleza intermitente, sufrieron una transformación significativa derivada de la expansión y la ocupación progresiva del territorio. Dichos drenajes fueron directamente rellenados para habilitar suelo urbanizable, lo que redujo la conectividad hidráulica natural y alteró los patrones de escorrentía superficial.

De forma complementaria, la sustitución de coberturas vegetales por superficies impermeables incrementó los caudales pico y disminuyó los tiempos de concentración, generando respuestas hidrológicas más rápidas ante eventos de lluvia. En numerosos casos, los cauces menores dejaron de cumplir su función de conducción y regulación, desapareciendo físicamente del paisaje.

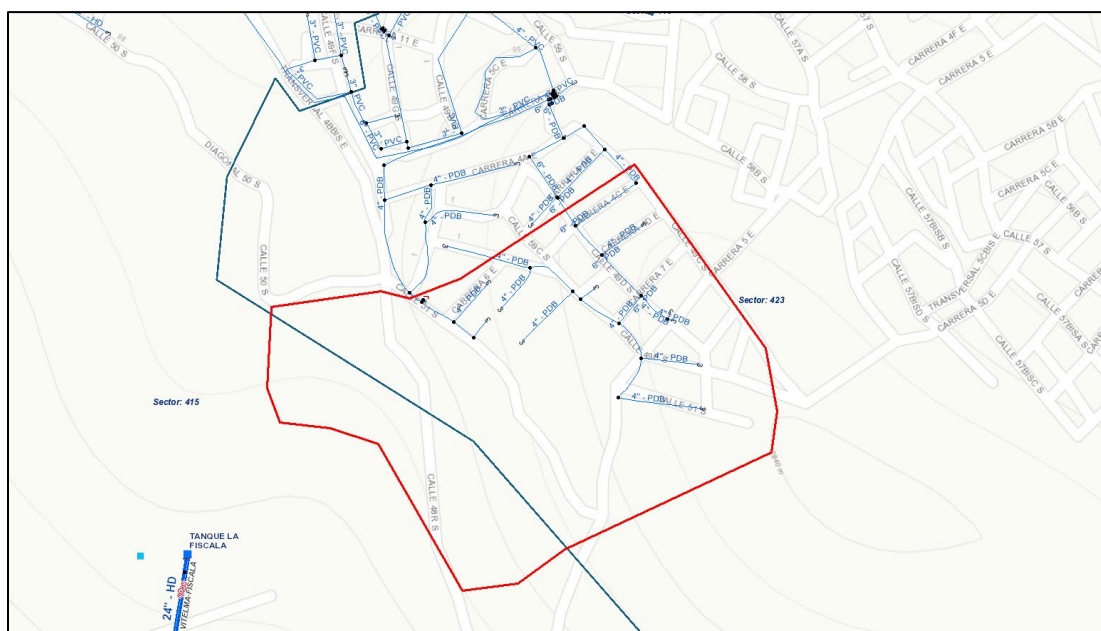
3.7.2 DRENAJE ARTIFICIAL

A partir de lo reportado en el Sistema de Información Geográfico de la EAAB-ESP, los

polígonos 1 y 2 hacen parte de la Zona Operativa 4, la cual corresponde a las localidades de San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Kennedy, Puente Aranda, Rafael Uribe Uribe y Ciudad Bolívar. A continuación, se realiza la descripción de los sistemas de acueducto y alcantarillado presentes al interior de cada polígono objeto de análisis.

Para el Polígono 1, no se identifica red matriz alguna perteneciente al sistema de acueducto, solamente se localizan redes menores. Aparentemente, todo el polígono cuenta con cobertura del servicio, identificándose diámetros de 4" y 6" en polietileno de baja densidad, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen:

Figura 3-90 Red menor de acueducto – Polígono 1

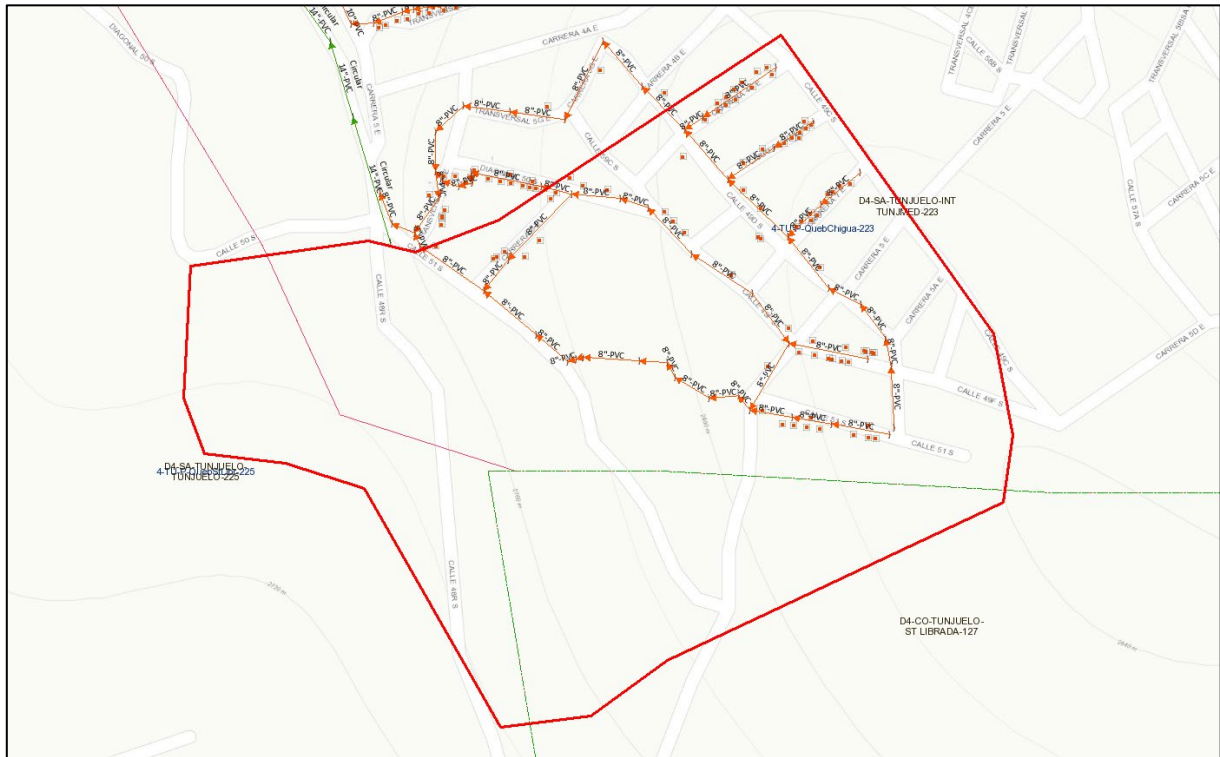


Fuente: Adaptado de SIGUE EAAB-ESP

Respecto a las redes de alcantarillado, el polígono 1 hace parte de la UGA 223 correspondiente al Interceptor Tunjuelo Medio. A partir de lo reportado en el Sistema de Información Geográfico de la EAAB-ESP, al interior del área objeto de análisis no existen redes pluviales, a diferencia de las redes sanitarias, que abarcan la totalidad del área, por lo que se concluye que el alcantarillado en el sector es combinado.

En la figura que se presenta a continuación, se relacionan las redes de alcantarillado existentes para el polígono 1, donde se observan colectores en PVC con un diámetro de 8\".

Figura 3-91 Red de alcantarillado – Polígono 1



Fuente: Adaptado de SIGUE EAAB-ESP

4 LÍNEA BASE PARA SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

La estructuración de las propuestas conceptuales de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para los polígonos de estudio se fundamenta en un proceso metodológico orientado a la lectura integral del territorio, la identificación de oportunidades de intervención y la formulación de medidas que contribuyan simultáneamente a la reducción del riesgo, la adaptación al cambio climático, la recuperación de servicios ecosistémicos y el fortalecimiento de la resiliencia territorial.

Como marco de referencia se adopta la *Guía para la integración de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la planificación urbana: primera aproximación para Colombia* de Figueroa-Arango (2020), la cual plantea una ruta organizada en siete pasos orientados a identificar la oferta de naturaleza, reconocer las necesidades urbanas que pueden ser atendidas mediante SbN, establecer el papel de la naturaleza en escenarios futuros, priorizar opciones de implementación, fortalecer el diseño multifuncional, identificar estrategias de financiamiento y definir opciones para la evaluación y monitoreo de las intervenciones.

Para el presente estudio, dicha ruta metodológica se adapta a las condiciones particulares de los polígonos analizados y a los requerimientos establecidos en el Anexo Técnico del contrato. En este sentido, la metodología no se aplica como una secuencia rígida y lineal, sino como una estructura de análisis que permite organizar los insumos técnicos, ambientales, sociales e hidrológicos necesarios para sustentar la posterior formulación de alternativas de intervención.

Teniendo en cuenta que los polígonos de estudio no corresponden a socioecosistemas completamente homogéneos, se incorpora una etapa previa de identificación y caracterización de matrices homogéneas. Esta sectorización permite diferenciar unidades territoriales con condiciones relativamente similares en términos de cobertura, uso del suelo, nivel de intervención, funcionalidad ecológica, dinámica hídrica, procesos morfodinámicos y relación con el entorno urbano. A partir de estas matrices, el análisis de SbN puede desarrollarse con mayor precisión, evitando una lectura generalizada del polígono y permitiendo orientar las propuestas según las condiciones particulares de cada sector.

En el marco de este capítulo, correspondiente a la línea base para SbN, se desarrollan los insumos necesarios para comprender la condición actual del territorio y su capacidad de soportar intervenciones basadas en naturaleza. Por tanto, se incluyen la identificación y caracterización de matrices homogéneas y parches, el análisis de la oferta ecosistémica, la identificación de necesidades y problemáticas socioecológicas, el análisis hidrológico, la revisión de condiciones de variabilidad y cambio climático, y la determinación de escenarios de factores detonantes bajo condición climática normal, condición de variabilidad climática y condición de cambio climático.

Es importante precisar que este capítulo no desarrolla todavía la priorización definitiva de alternativas, el plan de acción, los diseños detallados ni las recomendaciones finales de implementación, monitoreo y gobernanza territorial. Dichos componentes se abordan en capítulos posteriores, una vez consolidada la línea base territorial, ecosistémica, hidrológica y climática. En consecuencia, la presente sección constituye el soporte técnico para las etapas posteriores de zonificación de amenaza, formulación del plan de acción, definición del rol de la naturaleza, priorización de intervenciones, identificación de alternativas de financiamiento, desarrollo de diseños detallados y establecimiento de recomendaciones para la implementación y seguimiento de las SbN.

Bajo este enfoque, la línea base permite reconocer no solo dónde existe naturaleza o potencial de restauración, sino también qué problemáticas deben ser atendidas, qué condiciones territoriales limitan la resiliencia del sistema y qué procesos físicos, hidrológicos y climáticos deben ser considerados para que las futuras alternativas de SbN sean técnicamente pertinentes, ambientalmente funcionales y socialmente viables.

4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATRICES

La primera etapa del análisis corresponde a la identificación y caracterización de matrices homogéneas dentro de cada polígono de estudio. Esta etapa se incorpora como un paso previo a la aplicación de la metodología de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), debido a que los polígonos no presentan condiciones uniformes en toda su extensión, sino que están conformados por sectores con diferentes grados de naturalidad, intervención antrópica, funcionalidad ecológica, dinámica hídrica, estabilidad del terreno y relación con el entorno urbano.

En este sentido, los polígonos de estudio se entienden como paisajes híbridos, en los cuales interactúan elementos naturales, seminaturales y antrópicos. Esta condición implica que el territorio no puede ser analizado como una unidad homogénea, sino como un mosaico de unidades espaciales diferenciadas, en donde las coberturas vegetales, los usos del suelo, las formas del relieve, la red de drenaje, las áreas urbanizadas, los procesos morfodinámicos y las dinámicas sociales configuran condiciones particulares para cada sector.

Bajo este enfoque, las matrices homogéneas se definen como unidades espaciales con condiciones relativamente similares en términos físicos, ecológicos, ambientales, sociales y funcionales. Su delimitación permite comprender la organización interna del territorio, identificar zonas con comportamientos semejantes y diferenciar sectores con problemáticas, restricciones y oportunidades específicas para la implementación de medidas de reducción del riesgo y Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Para la delimitación de las matrices homogéneas se consideraron, entre otros, los siguientes criterios:

- Cobertura y uso actual del suelo.
- Nivel de naturalidad o grado de intervención antrópica.
- Presencia de elementos de la estructura ecológica y conectividad ambiental.
- Relación con el sistema hídrico, drenajes, cauces, rondas hídricas o zonas de escorrentía.
- Condiciones geomorfológicas y presencia de procesos morfodinámicos.

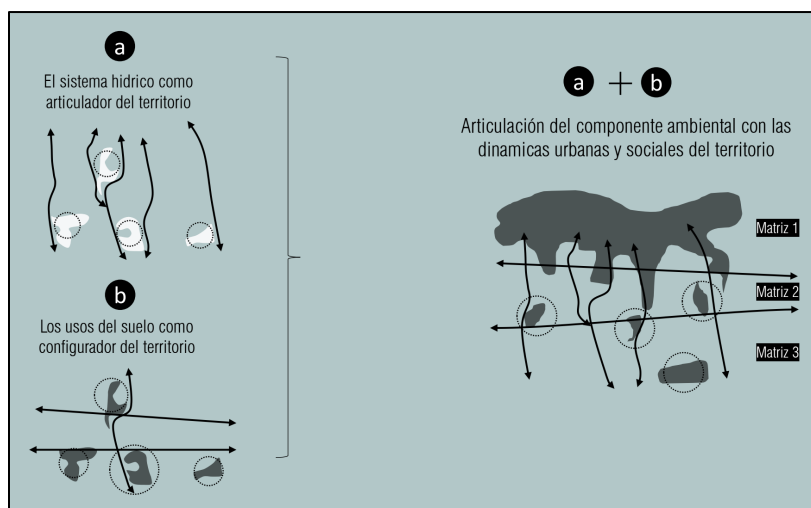
- Presencia de infraestructura, ocupaciones, vías, senderos u otros elementos urbanos.

La identificación de matrices homogéneas permite que el análisis de SbN no se realice de manera generalizada sobre la totalidad del polígono, sino a partir de unidades de lectura territorial más específicas. De esta manera, cada matriz puede ser evaluada de forma independiente en términos de oferta ecosistémica, tensores ambientales y sociales, necesidades socioecológicas, restricciones técnicas y oportunidades de intervención.

En consecuencia, esta sectorización constituye un insumo metodológico fundamental para orientar la formulación de medidas diferenciadas. Las matrices con mayor continuidad de cobertura natural o seminatural pueden asociarse a estrategias de conservación, restauración o fortalecimiento de conectividad ecológica; las matrices con mayor degradación o presión antrópica pueden requerir acciones de recuperación, revegetalización, manejo de escorrentía o estabilización; y las matrices urbanizadas o altamente transformadas pueden demandar intervenciones híbridas que articulen infraestructura, manejo hidráulico y soluciones basadas en naturaleza.

La Figura 4-1 presenta de manera conceptual la articulación entre el componente ambiental y las dinámicas urbanas y sociales del territorio, entendiendo el sistema hídrico como articulador y el uso del suelo como configurador territorial.

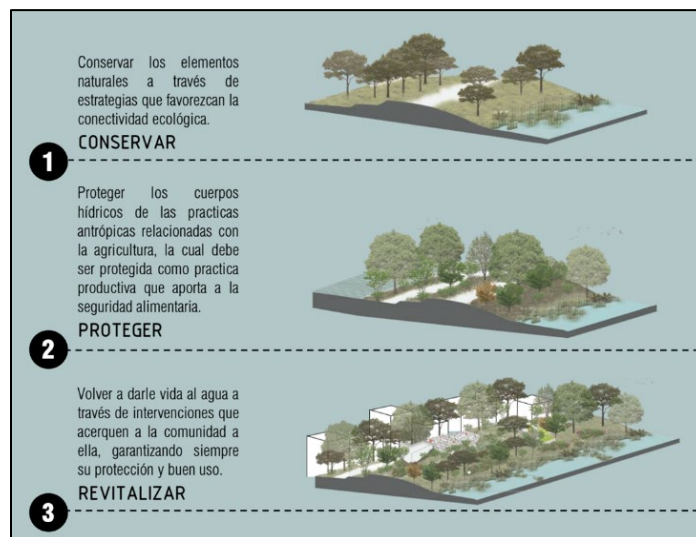
Figura 4-1 Articulación entre sistema hídrico, uso del suelo y matrices territoriales



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente, 2023.

La Figura 4-2 presenta, de manera esquemática, la forma en que la lectura por matrices permite orientar estrategias de intervención diferenciadas según las áreas de mayor ocupación, continuidad y funcionalidad dentro del territorio.

Figura 4-2 Estrategias de intervención según matrices de ocupación y funcionalidad territorial



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente, 2023.

A partir de la lectura integral del Polígono 1, se identificaron dos matrices homogéneas principales, diferenciadas por su nivel de naturalidad, grado de intervención, continuidad espacial, cobertura dominante y relación con las dinámicas urbanas y ambientales del sector.

La delimitación de estas matrices se realizó con base en la interpretación de coberturas de la tierra, el análisis de la ortofoto, la revisión de las condiciones de ocupación y la identificación de elementos funcionales del territorio, tales como áreas con cobertura vegetal continua, sectores urbanizados, vías, senderos, áreas erosionadas y zonas con evidencia de transformación antrópica.

4.1.1 NIVEL DE NATURALIDAD

La caracterización de los niveles de naturalidad constituye una herramienta de lectura territorial orientada a reconocer el grado de conservación, transformación o artificialización de un área determinada. Esta clasificación permite interpretar el territorio a partir de la relación entre los elementos naturales, seminaturales, culturales y artificiales presentes en

el paisaje, estableciendo un gradiente que va desde espacios completamente artificializados, dominados por edificaciones, superficies duras e infraestructura urbana, hasta áreas con mayor predominio de coberturas naturales, conectividad ecológica, permeabilidad del suelo y funcionamiento de procesos ambientales.

En este sentido, la naturalidad no se define únicamente por la presencia o ausencia de vegetación, sino por el nivel de intervención antrópica, la continuidad y composición de las coberturas, la funcionalidad ecológica del territorio, el grado de transformación del suelo y la capacidad del área para mantener procesos ambientales asociados a la regulación hídrica, la protección del suelo, la provisión de hábitat, la conectividad ecológica y la estabilidad de los sistemas naturales o seminaturales.

Para el presente estudio, la evaluación de naturalidad se adopta como un insumo metodológico para diferenciar sectores con mayor valor ecológico, áreas con intervención moderada y zonas altamente transformadas. Esta lectura permite complementar la identificación de matrices homogéneas, parches, corredores, oferta ecosistémica y oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza —SbN—, al reconocer qué sectores conservan funciones ambientales relevantes y cuáles requieren procesos de recuperación, rehabilitación o manejo.

La escala de naturalidad empleada toma como referencia la propuesta formulada por Machado (2004) y adoptada en documentos de gestión y planificación ambiental, incluyendo lineamientos de la UICN, WWF y PNUMA. Bajo este enfoque, el nivel de naturalidad permite calificar qué tan cercano se encuentra un espacio respecto a las condiciones propias de los ecosistemas naturales originales del lugar, o qué tan transformado o artificializado se encuentra por efecto de la ocupación, la infraestructura, el manejo antrópico o la modificación de sus coberturas.

La clasificación considera aspectos como la presencia y continuidad de vegetación nativa, la existencia de especies introducidas o invasoras, la intensidad de uso del suelo, la presencia de edificaciones e infraestructura, el grado de manejo artificial requerido para sostener las coberturas existentes, así como las alteraciones sobre la topografía, el suelo y el ciclo hidrológico. A partir de estos criterios es posible diferenciar espacios con alta funcionalidad ecológica, como áreas naturales protegidas o coberturas seminaturales, de

espacios con naturalidad intermedia, como zonas verdes manejadas, sistemas agroforestales o áreas suburbanas, y de sectores altamente transformados, como áreas urbanas densas, superficies endurecidas o zonas con vegetación residual.

En la tabla siguiente se presenta la escala de niveles de naturalidad ajustada para el polígono de estudio. Esta síntesis permite establecer criterios comparables para evaluar las diferentes unidades del territorio y diferenciar los sectores según su estado de conservación, grado de intervención y potencial funcional para la formulación de estrategias de restauración, rehabilitación ambiental, manejo del riesgo y Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Tabla 4-1 Descripción general de los niveles de naturalidad

Nivel	Categoría	Descripción general
10	Natural virgen	Áreas con predominio total de elementos naturales, ecosistemas nativos bien conservados y presencia nula o mínima de intervención antrópica.
9	Natural	Ecosistemas nativos con intervención humana muy baja o esporádica. Conservan alta funcionalidad ecológica y continuidad de coberturas.
8	Subnatural	Ecosistemas secundarios o en procesos avanzados de restauración naturalista, con baja presencia de especies exóticas o estructuras artificiales localizadas.
7	Cuasi-natural	Mosaicos de ecosistemas nativos o coberturas naturales alteradas, con presencia de asentamientos dispersos o elementos antrópicos de baja intensidad.
6	Seminatural	Mosaicos con diferentes grados de alteración, donde predominan coberturas vegetales secundarias, áreas protegidas urbanas, vegetación nativa o introducida y usos de baja intensidad.
5	Cultural autosostenido	Paisajes con coberturas vegetales y usos humanos de baja intensidad, como sistemas agroforestales, pastos arbolados, zonas residenciales suburbanas de baja densidad o proyectos de restauración inicial.
4	Cultural asistido	Coberturas vegetales creadas o manejadas, como plantaciones, jardines, zonas verdes urbanas, parques de alta naturalidad o sistemas de drenaje urbano sostenible con predominio vegetal.
3	Altamente intervenido	Áreas con coberturas biológicas mezcladas con infraestructura y superficies duras. Presentan biodiversidad reducida, hidrología alterada y alta intervención antrópica.
2	Semi-transformado	Sectores con predominio de edificaciones, superficies duras e infraestructura urbana, pero con presencia de zonas verdes, senderos, alamedas o elementos permeables residuales.

1	Transformado	Áreas dominadas por elementos artificiales, alta densidad de construcciones, vegetación confinada o decorativa y fuerte control antrópico del agua y del suelo.
0	Artificial	Espacios completamente artificializados, con superficies duras, edificaciones densas y vegetación ausente o prácticamente inexistente.

Cada territorio ocupado por el ser humano está conformado por un mosaico de espacios en distintos niveles de naturalidad. El Perfil de Naturalidad de un territorio o paisaje es la proporción de espacios más naturales y menos naturales o más transformados que lo conforman. Esto permite compararlo con otros territorios o paisajes y establecer si se trata de paisajes naturales, rurales, rurales muy transformados o artificiales.

Y dependiendo de qué tipo de paisaje se trate, se puede establecer que formas, estrategias y espacios se pueden aplicar para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

En la siguiente figura se presenta la zonificación por niveles de naturalidad para el polígono de estudio.

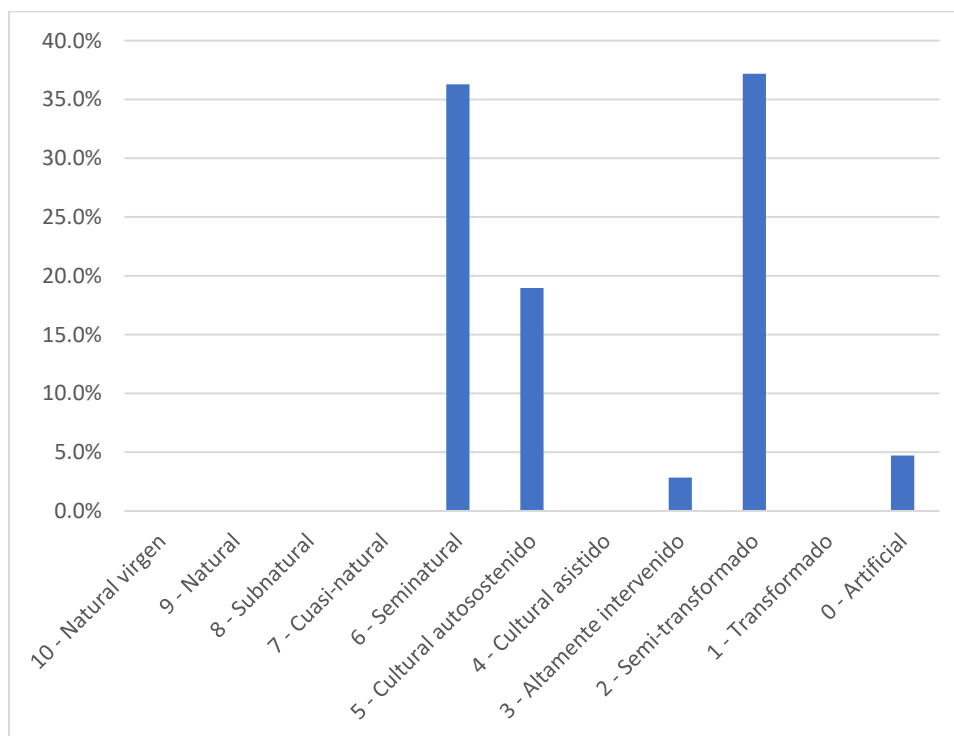
Figura 4-3 Niveles de naturalidad



Fuente: Elaboración propia

La medición de las áreas sumadas en cada nivel de naturalidad arroja el siguiente perfil de naturalidad para el polígono.

Figura 4-4 Perfil de naturalidad



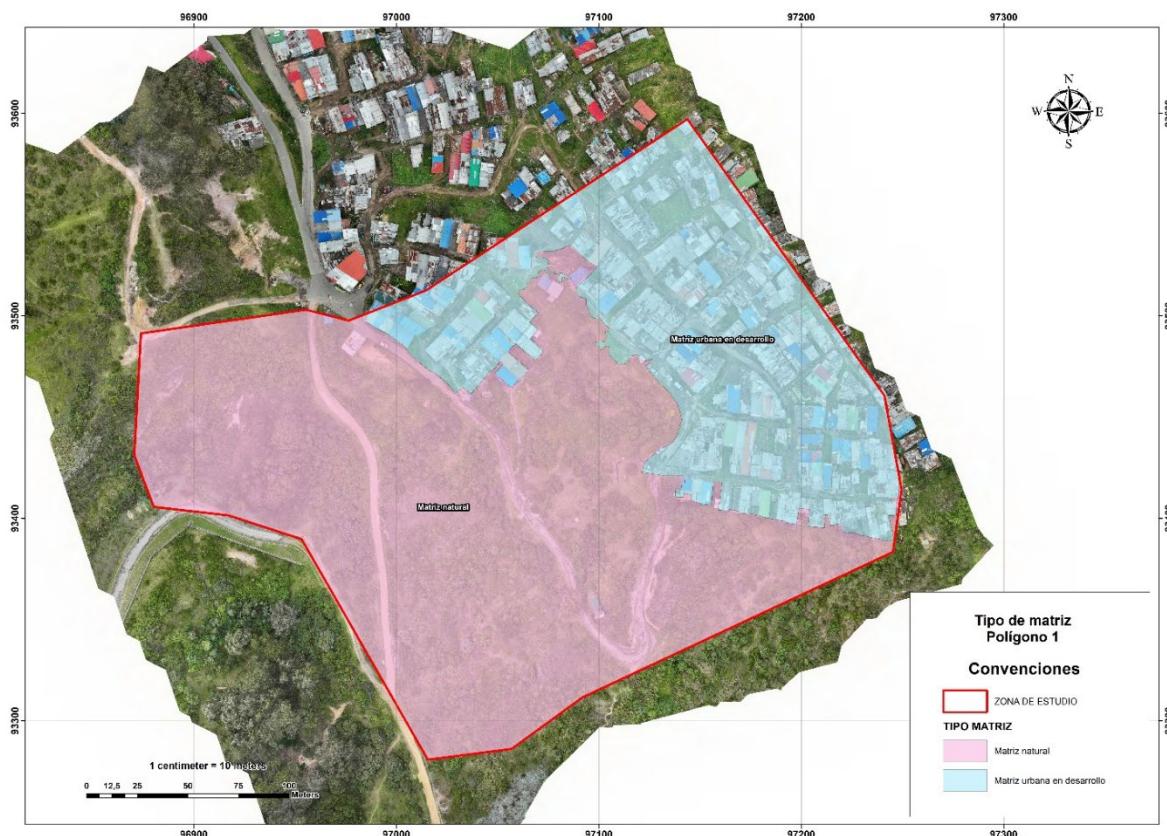
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 DEFINICIÓN DE MATRICES

El Polígono 1 no presenta una condición homogénea, sino una transición entre áreas de alta intervención urbana y sectores con mayor valor ambiental. Esta lectura resulta fundamental para orientar la formulación de Soluciones Basadas en la Naturaleza, diferenciando las áreas donde se deben priorizar acciones de conservación y fortalecimiento de coberturas seminaturales, de aquellas donde se requieren medidas de rehabilitación ambiental, revegetalización, manejo de escorrentía, control de erosión y recuperación de conectividad.

En este contexto, el Polígono 1 presenta una condición de borde urbano-ambiental, en la cual se reconoce una matriz seminatural asociada principalmente a coberturas vegetales continuas, arbustales, herbazales y áreas con potencial de restauración; y una matriz urbana en desarrollo, asociada a sectores ocupados, vías, zonas sin consolidación urbana completa y áreas con mayor presión antrópica.

Figura 4-5 Matrices polígono 1



Fuente: Elaboración propia

La identificación de estas matrices permite orientar de manera diferenciada el análisis de oferta ecosistémica, tensores territoriales, necesidades socioecológicas y oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). En este sentido, las matrices no solo representan unidades de cobertura o uso del suelo, sino unidades funcionales de análisis para la formulación de estrategias de conservación, recuperación, rehabilitación ambiental, manejo de escorrentía, estabilización superficial y restauración ecológica.

La Tabla 4-2 presenta la caracterización general de las matrices homogéneas identificadas para el Polígono 1.

Tabla 4-2 Caracterización de matrices homogéneas

Matriz	Caracterización	Parches	Área (ha.)
Matriz 1: Seminatural (Sn)	<p>Nivel de naturalidad: 5–6. Cultural auto-sostenido / Seminatural (CAs/SeN).</p> <p>Corresponde a los sectores del polígono con mayor continuidad de coberturas vegetales y menor grado relativo de transformación urbana. Esta matriz se encuentra asociada principalmente a coberturas de arbustales, herbazales, pastos y áreas con potencial de recuperación ecológica, en un contexto de borde urbano-ambiental relacionado con el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes.</p> <p>El área se localiza dentro de la zona de vida bosque seco Montañó Bajo (bs-MB), condición que incide en la composición, estructura y dinámica de la vegetación, así como en los procesos de sucesión natural y restauración ecológica. En esta matriz se reconocen coberturas dominadas por gramíneas, arbustales y especies vegetales adaptadas a condiciones secas de montaña, tales como ciro, corono, espino y tuno, entre otras.</p> <p>Aunque presenta una mayor expresión de elementos naturales y seminaturales frente al resto del polígono, también se evidencian intervenciones antrópicas puntuales, representadas por vías sin pavimentar, senderos y áreas erosionadas. Por lo anterior, esta matriz debe orientarse principalmente a acciones de conservación, protección del suelo, restauración ecológica, control de erosión, manejo de escorrentía y recuperación ambiental mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) o intervenciones híbridas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vía sin pavimentar. - Áreas erosionadas. - Senderos. - Pastos degradados o enmalezados puntuales. 	4,45
Matriz 2: Urbana en desarrollo (Ud)	<p>Nivel de naturalidad: 2. Semi-transformado (ST).</p> <p>Corresponde a los sectores con mayor presencia de ocupación urbana, viviendas, vías, superficies intervenidas y áreas transformadas por actividades antrópicas. Esta matriz se caracteriza por una urbanización no completamente consolidada, con presencia de edificaciones y vías, pero con limitaciones en la continuidad del espacio público, el sistema vial y la infraestructura de servicios.</p> <p>Las coberturas verdes dentro de esta matriz son reducidas, fragmentadas o residuales, y se encuentran asociadas principalmente a pastos degradados, pastos</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Pastos degradados; -Pastos enmalezados; 	2,29

Matriz	Caracterización	Parches	Área (ha.)
	<p>enmalezados y espacios remanentes entre áreas ocupadas. Debido a su condición de transformación, esta matriz presenta menor funcionalidad ecológica y mayor presión sobre el borde ambiental del polígono.</p> <p>Las acciones de intervención deben orientarse a la rehabilitación urbanística y ambiental, incorporación de áreas verdes, manejo de aguas superficiales, revegetalización de espacios residuales, recuperación de senderos, mejoramiento de la conectividad ecológica local y articulación de soluciones híbridas que permitan mejorar la relación entre el tejido urbano y las áreas seminaturales del polígono.</p>		

Fuente: Elaboración propia

La matriz seminatural (Sn) constituye el principal soporte ecológico del polígono, por lo cual las estrategias de intervención deben orientarse a la conservación, restauración ecológica, control de erosión, protección del suelo y manejo de escorrentía. Por su parte, la matriz urbana en desarrollo (Ud) concentra las mayores presiones antrópicas, por lo que requiere medidas de rehabilitación urbanística y ambiental, incorporación de infraestructura verde, recuperación de espacios residuales y articulación de soluciones híbridas que mejoren la transición entre el tejido urbano y las áreas de mayor naturalidad.

4.1.3 ANEXOS

- Figura de Naturalidad
- Figura de Matrices

4.2 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PARCHES

Una vez definidas las matrices homogéneas del polígono de estudio, se realiza la identificación y análisis de los parches presentes al interior de cada una de ellas. En términos de ecología del paisaje, los parches corresponden a unidades espaciales que difieren de la matriz dominante en la cual se encuentran insertas, ya sea por su cobertura, uso del suelo, grado de intervención, condición ambiental, función ecológica o dinámica territorial.

Para la evaluación de los parches se adoptaron los principios de ecología del paisaje propuestos por Dramstad, Olson y Forman (1996), los cuales permiten analizar la estructura espacial del paisaje a partir de sus componentes principales: parches, bordes y límites, corredores y conectividad, y mosaicos. Estos principios constituyen una herramienta para interpretar cómo la configuración espacial del territorio condiciona los flujos ecológicos, la conectividad, la fragmentación, el efecto de borde y la funcionalidad ambiental del paisaje.

En este marco, los parches se analizan a partir de tres atributos principales: tamaño, número y ubicación. El tamaño permite evaluar la proporción de hábitat interior y de borde, así como la capacidad del parche para sostener funciones ecológicas. El número permite reconocer condiciones de pérdida de hábitat, fragmentación o agrupamiento de parches. La ubicación permite analizar el aislamiento, la posibilidad de recolonización y la importancia estratégica de determinados parches dentro del mosaico territorial.

De manera complementaria, se analizan los bordes, límites y formas de los parches, dado que estos condicionan la interacción entre el parche y la matriz circundante. Los bordes pueden presentar diferentes grados de diversidad estructural, ancho, abruptidad o función como filtro; los límites pueden ser naturales o antrópicos, rectos, curvilíneos, duros o blandos; y la forma del parche puede influir en la proporción de hábitat interior, el efecto de borde y la interacción con el entorno.

Asimismo, se incorporan criterios asociados a corredores, rutas, barreras, redes y escala, con el fin de evaluar la conectividad funcional entre parches, la presencia de elementos lineales que facilitan o restringen movimientos, la estructura de redes ecológicas o urbanas y la pertinencia de la lectura espacial según la escala cartográfica empleada.

La codificación utilizada en el presente análisis se organiza de la siguiente manera:

Tabla 4-3 Codificación criterios de análisis de parches

Código	Principio asociado	Interpretación dentro del estudio
Tamaño		
P1	Hábitats y especies de borde	Al dividir un parche grande en dos más pequeños se crea un hábitat de borde adicional, lo que da lugar a poblaciones más numerosas y a un número ligeramente mayor de especies de borde, que suelen ser comunes o estar ampliamente distribuidas en el paisaje.
P2	Hábitat y especies del interior	La división de un parche grande en dos más pequeños elimina el hábitat interior, lo que provoca una reducción en el tamaño de las poblaciones y en el número de especies del interior, que a menudo son importantes para la conservación.
P3	Probabilidad de extinción local	Normalmente, un parche más grande alberga una población más numerosa de una especie determinada que un parche más pequeño, lo que reduce la probabilidad de que la especie (cuya población fluctúa) se extinga localmente en el área más grande.
P4	Extinción	La probabilidad de que una especie se extinga localmente es mayor si el parche es pequeño o si la calidad del hábitat es baja.
P5	Diversidad de hábitats	Es probable que un parche grande cuente con diversos hábitats y, por lo tanto, albergue un mayor número de especies que un parche pequeño.
P6	Barrera contra perturbaciones	Dividir un parche grande en dos más pequeños crea una barrera contra la propagación de ciertas perturbaciones.
P7	Beneficios de los parches grandes	Los parches grandes de vegetación natural son las únicas estructuras del paisaje que protegen los acuíferos y las redes de arroyos interconectadas, sostienen poblaciones viables de la mayoría de las especies del interior, proporcionan un hábitat central y refugio para la mayoría de los vertebrados con un área de distribución amplia, y permiten regímenes de perturbación casi naturales.
P8	Beneficios de los parches pequeños	Los parches pequeños que interrumpen extensas áreas de la matriz actúan como puntos de apoyo para el movimiento de las especies. También albergan algunas especies poco comunes donde los parches grandes están ausentes o, en casos excepcionales, no son adecuados para una especie. Por lo tanto, los parches pequeños proporcionan beneficios ecológicos diferentes y complementarios a los de los parches más grandes.
Cantidad		
P9	La pérdida de hábitat	La eliminación de un parche provoca la pérdida de hábitat, lo que a menudo reduce el tamaño de la población de una especie que depende de ese tipo de hábitat, y también puede reducir la diversidad de hábitats, lo que conduce a una menor cantidad de especies.
P10	Dinámica de la meta-población	La eliminación de un parche reduce el tamaño de una meta-población (es decir, una población que interactúa y se subdivide entre diferentes parches), lo que aumenta la probabilidad de extinciones locales dentro de los parches, ralentiza el proceso de recolonización y reduce la estabilidad de la meta-población.
P11	Número de parches grandes	Cuando un gran parche contiene casi todas las especies de ese tipo de parche en el paisaje, dos parches grandes pueden ser considerados el mínimo para mantener la riqueza de las especies. No obstante, cuando un parche contiene una porción limitada de especies, probablemente se requieran hasta cuatro o cinco parches grandes.
P12	Parches agrupados como hábitat	Algunas especies relativamente generalistas (R1) pueden, a falta de un parche grande, sobrevivir en varios parches más pequeños cercanos que, aunque por separado son insuficientes, en conjunto resultan adecuados.
Ubicación		
P13	Extinción	La probabilidad de que una especie se extinga localmente es mayor en un parche aislado. El aislamiento es en función no solo de la distancia, sino también de las características (es decir, resistencia) de la matriz de hábitat circundante.
P14	Recolonización	Un parche ubicado en las proximidades de otros parches tendrá una mayor

Código	Principio asociado	Interpretación dentro del estudio
		probabilidad de ser (re-) colonizado dentro de un intervalo de tiempo menos prolongado que un parche más aislado.
P15	Selección de parches para conservación	La selección de parches para la conservación debería basarse en: 1) su contribución al sistema general, es decir, qué tan bien la ubicación de un parche se relaciona o se vincula con otros parches en el paisaje o región; y 2) en características inusuales o distintivas, por ejemplo, si un parche tiene especies raras, amenazadas o endémicas.
Estructura de borde		
E1	Diversidad estructural de los bordes	Los bordes vegetativos con una gran diversidad estructural, ya sea vertical u horizontal, cuentan con una mayor riqueza de especies animales de borde.
E2	Ancho de borde	El ancho del borde varía alrededor de cada parche, siendo más ancho en los lados orientados hacia la dirección predominante del viento y la exposición solar.
E3	Límite administrativo y límite ecológico natural	Cuando el límite administrativo o político de un área protegida no coincide con un límite ecológico natural, la zona situada entre ambos límites suele adquirir características distintivas y puede actuar como zona de amortiguación, reduciendo la influencia del entorno en el interior del área protegida.
E4	Borde como filtro	Los bordes de los parches suelen funcionar como filtros, lo que atenúa las influencias del entorno en el interior del parche.
E5	Brusquedad del borde	Los bordes abruptos tienden a aumentar el movimiento de las especies a lo largo de un borde, mientras que si el borde es menos abrupto favorece el movimiento a través del borde.
Límites		
E6	Bordes naturales y humanos	La mayoría de los bordes naturales son curvilíneos, complejos y suaves, mientras que los seres humanos tienden a crear bordes rectos, simples y duros.
E7	Límites rectos y curvilíneos	Un límite recto suele presentar un mayor movimiento de especies a lo largo de él, mientras que un límite sinuoso tiende a presentar un mayor movimiento a través de él.
E8	Límites duros y blandos	En comparación con un límite recto entre dos áreas, un límite curvilíneo formado por "pequeños parches" puede ofrecer una serie de beneficios ecológicos, entre ellos una menor erosión del suelo y un mayor uso por parte de la vida silvestre.
E9	Curvilinealidad y ancho de los bordes	La curvilinealidad y el ancho de un borde se combinan para determinar la extensión total del hábitat de los bordes dentro de un paisaje.
E10	Ensenadas y lóbulos	La presencia de ensenadas y lóbulos a lo largo de un borde ofrece una mayor diversidad de hábitats que a lo largo de un borde recto, lo que favorece una mayor diversidad de especies.
Formas de los parches		
E11	Bordes y especies del interior	Un parche más irregular tendrá una mayor proporción de hábitat de borde, lo que aumentará ligeramente el número de especies de los bordes, pero reducirá drásticamente el número de especies del interior, incluidas aquellas de importancia para la conservación.
E12	Interacción con el entorno	Cuanto más compleja sea la forma de un parche, mayor será la interacción, ya sea positiva o negativa, entre el parche y la matriz circundante.
E13	Parche de forma ecológicamente "óptima"	Un parche ecológicamente óptimo proporciona varios beneficios ecológicos y, por lo general, tiene forma de "nave espacial", con un núcleo redondeado para la protección de los recursos, además de algunos límites curvilíneos y algunas ramificaciones para la dispersión de especies.
E14	Forma y orientación	Una zona orientada con su eje longitudinal paralelo a la ruta de dispersión de los individuos tendrá una menor probabilidad de ser (re)colonizada que una zona perpendicular a dicha ruta.
Corredores para el movimiento de especies		
C1	Controles sobre	El ancho y la conectividad son los principales factores que influyen en las cinco

Código	Principio asociado	Interpretación dentro del estudio
	las funciones de los corredores	funciones principales de los corredores, a saber: hábitat, conducto, filtro, fuente y sumidero.
C2	Eficacia de las brechas en los corredores	El efecto de una brecha en un corredor sobre el movimiento de una especie depende de la longitud de la brecha en relación con la escala de movimiento de la especie, y del contraste entre el corredor y la brecha.
C3	Similitud estructural frente a similitud florística	Es preferible que exista similitud en la estructura de la vegetación y en la florística (especies vegetales) entre los corredores y los parches grandes, aunque la similitud en la estructura por sí sola probablemente sea suficiente en la mayoría de los casos para el movimiento de especies en el interior de los parches grandes.
C4	Conectividad mediante <i>stepping stones</i> (parches de enlace).	Una serie de <i>stepping stones</i> (pequeños parches) presenta un nivel de conectividad intermedio entre un corredor y la ausencia de corredor; por lo tanto, también ofrece una capacidad intermedia para facilitar el movimiento de las especies de interior entre los parches.
C5	Distancia entre los <i>stepping stones</i> (parches de enlace)	En las especies que dependen en gran medida de la orientación visual, la distancia efectiva para desplazarse entre los <i>stepping stones</i> está determinada por la capacidad de percibir visualmente cada parche de enlace sucesivo.
C6	Pérdida de un <i>stepping stone</i> (parche de enlace)	La pérdida de un parche pequeño que funciona como un <i>stepping stone</i> para el movimiento entre otros parches normalmente inhibe el movimiento y, por lo tanto, incrementa el aislamiento de los parches.
C7	Conjunto de <i>stepping stones</i> (parches de enlace)	La disposición espacial óptima de un conjunto de <i>stepping stones</i> entre parches de mayor tamaño proporciona rutas alternativas o redundantes, al tiempo que mantiene una configuración general dispuesta linealmente entre dichos parches.
Barreras viales y cortavientos		
C8	Carreteras y otros corredores de tipo <i>trough</i>	Los corredores constituidos por carreteras, vías férreas, líneas de transmisión eléctrica y senderos tienden a ser completamente continuos, relativamente rectos y a estar sujetos a perturbaciones humanas frecuentes. En consecuencia, suelen actuar como barreras que subdividen las poblaciones de las especies en meta-poblaciones; como conductos, principalmente para las especies tolerantes a la perturbación; y como fuentes de erosión, sedimentación, especies exóticas y efectos humanos sobre la matriz.
C9	Erosión eólica y su control	Los vientos moderados reducen la fertilidad del suelo al arrastrar selectivamente partículas finas y transportarlas a largas distancias, mientras que los vientos más fuertes suelen desplazar partículas de tamaño mediano solo a unas decenas de metros. El control de la erosión eólica reduce el tamaño de los campos en la dirección predominante del viento y mantiene la vegetación, los surcos o los terrones de tierra, especialmente en zonas susceptibles a vórtices, turbulencias o flujos de aire aerodinámicos acelerados.
Corredores de arroyos y ríos		
C10	Corredor fluvial y sustancias disueltas	Las sustancias disueltas, como el nitrógeno, el fósforo y las toxinas, que ingresan a un corredor fluvial con vegetación son retenidas antes de alcanzar el cauce y afectar la calidad del agua, principalmente mediante la fricción, la absorción por las raíces, las arcillas y la materia orgánica del suelo. A su vez, estos mecanismos son más eficaces cuando el corredor es amplio y está cubierto por vegetación natural densa.
C11	Ancho del corredor para un cauce principal	Para mantener los procesos naturales, un corredor fluvial de segundo a cuarto orden aproximadamente: conserva un hábitat interior de tierras altas a ambos lados, lo suficientemente ancho como para controlar los aportes de sustancias disueltas de la matriz; proporciona un conducto para las especies interiores de

Código	Principio asociado	Interpretación dentro del estudio
		tierras altas; y ofrece un hábitat adecuado para las especies de llanura aluvial desplazadas por las inundaciones causadas por castores o la migración lateral del cauce.
C12	Ancho del corredor para un río	Para mantener los procesos naturales, el corredor de un río de aproximadamente quinto a décimo orden debe conservar un hábitat interior de tierras altas a ambos lados. Esto actúa como un corredor para las especies propias del interior de las tierras altas y para aquellas especies desplazadas por la migración lateral del cauce. Además, mantener al menos un “patrón en forma de escalera” de parches grandes que atraviesen la llanura de inundación proporciona una esponja hidrológica, retiene sedimentos durante las crecidas y aporta materia orgánica del suelo a la cadena alimentaria acuática, troncos que sirven de hábitat para los peces y hábitats para especies raras de la llanura de inundación.
C13	Conectividad de un corredor fluvial	La anchura y la longitud de un corredor fluvial con vegetación interactúan o se combinan para determinar los procesos que ocurren en el curso de agua. Sin embargo, un corredor fluvial continuo, sin interrupciones importantes, es esencial para mantener las condiciones acuáticas, como una temperatura baja del agua y un alto contenido de oxígeno disuelto. Sin estas condiciones, además de otros requisitos fisiológicos, no podrán mantenerse poblaciones viables de determinadas especies de peces, como las truchas.
Redes		
M1	Conectividad y circuitería de la red	La conectividad de una red (es decir, el grado en que todos los nodos están conectados mediante corredores), combinada con la circuitería de la red (es decir, el grado en que existen bucles o rutas alternativas), indica cuán simple o compleja es una red y proporciona un índice general de la eficacia de las conexiones para el desplazamiento de las especies.
M2	Bucles y rutas alternativas	Las rutas alternativas o los bucles dentro de una red reducen los efectos negativos de las brechas, las perturbaciones, los depredadores y los cazadores dentro de los corredores, aumentando así su eficiencia.
M3	Densidad de corredores y tamaño de malla	A medida que disminuye el tamaño de malla de una red, la probabilidad de supervivencia disminuye drásticamente para una especie que evita los corredores o que se ve inhibida por ellos.
M4	Efecto de intersección	En la intersección de los corredores de vegetación natural, suele haber algunas especies del interior, y la riqueza de especies es mayor que en cualquier otro lugar de la red.
M5	Especies en un parche pequeño conectado	Un parche pequeño o nodo conectado a una red de corredores probablemente tendrá un número ligeramente mayor de especies y una tasa de extinción local menor que un parche de igual tamaño separado de la red.
M6	Dispersión y parche pequeño conectado	Los parches pequeños o nodos situados a lo largo de una red existente son eficaces al proporcionar hábitat donde los individuos pueden detenerse y/o reproducirse, lo que da lugar a una mayor tasa de supervivencia de los individuos en dispersión y, por tanto, a un mayor número de individuos dispersándose dentro de la red.
Fragmentación y patrón		
M7	Pérdida de hábitat total frente a hábitat interior	La fragmentación reduce la extensión total de un tipo de hábitat concreto, pero, proporcionalmente, provoca una pérdida mucho mayor del hábitat interior.
M8	Parches fractales	La configuración fractal es una reacción natural a la transición, en la que los parches aislados suelen reaccionar ante una perturbación de manera similar a como lo haría un grupo. A medida que estos parches se hacen más pequeños o grandes, sus relaciones estructurales o su patrón se mantienen esencialmente iguales, hasta que ocurre una perturbación inusualmente fuerte.

Código	Principio asociado	Interpretación dentro del estudio
M9	Sub-urbanización, especies exóticas y áreas protegidas	En los paisajes que están experimentando un proceso de sub-urbanización y la consiguiente invasión de especies exóticas, una reserva de biodiversidad o natural puede protegerse contra los daños causados por los invasores mediante una zona (de amortiguación) con un control estricto de las especies exóticas.
Escala		
M10	Tamaño de grano de los mosaicos	Un paisaje de grano grueso que contiene áreas de grano fino es óptimo para proporcionar los beneficios ecológicos de los parches grandes, especies que utilizan múltiples hábitats, incluidos los seres humanos, y una amplia variedad de recursos y condiciones ambientales.
M11	Percepción animal de la escala de fragmentación	Un hábitat finamente fragmentado normalmente es percibido como un hábitat continuo por una especie con un amplio rango de desplazamiento, mientras que un hábitat con fragmentación gruesa es discontinuo para todas las especies, excepto para los animales grandes con mayor capacidad de desplazamiento.
M12	Especialistas y generalistas	Las especies especialistas son más propensas a verse afectadas negativamente por la fragmentación a pequeña escala que las especies generalistas de tamaño similar.
M13	Patrones de mosaico para especies con múltiples hábitats	Las especies que utilizan múltiples hábitats se ven favorecidas por los puntos de convergencia (lugares donde convergen tres o más hábitats), las adyacencias (diferentes combinaciones de tipos de hábitat contiguos) y la intercalación de hábitats (hábitats distribuidos de forma dispersa en lugar de agrupados).

Fuente: Dramstad, Olson y Forman (1996)

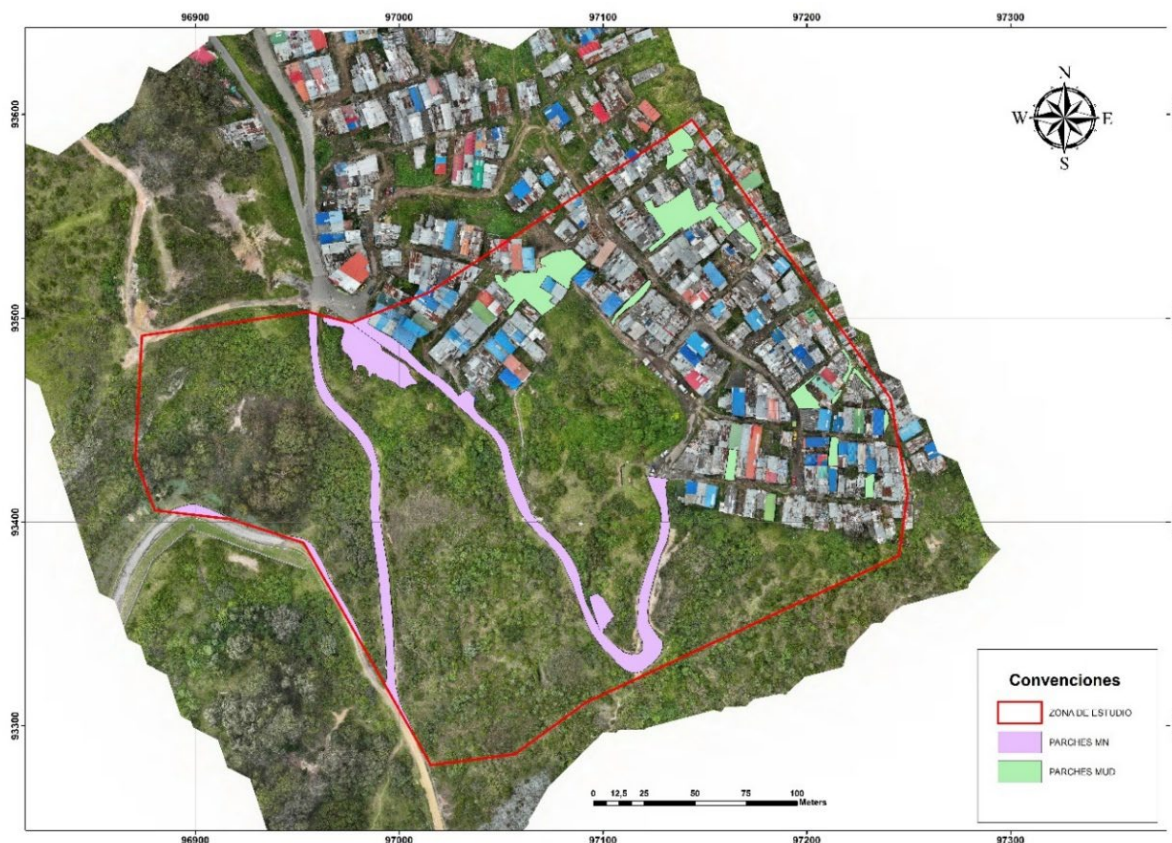
En términos de las matrices de la zona se identificaron los siguientes parches:

Tabla 4-4 Parches identificados por matriz

Matriz	Matriz dominante	Parches dentro de esa matriz
Seminatural (Sn)	Arbustales, herbazales, pastos y coberturas vegetales continuas	Vía sin pavimentar, senderos, viviendas puntuales, áreas erosionadas, zonas compactadas o intervenidas
Urbana en desarrollo (Ud)	Viviendas, vías, ocupación urbana y superficies intervenidas	Pastos enmalezados, pastos degradados, vacíos verdes, zonas permeables residuales

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-6 Parches identificados por matriz



Fuente: Elaboración propia

4.2.1 EVALUACIÓN DE PARCHES EN LA MATRIZ 1 SEMINATURAL

Previo a la formulación de alternativas de intervención, se realizó una lectura funcional de los parches identificados dentro de la matriz seminatural (S_n), con el fin de reconocer los elementos que interrumpen, fragmentan o modifican la continuidad de las coberturas vegetales dominantes y su incidencia sobre la funcionalidad ecológica, hidrológica y geomorfológica del polígono.

A diferencia de la matriz urbana en desarrollo, donde los parches corresponden principalmente a sectores verdes residuales, en la matriz seminatural los parches se asocian a elementos de intervención o perturbación insertos dentro de una cobertura predominantemente vegetal. En este caso, se identifican principalmente vías, senderos, caminos, áreas erosionadas, superficies intervenidas y zonas con pérdida localizada de

cobertura vegetal.

Esta evaluación permite reconocer cómo dichos parches inciden en la fragmentación de la matriz seminatural, en la generación de bordes antrópicos, en la alteración de la escorrentía superficial y en la posible activación o intensificación de procesos erosivos. A su vez, permite identificar oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), orientadas a la restauración ecológica, manejo de escorrentía, control de erosión, revegetalización de bordes y recuperación de la conectividad funcional.

Tabla 4-5 Evaluación de parches en la matriz 1 seminatural (Sn)

Componente evaluado	Principios aplicables	Condición identificada en la matriz Sn	Lectura funcional
Tamaño del parche	P1, P2, P3, P4, P6, P8	Los parches identificados corresponden principalmente a elementos lineales o áreas intervenidas de tamaño pequeño a mediano, tales como vías, senderos, caminos y sectores erosionados. Aunque no son extensos frente a la matriz seminatural, generan interrupciones locales en la continuidad vegetal.	Presentan una alta proporción de borde respecto a su área interior y pueden reducir la funcionalidad ecológica de la matriz. En algunos casos actúan como barreras o focos de perturbación; en otros, pueden convertirse en puntos de manejo o restauración.
Número de parches	P9, P10, P12	Se observa la presencia de varios parches de perturbación distribuidos dentro de la matriz seminatural, principalmente asociados a corredores de circulación, áreas sin cobertura y sectores con intervención antrópica puntual.	La presencia de múltiples parches evidencia fragmentación localizada y pérdida de continuidad de la cobertura vegetal. Sin embargo, su intervención articulada permitiría recuperar funcionalidad ecológica y reducir procesos de degradación.
Ubicación del parche	P13, P14, P15	Los parches se localizan principalmente en zonas de contacto entre la matriz seminatural y la matriz urbana, así como en sectores asociados a vías, senderos y áreas de escorrentía o tránsito informal.	Su ubicación es estratégica porque coincide con zonas de borde, transición y posible concentración de presiones antrópicas. Los parches cercanos a coberturas vegetales continuas tienen mayor potencial de recuperación y reintegración a la matriz seminatural.
Bordes	E1, E4, E5, E6, E7	Los bordes de los parches son predominantemente abruptos, especialmente en los contactos entre vías, senderos, áreas erosionadas y cobertura vegetal. En varios casos se trata de bordes de origen antrópico.	Estos bordes pueden favorecer el efecto de borde, la compactación, el pisoteo, la pérdida de cobertura y la concentración de escorrentía. Requieren manejo para evitar que se conviertan en frentes activos de degradación.
Límites	E6, E8, E9, E10	Los límites de los parches son mixtos: algunos son antrópicos, rectos o definidos por caminos y vías; otros son irregulares o curvilíneos, asociados a áreas erosionadas o pérdida progresiva de cobertura vegetal.	Los límites antrópicos tienden a generar transiciones duras con la matriz seminatural. Los límites irregulares aumentan la interacción con la cobertura circundante, pero también pueden ampliar la exposición a procesos erosivos y disturbios.
Forma del parche	E11, E12, E14	Predominan formas lineales, alargadas e irregulares, especialmente en vías, senderos y caminos. Las áreas erosionadas presentan formas más irregulares o discontinuas.	Las formas alargadas incrementan la longitud de borde y pueden actuar como líneas de fragmentación. Las formas irregulares aumentan la

Componente evaluado	Principios aplicables	Condición identificada en la matriz Sn	Lectura funcional
			interacción con la matriz, pero reducen la estabilidad ecológica del parche y favorecen la expansión de disturbios.
Corredores	C1, C2, C4, C5, C6, C7	Algunos parches lineales, como vías y senderos, funcionan actualmente como corredores de circulación humana, pero no necesariamente como corredores ecológicos. También pueden actuar como interrupciones en la conectividad vegetal.	Estos elementos pueden comportarse como barreras o como oportunidades de reconversión. Mediante manejo de bordes, revegetalización lateral y drenaje superficial, podrían transformarse en corredores verdes o franjas funcionales de conexión.
Rutas y barreras	C8, C10, C11, C12, C13	Las vías, caminos y senderos actúan como rutas de circulación y, al mismo tiempo, como barreras parciales para la continuidad ecológica. También pueden modificar las rutas de escorrentía superficial dentro de la matriz seminatural.	Su manejo es fundamental para evitar concentración de flujos, erosión lineal y pérdida de suelo. Pueden ser intervenidos mediante cunetas verdes, pasos permeables, revegetalización de bordes y control de escorrentía.
Redes	M1, M2, M5, M6	La matriz seminatural presenta una red de coberturas vegetales relativamente continua, pero fragmentada localmente por vías, senderos y áreas intervenidas.	La conectividad ecológica general puede fortalecerse si los parches de perturbación se manejan como puntos de restauración y si se reducen las discontinuidades entre coberturas vegetales.
Escala	M7, M8, M9, M10	El análisis a escala 1:2.000 permite identificar con detalle elementos lineales, bordes de intervención, caminos, senderos, áreas erosionadas y pequeñas discontinuidades dentro de la matriz seminatural.	La escala permite orientar intervenciones puntuales de restauración, estabilización superficial, manejo de bordes, control de erosión y recuperación de continuidad vegetal.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 EVALUACIÓN DE PARCHES EN LA MATRIZ 2 URBANA EN DESARROLLO

Previo a la formulación de alternativas de intervención, se realizó una lectura funcional de los parches identificados dentro de la matriz urbana en desarrollo (Ud), con el fin de reconocer su papel dentro del mosaico territorial y su potencial para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

Esta evaluación parte de la premisa de que los parches verdes residuales y vacíos permeables no deben entenderse únicamente como áreas remanentes dentro del tejido urbano, sino como elementos que pueden contribuir a mejorar la conectividad ecológica local, la permeabilidad del suelo, el manejo de la escorrentía superficial y la transición entre las áreas urbanizadas y la matriz seminatural del polígono.

Tabla 4-6 Evaluación de parches en la matriz 2 Urbana en desarrollo (Ud)

Componente evaluado	Principios aplicables	Condición identificada en la matriz Ud	Lectura funcional
Tamaño del parche	P1, P2, P3, P4, P8	Parches pequeños a medianos, con alta proporción de borde y baja área interior.	Funcionalidad ecológica individual limitada; sin embargo, pueden actuar como puntos de apoyo dentro del tejido urbano.
Número de parches	P9, P10, P12	Varios parches discontinuos dentro de la matriz urbana.	Evidencian fragmentación y pérdida de hábitat, pero pueden funcionar de manera agrupada si se conectan.
Ubicación del parche	P13, P14, P15	Algunos parches están aislados; otros se localizan próximos a la matriz seminatural.	Los parches cercanos a áreas seminaturales tienen mayor potencial como zonas de transición, recolonización y conexión funcional.
Bordes	E4, E5, E6, E7	Bordes predominantemente antrópicos, abruptos o condicionados por viviendas, vías y senderos.	Alto efecto de borde y baja protección frente a presiones externas.
Límites	E6, E8, E9, E10	Límites humanos, irregulares, curvilíneos o asociados al patrón de ocupación.	Mayor interacción con la matriz urbana, pero también mayor exposición a disturbios.
Forma del parche	E11, E12, E14	Formas irregulares, fragmentadas o alargadas.	Alta interacción con el entorno urbano y baja proporción de hábitat interior.
Corredores	C1, C2, C4, C5, C6, C7	Conectividad actual limitada, con posibilidad de conexión mediante senderos, bordes urbanos y vacíos permeables.	Los parches pueden funcionar como puntos de enlace si se articulan mediante elementos lineales verdes.
Rutas y barreras	C8	Vías y senderos actúan como barreras parciales, pero también como posibles ejes de intervención.	Pueden fragmentar la conectividad, pero también orientar corredores verdes o manejo de aguas.
Redes	M1, M2, M5, M6	Red verde fragmentada, con baja continuidad funcional.	Existe potencial de conformar una red local de parches conectados.
Escala	M7, M8, M9, M10	Análisis realizado a escala 1:2.000.	Permite identificar parches de relevancia local, vacíos urbanos, bordes, senderos y áreas permeables.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 ANEXOS

- Figura de Parches

4.3 IDENTIFICACIÓN DE OFERTA Y OPORTUNIDADES

En el marco del presente estudio, la identificación de oferta y oportunidades para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) se entiende como una lectura del territorio orientada a reconocer, por una parte, los servicios ecosistémicos existentes y potenciales, y por otra, las áreas o condiciones espaciales que pueden ser conservadas, recuperadas, rehabilitadas o transformadas para fortalecer la funcionalidad ecológica, la regulación hídrica, la protección del suelo y la adaptación al cambio climático.

La oferta se interpreta como la capacidad actual o potencial del territorio para proveer servicios ecosistémicos, tales como regulación hídrica, control de erosión, estabilización superficial, conectividad ecológica, provisión de hábitat, regulación microclimática y servicios culturales asociados al paisaje y al uso social del territorio.

Por su parte, las oportunidades corresponden a aquellos sectores, matrices, parches, corredores o áreas degradadas que, por su localización, condición ecológica, nivel de transformación, relación con la Estructura Ecológica Principal, presencia de suelos de protección o potencial de recuperación, pueden albergar medidas de SbN o intervenciones híbridas. Esta lectura permite pasar de una visión centrada únicamente en las problemáticas y tensores del territorio hacia una aproximación en la cual la naturaleza actúa como elemento estructurante para la reducción del riesgo, la restauración ecológica y la resiliencia climática.

Para el Polígono 1, la identificación de oferta y oportunidades se realiza a partir de la lectura de las matrices homogéneas, los parches identificados, las coberturas de la tierra, el sistema hídrico, las condiciones de riesgo, la relación con el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes y las dinámicas de ocupación presentes en el borde urbano-ambiental. Esta integración permite reconocer tanto los elementos naturales y seminaturales que deben conservarse o fortalecerse, como los sectores transformados o degradados que pueden convertirse en espacios funcionales para la implementación de SbN.

4.3.1 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La UICN adopta la definición de servicios ecosistémicos de la evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés), que define estos servicios como aquellos

beneficios que los ecosistemas brindan a los seres humanos , y reconoce que su uso es un componente clave de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para abordar los desafíos sociales y ambientales, como el cambio climático y la reducción del riesgo de desastres. Estos beneficios pueden ser materiales (alimentos, agua) e intangibles (regulación del clima), e incluyen acciones para proteger, gestionar y restaurar ecosistemas con el fin de mantener tanto el bienestar humano como la biodiversidad, (Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment / Synthesis), (UN, 2005).

Colombia adoptó la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), que promueve la gestión integral (conservación, uso sostenible, restauración y generación de conocimiento) de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos como marco para la toma de decisiones territoriales y para desarrollar planes de acción sectoriales y locales, (MADS M. d., 2012).

Los servicios ecosistémicos se clasifican por tipo y por espacialidad.

De acuerdo con la evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA) los servicios ecosistémicos se agrupan en 4 categorías según su tipo:

- Servicios ecosistémicos de soporte: procesos ecológicos que sostienen la producción de todos los demás servicios. Ejemplos: ciclo de nutrientes, formación de suelo, polinización de cultivos.
- Servicios ecosistémicos de regulación: beneficios derivados de la regulación de procesos ecológicos. Ejemplos: regulación del clima (secuestro de carbono), control de inundaciones, purificación del agua, control de plagas y enfermedades, estabilización de suelos.
- Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento: productos materiales que los ecosistemas suministran. Ejemplos: alimentos, agua para consumo, madera para mejoramiento de fincas, leña para cocinar, plantas aromáticas, condimentarias y medicinales, fibras, recursos genéticos, etc.
- Servicios ecosistémicos culturales: beneficios no materiales que contribuyen al bienestar y valores sociales. Ejemplos: recreación, turismo de naturaleza, valores espirituales, identidad cultural, educación y ciencia, (UN, 2005).

Para tomar decisiones de ordenamiento territorial, también pueden clasificarse según su espacialidad, es decir, mediante la dinámica y la relación espacial entre las áreas donde se generan y las áreas donde se consumen:

- **Servicios ecosistémicos locales:** son aquellos que se generan en estructuras y procesos ecológicos de escala local y que deben existir dentro de las áreas y poblaciones beneficiadas. Ej.: los servicios prestados por el arbolado urbano o el arbolado rural, tales como estabilización del suelo, control de contaminantes, mitigación del ruido, sombra, etc. Estos servicios se prestan en los mismos espacios donde se consumen y no sirve que estén en otros.
- **Servicios ecosistémicos frecuentados:** son aquellos que para ser disfrutados requieren el desplazamiento de los usuarios a las áreas o ecosistemas que los suministran. Ej.: los parques urbanos, las áreas naturales protegidas abiertas al turismo, las playas públicas, los miradores, los sitios de pesca, caza o recolección, las rutas y lugares de peregrinación religiosa o pagamento, etc.
- **Servicios ecosistémicos captados:** son los que se aprovechan mediante su captación en un territorio y su transporte mediante redes de infraestructura y logística a los centros de consumo. Ej.: las cuencas abastecedoras de los distritos de riego o de los acueductos urbanos; las áreas productoras de alimentos que abastecen a otras regiones o ciudades.
- **Servicios ecosistémicos afluentes:** son los que se generan en un área y benefician a las poblaciones y actividades en otras, conducidos a través de estructuras hidráulicas naturales como las cuencas hidrográficas, las inundaciones de los ríos.
- **Servicios ecosistémicos regionales:** son los que se producen en determinadas áreas y ecosistemas y benefician una región amplia, con independencia de las estructuras hidráulicas naturales. Pueden estar asociados a corredores ecológicos, ecosistemas estratégicos o a procesos geológicos o atmosféricos. Ej.: la polinización, el control biológico de vectores, la conectividad biológica.
- **Servicios ecosistémicos globales:** son los que benefician a la totalidad del planeta sin que pueda diferenciarse en la suma global, el aporte de un área geográfica determinada. Ej.: el control de la contaminación marina, la captura de gases de efecto de invernadero.

Los servicios ecosistémicos identificados en el territorio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4-7 Servicios ecosistémicos identificados

Matriz	Estructura ecológica territorial / que genera el servicio	Servicio ecosistémico o identificado	Tipo de servicio	Espacialidad	Beneficio territorial
Matriz seminatural I (Sn)	Coberturas de arbustal denso, arbustal abierto mesófilo, herbazales, pastos y plantación de latifoliadas	Regulación de escorrentía superficial	Regulación	Local / afluente	Reduce la velocidad del flujo superficial, favorece retención temporal del agua y disminuye la concentración de escorrentía hacia zonas bajas o intervenidas.
	Cobertura vegetal continua y sistema radicular de herbazales, arbustales y pastos	Protección del suelo y control de erosión	Regulación	Local	Contribuye a disminuir la pérdida de suelo, proteger taludes y reducir la susceptibilidad a procesos erosivos superficiales.
	Suelos permeables, cobertura vegetal y zonas no endurecidas	Formación y conservación del suelo	Soporte / sostenimiento	Local	Mantiene procesos de formación, retención y protección del suelo, esenciales para la restauración ecológica y la estabilidad superficial.
	Relación con el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes y coberturas seminaturales	Conectividad ecológica	Soporte / regulación	Local / afluente	Favorece la continuidad funcional entre coberturas vegetales, parches y corredores, fortaleciendo la estructura ecológica del borde urbano-ambiental.
	Arbustales, herbazales y coberturas vegetales existentes	Hábitat para flora y fauna urbana/periurbana	Soporte	Local	Proporciona refugio, alimento y condiciones de tránsito para especies asociadas al borde del Parque Entrenubes.
	Cobertura vegetal, paisaje de ladera y borde del Parque Entrenubes	Valor paisajístico, recreación pasiva y educación ambiental	Cultural	Frecuentado / local	Aporta al reconocimiento del paisaje, apropiación social del territorio, educación ambiental y uso recreativo compatible.
Matriz urbana en desarrollo (Ud)	Parches verdes residuales, vacíos permeables, pastos degradados y pastos enmalezados	Regulación local de escorrentía	Regulación	Local	Permite conservar o recuperar áreas permeables dentro del tejido urbano, reduciendo escorrentía superficial y aportando al manejo hídrico local.
	Parches verdes residuales y zonas de transición urbano-seminatural	Amortiguación entre tejido urbano y matriz seminatural	Regulación / soporte	Local	Disminuye el contacto abrupto entre áreas construidas y coberturas vegetales, reduciendo presión antrópica sobre la matriz seminatural.
	Vacíos urbanos, bordes de senderos, áreas verdes	Potencial de conectividad ecológica	Soporte	Local	Puede funcionar como red de pequeños parches conectados mediante

Matriz	Estructura ecológica territorial / que genera el servicio	Servicio ecosistémico o identificado	Tipo de servicio	Espacialidad	Beneficio territorial
	residuales	local			franjas verdes, senderos permeables o infraestructura verde.
	Áreas erosionadas, bordes de vías y senderos	Control de erosión y estabilización superficial potencial	Regulación	Local	Identifica zonas donde la recuperación de cobertura vegetal y manejo de aguas puede reducir procesos de degradación.
	Espacios verdes residuales y áreas de borde barrial	Mejoramiento paisajístico y apropiación comunitaria	Cultural	Local / frecuentado	Puede aportar al mejoramiento del entorno urbano, generación de espacios de encuentro, educación ambiental y corresponsabilidad comunitaria.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la evaluación realizada, la mayor oferta ecosistémica del Polígono 1 se concentra en la matriz seminatural, debido a su relación con el Parque Entrenubes, la presencia de coberturas vegetales y su papel en la regulación hídrica, protección del suelo, conectividad ecológica y provisión de hábitat. No obstante, la matriz urbana en desarrollo también presenta una oferta potencial relevante, principalmente asociada a parches verdes residuales, vacíos permeables y zonas de transición que pueden ser recuperadas para mejorar la regulación de escurrimiento, reducir procesos erosivos, aumentar la permeabilidad urbana y fortalecer la conectividad local.

4.3.2 OPORTUNIDADES

La estructura ecológica principal se encuentra comprendida por todos los elementos naturales que mantienen y sostienen la biodiversidad, esto comprendiendo que el territorio debe ser planificado alrededor de los recursos naturales (SDA, 2020). Esta se convierte en una herramienta técnica para la toma de decisiones que incorporan las dinámicas ecosistémicas que dan sustento al desarrollo del territorio en los procesos de monitoreo, gestión, planificación de los recursos naturales y ordenamiento territorial (Morales, 2020).

El área de estudio presenta una relación directa con elementos de la Estructura Ecológica Principal —EEP—, particularmente con el área ambiental asociada al Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes – Cerro Juan Rey y con sectores identificados como áreas de resiliencia climática y protección por riesgo. Esta condición permite reconocer que el

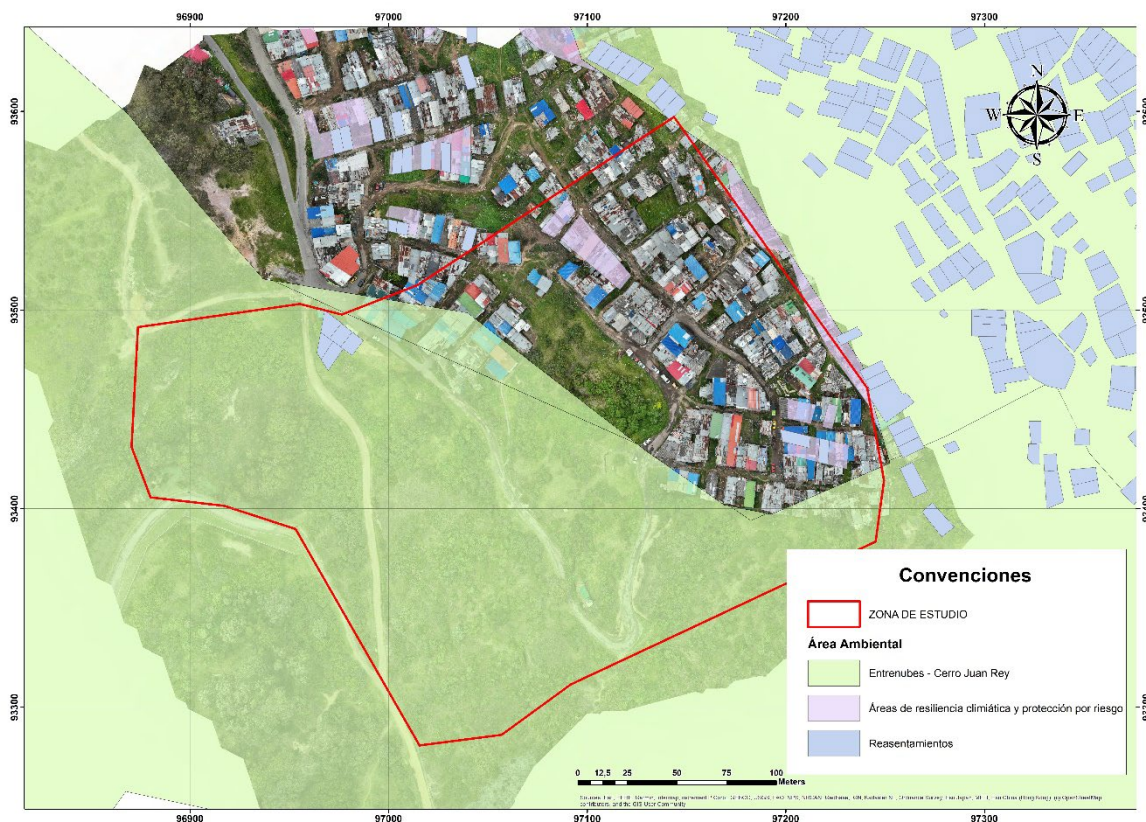
polígono no corresponde únicamente a un borde urbano en proceso de ocupación, sino a un territorio de transición urbano-ambiental en el que confluyen dinámicas de ocupación informal, áreas con valor ecosistémico, zonas de protección y sectores con restricciones asociadas al riesgo.

El área ambiental de Entrenubes – Cerro Juan Rey se constituye en el principal elemento estructurante del componente ecológico del polígono, al conformar una matriz de soporte para la conservación, restauración y conectividad ambiental. Su presencia dentro y alrededor del área de estudio permite orientar las intervenciones hacia la protección de coberturas vegetales, la recuperación de suelos degradados, el fortalecimiento de la conectividad ecológica y la consolidación de una franja de borde que limite la expansión urbana no regulada hacia sectores de mayor valor ambiental. En este sentido, las acciones propuestas deben propender por mantener el efecto protector del área ambiental, evitando nuevas ocupaciones, endurecimientos del suelo o intervenciones incompatibles con su función de conservación.

Adicionalmente, en el plano se identifican áreas de resiliencia climática y protección por riesgo, localizadas principalmente en sectores ocupados o próximos a ocupaciones urbanas dentro del borde del polígono. Estas áreas adquieren especial relevancia debido a que cumplen una doble función: por una parte, están asociadas a la protección de la vida y la reducción de la exposición de comunidades frente a condiciones de amenaza o riesgo; y por otra, se integran como espacios con potencial para recuperar funciones ambientales, mejorar la permeabilidad del suelo, controlar procesos de erosión y aportar a la adaptación climática del territorio. En este tipo de áreas, la ocupación urbana permanente y los nuevos desarrollos residenciales resultan incompatibles con los objetivos de protección, por lo que su manejo debe orientarse a la restauración, revegetalización, estabilización superficial y recuperación del espacio ambiental.

Desde la perspectiva de Soluciones Basadas en la Naturaleza, estas áreas representan oportunidades para transformar sectores actualmente presionados por la ocupación o degradación en espacios funcionales para la reducción del riesgo y la recuperación ecosistémica.

Figura 4-7 Oportunidades identificadas en el polígono de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-8 Áreas identificadas como oportunidades

MATRIZ	CATEGORÍA	ÁREA DE LA CAPA (Ha)
MUD	Parque Distrital Ecológico de Montaña	0.281
	Áreas de resiliencia climática y protección por riesgo	0.149
	Pedios de reasentamiento	0.015
MN	Parque Distrital Ecológico de Montaña	4.107
	Pedios de reasentamiento	0.035

Fuente: Elaboración propia a partir de POT e IDIGER

4.3.3 ANEXOS

Figura de Oportunidades.

4.4 IDENTIFICACIÓN DE TENSORES Y NECESIDADES (PROBLEMAS Y NECESIDADES SOCIO ECOLÓGICAS)

La identificación de tensores y necesidades socioecológicas permite reconocer los factores de presión que inciden sobre la funcionalidad ambiental, la estabilidad física y la capacidad de adaptación del territorio. Estos tensores corresponden a condiciones, procesos o dinámicas que generan degradación, transformación o conflicto entre el uso actual del suelo, las determinantes ambientales, las condiciones de amenaza y las necesidades sociales presentes en el área de estudio.

Para el presente análisis, los tensores se agrupan en cuatro categorías principales: uso, ocupación, contaminación y especies invasoras / pérdida de conectividad. Esta clasificación permite ordenar la lectura territorial y diferenciar los factores asociados a la presión urbana, la transformación física del terreno, la alteración del sistema hídrico, la presencia de amenazas socionaturales y la degradación ambiental.

En la siguiente tabla se presentan los tensores identificados en el área de estudio, los cuales constituyen la base para definir las necesidades socioecológicas del polígono y orientar la posterior formulación de Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Tabla 4-9 Tensores identificados en el área de estudio

Uso	Avance de la frontera urbana de Bogotá
	Ocupación incompatible
Ocupación	Cambio en el patrón de drenaje: Drenaje natural vs Drenaje actual y Estructuras Hidráulicas presentes
	Llenos y cortes antrópicos.
	Amenazas socionaturales (Movimientos en Masa, Avenidas Torrenciales, Inundaciones e Incendios Forestales).
	Explotación minera
Especies invasoras	Retamo Espinoso

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 USO DEL SUELO

El uso del suelo se analiza como un tensor en la medida en que permite identificar conflictos entre la vocación ambiental del territorio, las determinantes de ordenamiento y las formas actuales de ocupación. En el Polígono 1, esta condición se evidencia en la interacción entre

áreas urbanizadas, sectores con cobertura vegetal, el área ambiental asociada a Entrenubes – Cerro Juan Rey, las áreas de resiliencia climática y protección por riesgo y los predios vinculados a procesos de reasentamiento.

A partir de los análisis efectuados, se observa que el polígono presenta una condición de borde urbano-ambiental, donde las dinámicas de ocupación se encuentran próximas o superpuestas a sectores con restricciones ambientales y de riesgo. En este contexto, el tensor de uso del suelo no se relaciona únicamente con la presencia de urbanización, sino con la incompatibilidad entre algunos usos existentes y la función de protección, restauración y reducción del riesgo que deberían cumplir determinadas áreas del territorio.

Para el Polígono 1, el avance de la frontera urbana no se interpreta como un proceso de expansión reciente hacia una periferia rural, sino como una presión urbana localizada sobre el borde ambiental del área de estudio. El polígono presenta sectores ya ocupados y consolidados, así como áreas en contacto directo con coberturas vegetales y zonas ambientales asociadas a Entrenubes – Cerro Juan Rey.

4.4.1.1 Ocupación incompatible

La ocupación incompatible constituye uno de los tensores más relevantes del Polígono 1, debido a la presencia de áreas construidas o intervenidas en sectores donde existen determinantes ambientales, restricciones por riesgo o necesidades de recuperación ecológica. Esta condición se relaciona con la brecha entre el uso actual del suelo y la función que deberían cumplir determinadas áreas dentro del ordenamiento territorial, especialmente aquellas asociadas a protección ambiental, resiliencia climática, reducción del riesgo y conectividad ecológica.

En el área de estudio, este tensor se evidencia principalmente en la interacción entre la ocupación urbana existente y los elementos de la Estructura Ecológica Principal —EEP—, particularmente el área ambiental asociada a Entrenubes – Cerro Juan Rey, las áreas de resiliencia climática y protección por riesgo y los sectores vinculados a reasentamientos. Estas categorías permiten identificar zonas donde la permanencia, consolidación o expansión de usos urbanos resulta incompatible con las condiciones físicas, ambientales y normativas del territorio.

Sistema Distrital de Áreas Protegidas (EEP):

Corresponde a áreas con función principal de conservación, restauración y preservación de valores ecológicos, paisajísticos y culturales. Para el caso del Polígono 1, esta condición se asocia con el área ambiental de Entrenubes – Cerro Juan Rey, la cual actúa como soporte ecológico del borde urbano-ambiental. En estos sectores, las intervenciones deben orientarse a la protección de coberturas, la recuperación de áreas degradadas y el mantenimiento de la conectividad ecológica, evitando procesos de ocupación, densificación o endurecimiento del suelo que puedan afectar su función ambiental.

Áreas de Resiliencia Climática y Protección por Riesgo (EEP):

Estas áreas tienen como finalidad principal reducir la exposición de la población frente a condiciones de amenaza o riesgo, al tiempo que se integran a la EEP como espacios complementarios para la conservación y la adaptación climática. Por su condición, no son compatibles con procesos de urbanización permanente ni con nuevos desarrollos residenciales. Su manejo debe orientarse a la preservación, restauración ecológica, revegetalización, estabilización superficial, manejo de escorrentías y generación de espacios de bajo impacto que contribuyan a la seguridad territorial y a la recuperación ambiental.

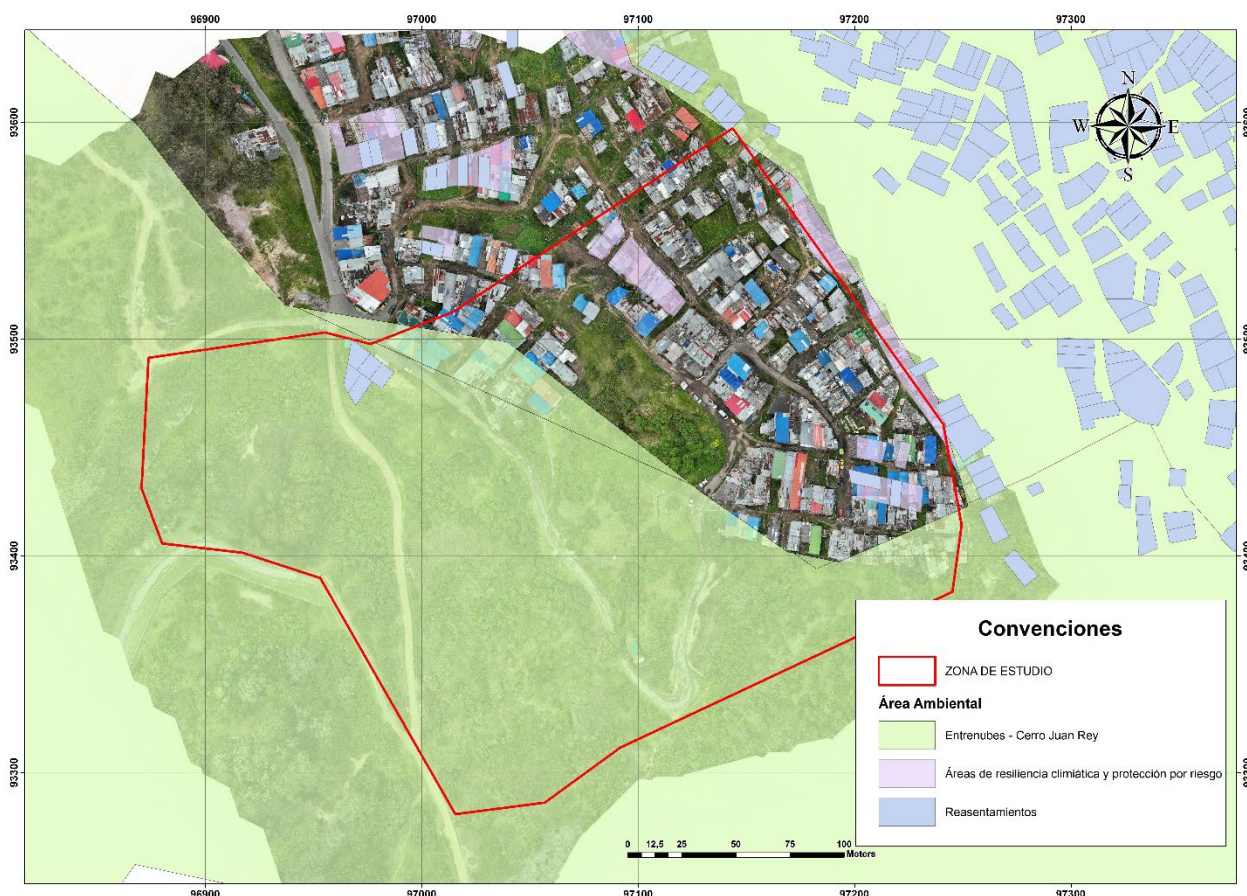
Reasentamientos:

Los sectores asociados a procesos de reasentamiento representan áreas donde se ha identificado una condición de riesgo o restricción que hace necesaria la reducción de la exposición de la población. Una vez liberados, estos predios requieren medidas de control, manejo y seguimiento para evitar procesos de reinvasión o nuevas ocupaciones informales. En este sentido, los reasentamientos no deben entenderse únicamente como una acción de gestión social del riesgo, sino como una oportunidad para recuperar suelo con función ambiental, consolidar franjas de protección, generar espacios públicos de bajo impacto y fortalecer la transición entre el tejido urbano y las áreas ambientales del polígono.

De esta manera, la ocupación incompatible en el Polígono 1 se configura como una necesidad socioecológica prioritaria, en tanto exige articular la gestión del suelo, la reducción del riesgo y la restauración ambiental. Su manejo debe orientarse a limitar nuevas ocupaciones en áreas sensibles, recuperar sectores con restricciones, consolidar un borde

urbano-ambiental claro y fortalecer la relación funcional entre las zonas urbanas y las áreas ambientales del polígono.

Figura 4-8 Ocupación incompatible



Fuente: Elaboración propia a partir de POT e IDIGER

4.4.2 OCUPACIÓN

El grupo de tensores asociados a la ocupación permite identificar las transformaciones físicas del territorio generadas por la intervención antrópica, especialmente aquellas relacionadas con la modificación del drenaje natural, la conformación de llenos y cortes, y la presencia de amenazas socionaturales. En el Polígono 1, estos tensores adquieren especial relevancia debido a la interacción entre áreas urbanizadas, laderas intervenidas, coberturas vegetales, drenajes superficiales y sectores con antecedentes o condiciones potenciales de inestabilidad.

A diferencia de los tensores asociados exclusivamente al uso del suelo, los tensores de ocupación permiten entender cómo la forma en que se ha ocupado y transformado el terreno puede modificar su comportamiento físico e hidrológico. En este sentido, la urbanización sobre áreas de ladera, la alteración de cauces o líneas de escorrentía, la disposición de llenos no conformados técnicamente y los cortes realizados sin criterios geotécnicos pueden generar condiciones favorables para la concentración de aguas, la erosión superficial, la pérdida de soporte lateral y la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Para el presente polígono, el análisis de ocupación se desarrolla a partir de la revisión del patrón de drenaje, la identificación de llenos y cortes antrópicos, la cartografía de amenazas suministrada por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER) y los procesos reportados en el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático (SIRE), complementados con la interpretación de campo realizada por los componentes de geología y geotecnia.

4.4.2.1 Cambio en el patrón de drenaje

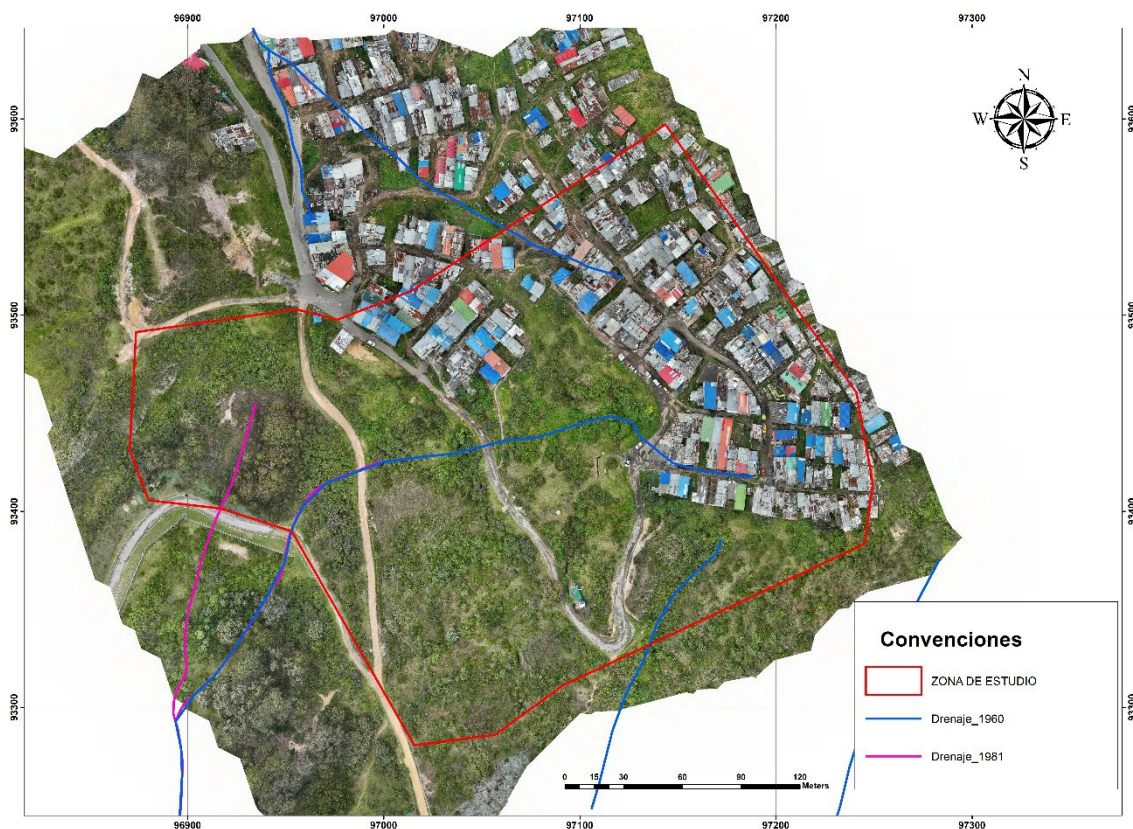
El cambio en el patrón de drenaje constituye un tensor relevante dentro del Polígono 1, debido a que la ocupación urbana y las intervenciones antrópicas han modificado parcialmente las condiciones naturales de escorrentía superficial. En áreas de ladera, los drenajes naturales cumplen una función fundamental en la conducción del agua lluvia hacia las zonas bajas; sin embargo, cuando estos son interrumpidos, desviados, rellenados o reemplazados por drenajes informales o estructuras hidráulicas insuficientes, se pueden generar puntos de concentración de flujo, encharcamientos, erosión localizada e incremento de humedad en el terreno.

La comparación entre los drenajes interpretados para los años 1960 y 1981 permite reconocer variaciones en la configuración de las líneas de escorrentía dentro y en el entorno del polígono. En particular, se observa que algunos drenajes históricos atraviesan sectores que actualmente presentan ocupación urbana o áreas intervenidas, lo cual sugiere una transformación de las condiciones naturales de conducción de aguas. Esta situación es importante porque los sectores urbanizados sobre antiguos pasos de drenaje tienden a comportarse como puntos bajos o zonas de acumulación, favoreciendo procesos de

saturación, pérdida de suelo, erosión superficial y posibles mecanismos de inestabilidad.

En este contexto, el cambio en el patrón de drenaje no debe entenderse únicamente como una modificación cartográfica del cauce o de la escorrentía, sino como un factor que puede incidir directamente en la estabilidad del terreno. La pérdida de continuidad de los drenajes naturales, sumada a la presencia de superficies endurecidas, rellenos, vías y construcciones, puede aumentar la velocidad y concentración del flujo superficial, generando afectaciones tanto en las zonas urbanizadas como en las áreas de borde ambiental.

Figura 4-9 Cambio en el patrón de drenaje



Fuente: Elaboración propia a partir de IGAC

4.4.2.2 Llenos y cortes antrópicos

Los llenos y cortes antrópicos corresponden a modificaciones directas de la topografía original del terreno, generalmente asociadas a procesos de urbanización, adecuación de lotes, apertura de vías, disposición de materiales o conformación de plataformas para vivienda. En el Polígono 1, estos elementos representan un tensor importante, en la medida en que pueden alterar el equilibrio natural de las laderas y generar zonas con mayor susceptibilidad a procesos de inestabilidad.

Los llenos antrópicos no conformados técnicamente son especialmente relevantes desde el punto de vista geotécnico, debido a que suelen estar compuestos por materiales heterogéneos, sin control de compactación, con baja calidad estructural y alta variabilidad en su comportamiento. Estos materiales pueden presentar asentamientos diferenciales, pérdida de resistencia ante el incremento de humedad, erosión interna o deformaciones progresivas, particularmente cuando se localizan en zonas de pendiente o en sectores donde se concentra la escorrentía superficial.

Por su parte, los cortes antrópicos pueden afectar la estabilidad natural de las laderas al modificar su geometría, incrementar la pendiente local, retirar soporte lateral o exponer materiales susceptibles a meteorización y erosión. Cuando estos cortes no cuentan con manejo adecuado de aguas, protección superficial o estructuras de contención, pueden convertirse en focos de degradación progresiva del terreno.

En el mapa de llenos y cortes antrópicos se identifican sectores puntuales dentro del polígono donde estas intervenciones coinciden con áreas urbanizadas o zonas de borde. Esta condición resulta relevante para el análisis de necesidades socioecológicas, ya que dichos sectores pueden requerir medidas de manejo de aguas, revegetalización, estabilización superficial, control de erosión y restricción de nuevas ocupaciones.

Figura 4-10 Llenos y cortes antrópicos



Fuente: Elaboración propia

4.4.2.3 Amenazas socionaturales

Las amenazas socionaturales corresponden a procesos físicos cuya ocurrencia o intensidad puede estar condicionada por la interacción entre factores naturales y actividades humanas. En el Polígono 1, estas amenazas se relacionan principalmente con movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundación e incendios forestales, las cuales fueron analizadas a partir de la información cartográfica disponible del IDIGER y de los eventos reportados en el SIRE.

El análisis de estas amenazas permite identificar sectores donde la ocupación actual, la transformación del terreno, la modificación del drenaje y la presencia de coberturas vegetales pueden generar condiciones de exposición o vulnerabilidad. Por tanto, su revisión no solo tiene un propósito diagnóstico, sino que también orienta la definición de

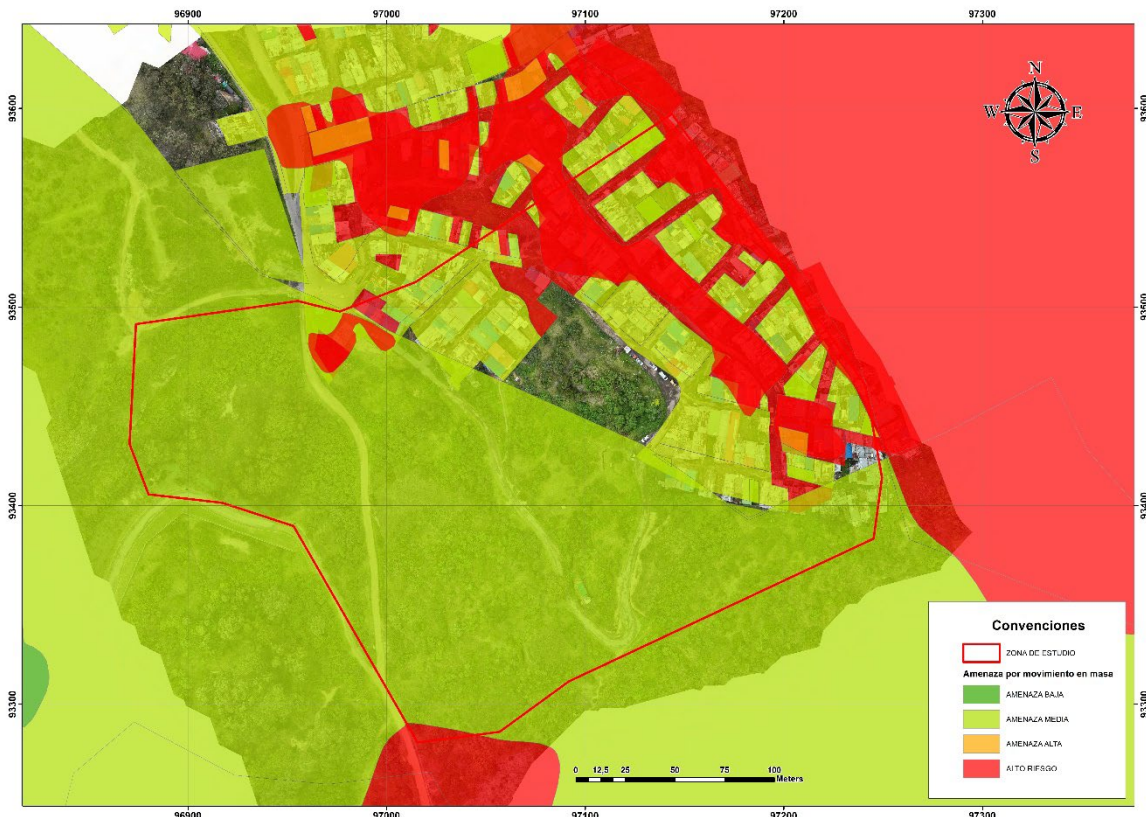
necesidades de manejo territorial, reducción del riesgo y formulación de Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Amenaza por movimientos en masa:

La amenaza por movimientos en masa constituye una de las condiciones más relevantes para el Polígono 1, debido a su localización en un entorno de ladera, la presencia de pendientes variables, sectores urbanizados, cortes, llenos antrópicos y modificaciones en el patrón de drenaje. La cartografía de amenaza por movimientos en masa muestra una distribución diferenciada dentro del área de estudio, con sectores clasificados en amenaza baja, media, alta y zonas de alto riesgo.

Las zonas urbanizadas y de borde presentan especial importancia, ya que en ellas se combinan factores como intervención del terreno, manejo insuficiente de aguas superficiales, presencia de vías, viviendas y posibles rellenos. Esta condición puede incrementar la susceptibilidad a procesos de inestabilidad, especialmente cuando existe concentración de escorrentía o pérdida de cobertura vegetal protectora.

Figura 4-11 Amenaza por movimientos en masa



Fuente: Elaboración propia a partir de IDIGER

Amenaza por inundación

De acuerdo con la cartografía de amenaza por inundación, el Polígono 1 no presenta una condición significativa de amenaza por este fenómeno. En la información disponible predominan sectores clasificados como “sin dato” y áreas puntuales “sin amenaza”, lo cual es coherente con la localización del polígono en una zona alta o de divisoria relativa, donde no se identifican cauces principales ni planicies de inundación dentro de la zona de estudio.

No obstante, la ausencia de amenaza por inundación no implica que el manejo del agua superficial sea irrelevante. Por el contrario, en sectores de ladera, la escorrentía concentrada puede generar procesos de erosión, saturación localizada, deterioro de vías, afectación de rellenos y activación de procesos de inestabilidad. Por esta razón, aunque la inundación no constituye una amenaza dominante para el polígono, el manejo de aguas

lluvias debe considerarse dentro de las acciones de adaptación, especialmente en los sectores urbanizados y en las zonas donde se ha modificado el patrón de drenaje natural.

Figura 4-12 Amenaza por inundación



Fuente: Elaboración propia a partir de IDIGER

Amenaza por avenidas torrenciales

La cartografía de amenaza por avenidas torrenciales muestra que el Polígono 1 se encuentra principalmente en categoría de amenaza baja, con algunos sectores sin amenaza o sin dato asociados a áreas urbanizadas. Esta condición sugiere que, para el área de estudio, la avenida torrencial no constituye la amenaza predominante.

Figura 4-13 Amenaza por avenida torrencial



Fuente: Elaboración propia a partir de IDIGER

Amenaza por incendios forestales

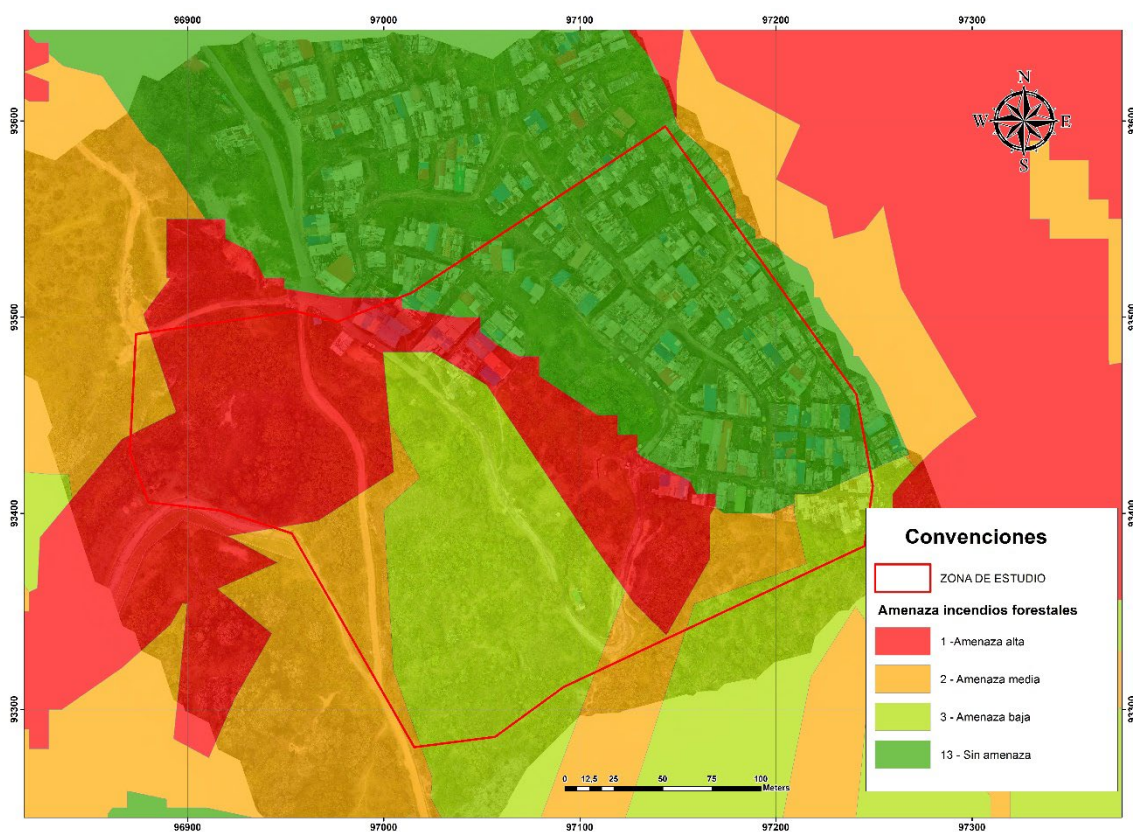
La amenaza por incendios forestales presenta una distribución heterogénea dentro del Polígono 1 y su entorno, con presencia de categorías alta, media, baja y sin amenaza. Esta condición se relaciona con la coexistencia de coberturas vegetales, áreas de borde urbano, zonas intervenidas y sectores con presión antrópica. Los sectores con amenaza alta y media se asocian principalmente a áreas con vegetación continua o en contacto con el borde urbano, donde la presencia de actividades humanas puede incrementar la probabilidad de ignición.

En el Polígono 1, esta amenaza resulta relevante por la cercanía con áreas de cobertura vegetal y por la interacción entre el tejido urbano y las zonas de ladera. La presencia de senderos, residuos, actividades no controladas, quemas o tránsito informal puede aumentar

la susceptibilidad a incendios en épocas secas. Asimismo, la pérdida o degradación de coberturas puede afectar la capacidad del suelo para regular humedad, protegerse frente a erosión y mantener continuidad ecológica.

Por tanto, el manejo de esta amenaza debe orientarse a la reducción de material combustible, restauración con especies nativas adecuadas, control de especies invasoras cuando aplique, educación comunitaria, mantenimiento de franjas de protección y fortalecimiento del borde urbano-ambiental. Estas acciones pueden integrarse a las SbN, especialmente mediante restauración ecológica, manejo de coberturas y consolidación de espacios de transición entre la zona urbana y las áreas vegetadas.

Figura 4-14 Amenaza por incendios forestales



Fuente: Elaboración propia a partir de IDIGER

Procesos y eventos registrados

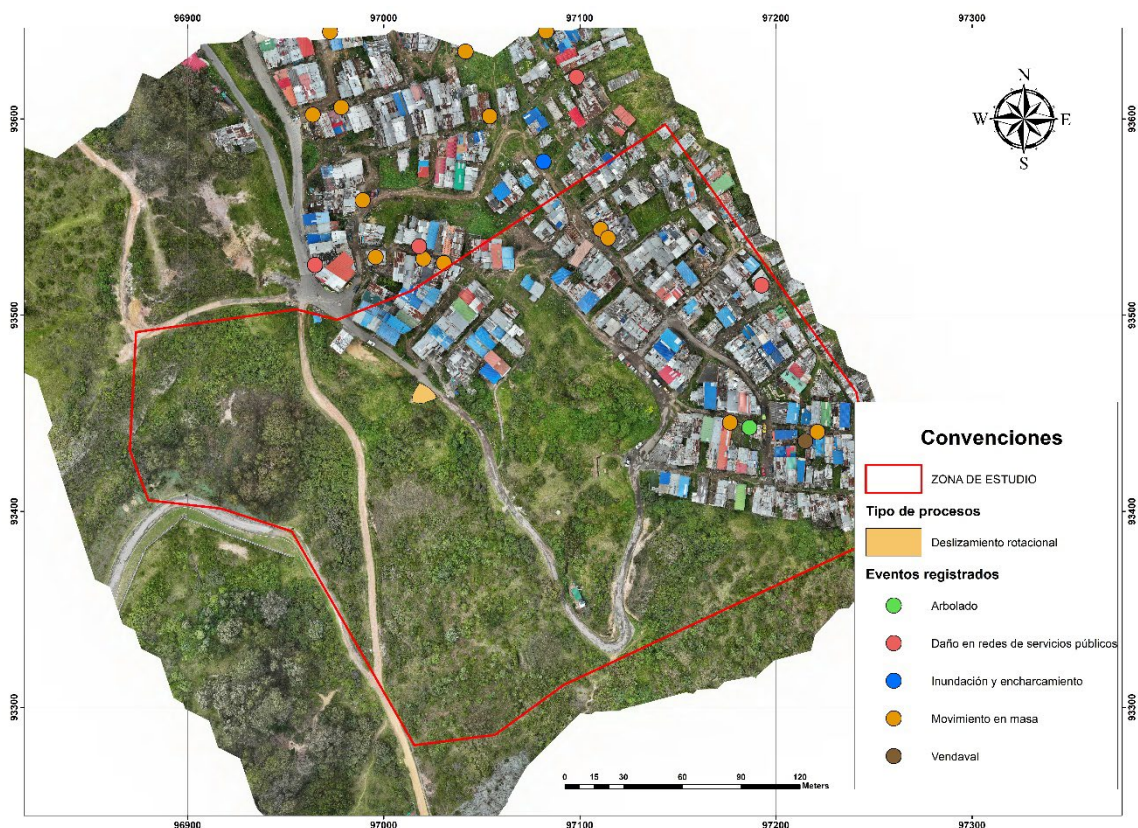
Además de la cartografía de amenazas, se revisaron los procesos y eventos registrados en el área de estudio y su entorno. Los puntos representados en la figura corresponden a eventos reportados en el SIRE del IDIGER, asociados a arbolado, daño en redes de servicios públicos, inundación y encharcamiento, movimientos en masa y vendavales. Estos registros permiten reconocer antecedentes de afectación reportados por la comunidad o por entidades del Distrito, y constituyen un insumo para validar la recurrencia de problemáticas en el territorio.

En la figura se observa una concentración de reportes hacia los sectores urbanizados del polígono y su entorno inmediato, especialmente relacionados con movimientos en masa y afectaciones en redes de servicios públicos. Esta condición es coherente con la presencia de ocupación en ladera, vías, drenajes intervenidos, rellenos y sectores donde la conducción de aguas puede generar afectaciones localizadas.

Adicionalmente, durante los recorridos de campo y la evaluación conjunta de los componentes de geología y geotecnia, se identificó un proceso de remoción en masa tipo deslizamiento rotacional, localizado en una de las zonas de relleno antrópico. Este proceso se asocia con la concentración de agua de escorrentía, lo cual refuerza la relación entre la modificación del drenaje, la presencia de llenos no conformados técnicamente y la generación de condiciones de inestabilidad.

En consecuencia, los eventos registrados y el proceso identificado en campo permiten confirmar que las principales necesidades de manejo del polígono se relacionan con el control de aguas superficiales, la estabilización de zonas intervenidas, la recuperación de coberturas, el manejo de rellenos y la reducción de exposición en áreas ocupadas. Estos elementos deberán ser considerados en la formulación de alternativas de intervención y en la definición de SbN orientadas a la reducción del riesgo.

Figura 4-15 Procesos



Fuente: Elaboración propia

4.4.2.4 Explotación minera

En el área correspondiente al Polígono 1 no se identifican actividades de explotación minera actuales ni antecedentes cartográficos o evidencias de explotación minera precedente que incidan sobre la configuración física del terreno. En consecuencia, este tensor no se reconoce como un factor activo de presión o degradación dentro de la zona de estudio; no obstante, se mantiene dentro de la matriz general de tensores como criterio de verificación territorial, en atención a su posible relevancia en otros polígonos o sectores del proyecto.

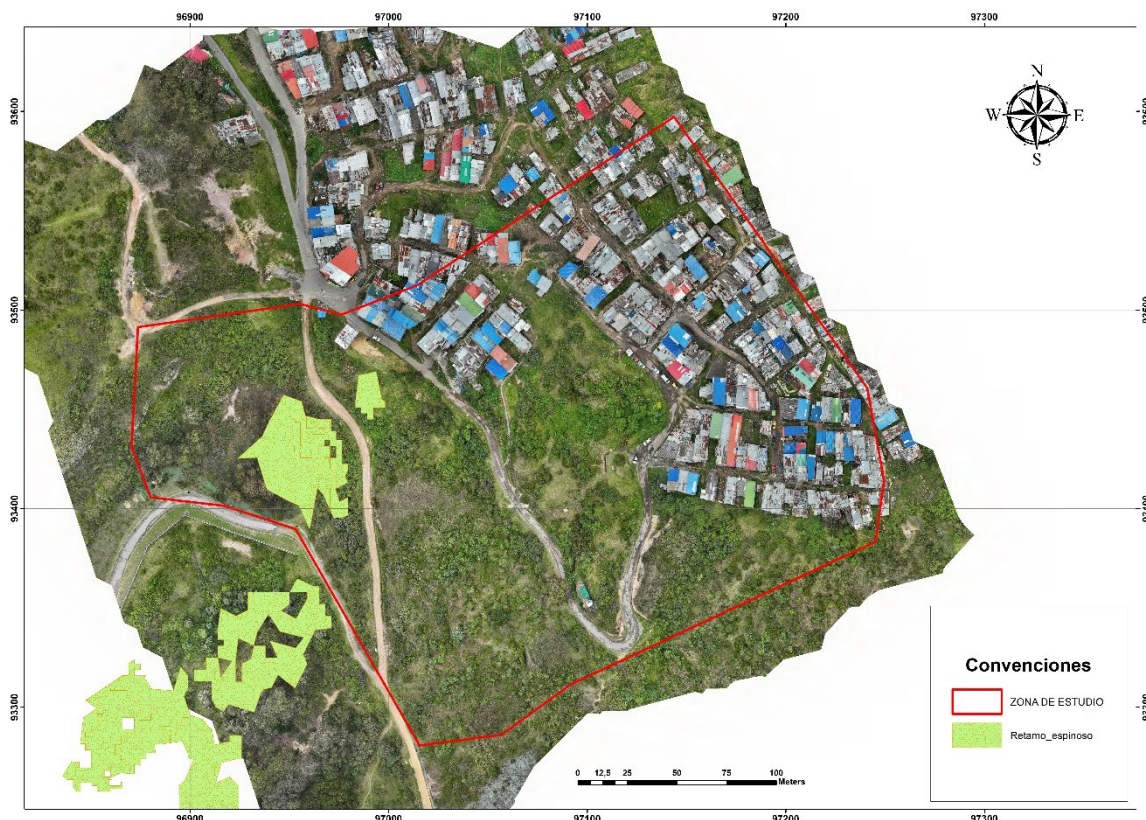
4.4.3 ESPECIES INVASORAS

4.4.3.1 Retamo espinoso

El retamo espinoso se reconoce como un tensor ambiental asociado a especies invasoras, debido a su capacidad de colonizar áreas abiertas, bordes de caminos, zonas degradadas y sectores con coberturas intervenidas. En el Polígono 1, la cartografía muestra su presencia principalmente hacia el sector occidental y suroccidental del área de estudio, en zonas con cobertura vegetal y espacios de borde próximos a áreas intervenidas. Esta distribución sugiere que la especie se encuentra asociada a sectores con algún grado de alteración, donde puede competir con la vegetación nativa, limitar procesos de regeneración natural y modificar la estructura de las coberturas existentes.

La presencia de retamo espinoso representa una necesidad de manejo dentro de las estrategias de restauración ecológica y Soluciones Basadas en la Naturaleza, ya que su permanencia puede reducir la efectividad de las acciones de recuperación ambiental, aumentar la fragmentación de coberturas y favorecer condiciones de inflamabilidad en periodos secos. Por lo tanto, las intervenciones en el polígono deben contemplar acciones de control, retiro progresivo, manejo de rebrotes y sustitución por especies nativas, priorizando los sectores donde la especie se superpone con áreas de conectividad, zonas de borde ambiental y espacios con potencial de restauración.

Figura 4-16 Retamo espinoso



Fuente: Elaboración propia

4.4.4 GESTIÓN SOCIAL

El presente informe consolida los resultados del programa de gestión social, el cual definió y ejecutó un conjunto de estrategias integradas orientadas a la divulgación del proyecto, la promoción de espacios de participación comunitaria, la identificación de actores sociales y la gestión de posibles impactos sociales. Esto con el propósito de facilitar la concertación de las soluciones basadas en la naturaleza y aportar a la sostenibilidad de las soluciones planteadas.

4.4.4.1 Programa de Planeación y Definición de Actores Convocados

El desarrollo de las actividades de gestión social partió de una revisión de la ubicación de los polígonos mediante el análisis de información secundaria, lo que permitió estructurar un perfil de caracterización previo para cada área de intervención. Esta información resultó

clave para orientar el desarrollo de las jornadas participativas en cada sector, garantizando que el abordaje comunitario se realizara de manera concertada y adaptada a las dinámicas sociales, realidades de seguridad y facilidades logísticas de cada comunidad.

El Polígono 1 comprende un sector del barrio San Martín y su extensión restante se encuentra inmerso dentro del área correspondiente al Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes. En consideración a esta condición territorial, se identificó la necesidad de convocar tanto a actores comunitarios como institucionales con injerencia directa sobre el sector.

En este sentido, para las jornadas se realizó invitación formal a la Secretaría Distrital de Ambiente, en calidad de entidad administradora del parque; a la Junta de Acción Comunal del barrio San Martín, como instancia de representación comunitaria; y a la comunidad residente del barrio San Martín, en su condición de población aledaña y relacionada con el desarrollo del proyecto.

4.4.4.2 Programa de Información y Divulgación

Este programa comprende la planificación y desarrollo de las actividades de socialización y talleres a implementar, contemplando una fase inicial, un taller participativo y una fase final.

- **Socialización Inicial**

La socialización inicial tuvo como objetivo relacionarle a la comunidad los alcances generales del proyecto, exponer las actividades a desarrollar y resolver inquietudes preliminares, generando un espacio de diálogo que permitió recoger percepciones, aportes y observaciones por parte de los actores frente a la información presentada.

Para la convocatoria de la socialización inicial del Polígono 1, se priorizó la participación de actores comunitarios, entidades administradoras y población ubicada en el área de influencia directa e indirecta. Con el fin de asegurar una asistencia efectiva, se coordinó con el presidente de la Junta de Acción Comunal del barrio San Martín la distribución física de volantes informativos que detallaban la fecha, hora y lugar del encuentro.

	<p>Estudio y diseño de acciones y medidas adaptativas a los efectos del cambio climático y reducción del riesgo en zonas priorizadas del Distrito Capital</p>	 <p>INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO</p>
	<p>INFORME PARCIAL 2 – POLÍGONO I</p>	

Figura 4-17 Pieza Grafica Invitación Reunión de Inicio Polígono 1



BOGOTÁ MI CIUDAD MI CASA SIN TI NO PASA

BOGOTÁ

Fecha: 23/05/2026 Contrato: IDIGER-294-2025

**INVITACIÓN
REUNIÓN DE INICIO**

Contrato de Consultoría No IDIGER-294-2025

“REALIZAR LA CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DE ACCIONES Y MEDIDAS ADAPTATIVAS A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y REDUCCIÓN DEL RIESGO EN ZONAS PRIORIZADAS DEL DISTRITO CAPITAL”

*Quebrada Hoya del Ramo - Fiscala - Parque Entre nubes
(Conector ecosistémico Media Luna Del Sur - CEMLS).*

 Calle 60 sur # 5-09 este Barrio San Martin
(4°32'14.1"N 74°06'11.5"W) Casa del profesor Gato

 Viernes, 22 de Mayo de 2026

 3:00 p.m.

Cualquier inquietud adicional será atendida a atreves del siguiente canal de atención:

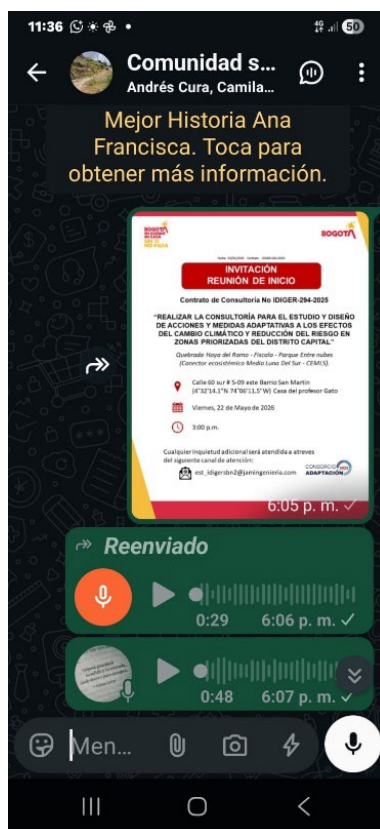
 est_idigersbn2@jamingenieria.com

CONSORCIO **ADAPTACIÓN** 2025

Fuente: Elaboración Propia

Complementariamente, se difundió esta misma pieza gráfica a través de los canales digitales y grupos de WhatsApp de la comunidad, optimizando el alcance y la divulgación de la información. Por su parte, la convocatoria a la Secretaría Distrital de Ambiente, en su calidad de entidad administradora del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes, se formalizó y notificó formalmente mediante oficio.

Figura 4-18 Evidencia Convocatoria vía WhatsApp Reunión de inicio Polígono



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

La socialización inicial en el barrio San Martín se realizó el día viernes 22 de mayo de 2026 a las 3:00pm en el espacio que tiene destinada la Junta de acción comunal para reuniones ya que el barrio no cuenta con un salón Comunal.

Durante la jornada la comunidad manifestó una marcada preocupación por la efectividad, aplicabilidad y durabilidad de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en un área protegida como el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes. Al respecto, la Junta de Acción Comunal enfatizó que en mesas de trabajo previas se había descartado formalmente el uso de concreto estructural en el sector. Los líderes comunitarios recordaron la existencia de compromisos previos de entidades como el Jardín Botánico (para la restauración del muro de contención), la Empresa de Acueducto (para mitigar deficiencias en canalizaciones que ocasionaron un derrumbe 39 meses atrás) y la Alcaldía Local de

Usme.

Por otra parte, los asistentes expresaron inquietudes y expectativas frente al alcance del proyecto, evidenciando la necesidad de que los trámites administrativos se traduzcan con celeridad en la ejecución física de las obras, dado que el contrato actual se limita estrictamente a la fase de estudios y diseños. Adicionalmente, se identificaron problemáticas estructurales del entorno que inciden en la vulnerabilidad social, destacando de manera prioritaria las deficiencias en el acceso formal a los servicios públicos de agua potable y energía eléctrica. Ante este panorama, la comunidad y la interventoría resaltaron la importancia de apropiarse de este soporte técnico como una herramienta legítima de planeación para presionar y gestionar colectivamente la materialización de las obras ante el Distrito.

Figura 4-19 Reunión de Inicio Polígono 1



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

- **Taller territorial participativo**

El desarrollo del taller territorial participativo tuvo como objetivo generar espacios de diálogo e intercambio con las comunidades locales, orientados a complementar la información técnica con los saberes y experiencias del territorio. A través de esta jornada se buscó identificar la memoria territorial, las prácticas de cuidado y las formas de gobernanza socio ecológica presentes en la zona de estudio, además de preguntar acerca de las soluciones basadas en la naturaleza, reconocer de que se tratan y como se pueden implementar en

espacios con una importancia ambiental, como son las áreas aledañas a los polígonos.

La convocatoria para el Taller Territorial Participativo del Polígono 1 fue concertada previamente con la comunidad durante la jornada de socialización inicial, fijándose el encuentro para el viernes 29 de mayo de 2026 a las 3:00 p.m. en el salón comunal del barrio San Martín. Como mecanismo de recordación y con dos días de anticipación, se difundió una pieza gráfica informativa a través de WhatsApp, dirigida tanto a los ciudadanos que asistieron a la primera reunión como a los grupos comunitarios del sector.

Figura 4-20. Pieza Gráfica Invitación Taller Participativo Polígono 1

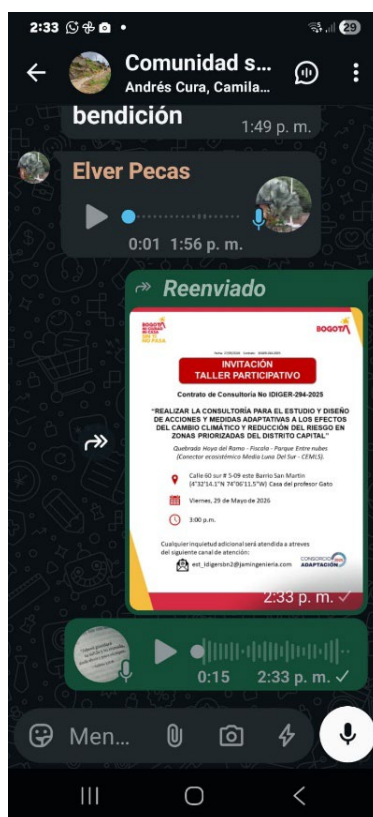


Fuente: Elaboración Propia

En el ámbito de la articulación institucional, la administración del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes designó al Administrador Ambiental Edwin Fabián Patiño, en su calidad de Profesional de Apoyo a la Administración del Parque, con quien se mantuvo un

enlace directo, vía telefónica y digital, para coordinar la logística y participación en la jornada.

Figura 4-21 Evidencia Convocatoria vía WhatsApp Taller Participativo Polígono 1



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Durante el desarrollo de la cartografía social en el Polígono 1, la comunidad identificó de manera participativa los principales equipamientos, dinámicas ambientales, elementos estructurantes del territorio, tipologías de tenencia y usos del suelo, así como las principales condiciones de riesgo presentes en el sector. Se evidenció la coexistencia de predios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), áreas pertenecientes al Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes, viviendas legalizadas y asentamientos informales.

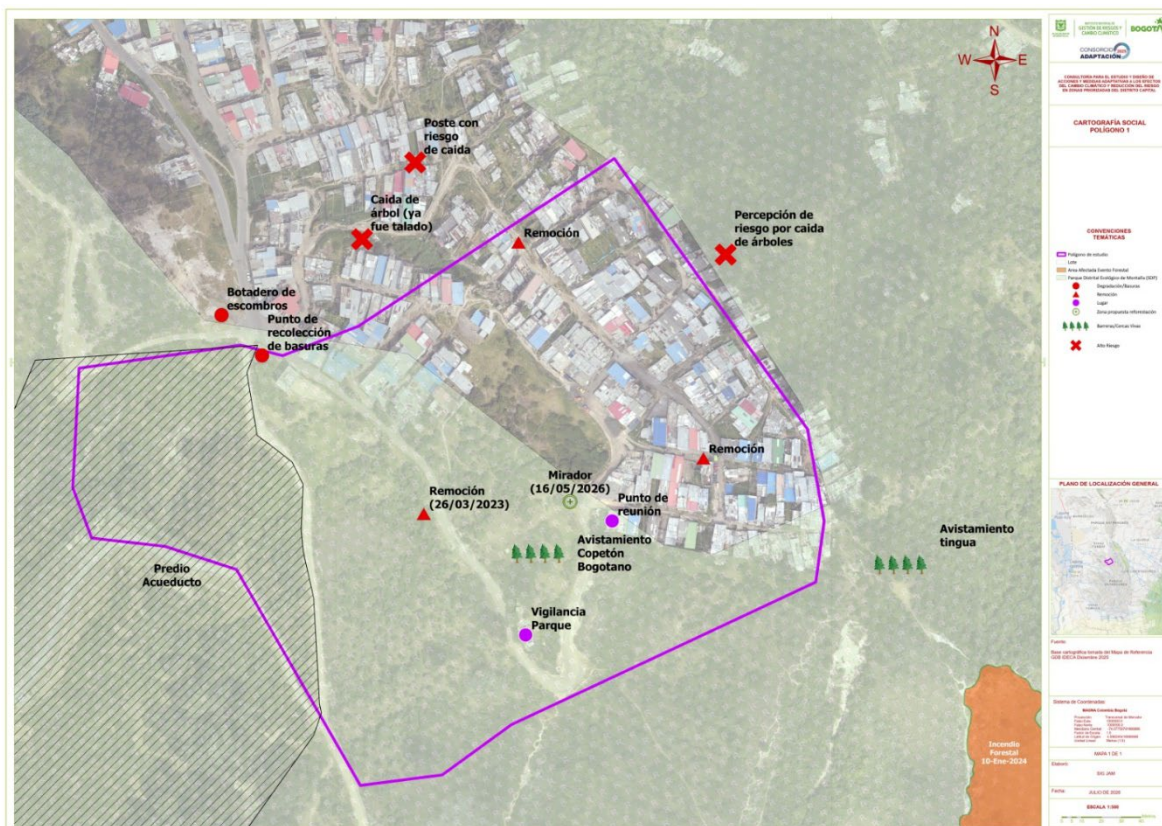
Asimismo, se constató la ausencia de infraestructura educativa y de servicios de salud dentro del polígono. En relación con la estructura ecológica y ambiental, la comunidad georreferenció diferentes hitos del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes,

entre ellos los puestos de vigilancia, senderos de ecoturismo, zonas de avistamiento de especies como el Gavilán Maromero y el Copetón Bogotano, así como el mirador inaugurado el 16 de mayo de 2026, considerado por los habitantes como una infraestructura con potencial para fortalecer el turismo local y dinamizar el uso del espacio público.

Respecto a los servicios públicos y las condiciones ambientales, los participantes señalaron que las viviendas se abastecen mediante dos acueductos locales diferentes y localizaron un canal de la Empresa de Acueducto que, debido a deficiencias en su manejo, ha generado anteriormente procesos de remoción en masa. En el límite con el parque, la comunidad propuso el reemplazo de especies forestales muertas o exóticas, como eucalipto, pino y acacia, por especies nativas como arrayán, sauco y gurrumacho, con el propósito de favorecer la restauración ecológica del área.

En cuanto a la gestión del riesgo, se identificaron diversos eventos asociados a procesos de remoción en masa e inestabilidad del terreno. El principal corresponde al colapso de la vía de acceso al barrio San Martín, ocurrido el 20 de marzo de 2023, como consecuencia de la falla de un muro de contención ocasionada por la filtración de descargas de aguas servidas no suspendidas. Adicionalmente, se georreferenciaron el colapso de un muro de contención en un predio residencial con fallas estructurales reportadas desde 2020, derrumbes que obstruyeron callejones y requirieron medidas de mitigación empíricas mediante guadua, así como la afectación de un tramo vial que anteriormente era peatonal y que actualmente permanece inhabilitado para el tránsito.

Figura 4-22 Cartografía Social

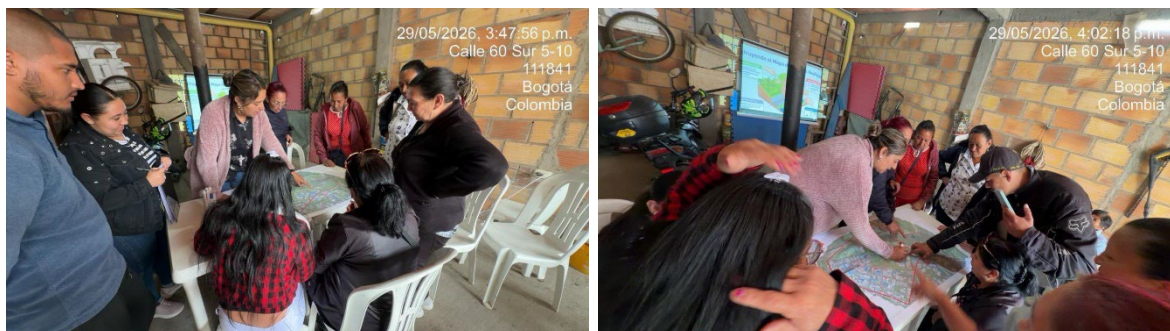


Fuente: Consorcio Adaptación 2025

La comunidad también manifestó una alta preocupación por los incendios forestales ocurridos durante 2024, debido a la proximidad de estos eventos con la zona residencial, percepción que incrementa la sensación de vulnerabilidad frente a la posible recurrencia de este tipo de emergencias. De igual manera, se identificó un sector afectado por dicho incendio y se reconocieron factores de riesgo localizados en el perímetro del polígono, entre ellos un poste de energía con amenaza de caída debido a desprendimientos previos, árboles de gran porte susceptibles al volcamiento por acción del viento y un desprendimiento registrado en 2026 asociado a la caída de árboles.

Finalmente, en materia de manejo de residuos sólidos y espacio público, se georreferenció un punto crítico caracterizado por la disposición inadecuada de residuos, escombros y elementos voluminosos, como colchones y muebles en desuso, situación que genera impactos negativos sobre las condiciones ambientales y paisajísticas del sector.

Figura 4-23 Taller Participativo Polígono 1



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Figura 4-24 Mapa elaborado por la comunidad Polígono 1



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

- **Entrevistas Semi-Estructuradas**

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a actores clave institucionales y comunitarios. El objetivo de este instrumento fue contrastar y complementar la información técnica con los saberes locales. Estos espacios de diálogo directo permitieron identificar las formas de gobernanza socio ecológica, las prácticas de cuidado, la memoria del territorio y las aspiraciones de permanencia de la población.

Se plantearon 5 ejes temáticos historia y memoria del territorio, datos demográficos y afectaciones, percepción de SbN y su entorno, acciones comunitarias y autogestión y expectativas e institucionalidad, garantizando así que el diseño de las intervenciones responda a la realidad de cada sector. Estas entrevistas se realizaron entre el 19 y el 23 de junio de 2026.

Para el abordaje del Polígono 1, la aplicación de la entrevista se concentró en vincular tanto la perspectiva institucional como la del liderazgo comunitario. Por parte del componente institucional, se entrevistó a Edwin Fabián Patiño, Administrador Ambiental y Profesional de Apoyo a la Administración del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes; mientras que por el componente social se contó con la participación del presidente de la Junta de Acción Comunal del barrio San Martín. Este ejercicio garantizó la integración de los criterios de conservación del parque con las vivencias, problemáticas y expectativas de la población aledaña.

En la ejecución de las entrevistas se identificó que hay una alta vulnerabilidad comunitaria y ambiental debido a dos eventos críticos recientes: el desprendimiento de su única vía de acceso por mal manejo de aguas de escorrentía y un severo incendio forestal que afectó la cobertura vegetal nativa. Frente a este escenario, los líderes locales y la administración del parque manifiestan una total favorabilidad hacia la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (obras de bioingeniería) como medida de mitigación, destacando que estas alternativas no solo estabilizarán la infraestructura vial sin depender de intervenciones en concreto, sino que garantizarán la preservación de los corredores biológicos, la fauna local y la integridad de la Estructura Ecológica Principal del territorio.

- **Socialización final**

La socialización final se llevará a cabo en los días previos a la finalización del último mes de ejecución del proyecto, en la cual se presentarán los resultados de los estudios y diseños resultantes.

- **Socializaciones extraordinarias**

En caso de requerirse, se desarrollarán socializaciones extraordinarias, entendidas como aquellas que surjan por solicitud de la comunidad o de actores institucionales, ya sean públicos o privados, atendiendo las necesidades metodológicas planteadas. Por el momento no se han requerido.

4.4.4.3 Programa de Atención a la Comunidad

El Programa de Atención a la Comunidad tuvo como propósito establecer canales efectivos de comunicación entre el proyecto y los actores sociales ubicados en el área de influencia, garantizando la atención oportuna frente a las peticiones, quejas, reclamos, solicitudes o felicitaciones (PQRS) por medio escrito, telefónico y/o correo electrónico.

- **Canales de atención a la comunidad**

Con el propósito de brindar una atención oportuna y de calidad a la comunidad, participantes e interesados del proyecto, se dispusieron diversos canales de comunicación. Para ello, se estableció un punto de atención virtual operado mediante correo electrónico y atención telefónica, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 4-10 Canales de atención

PROGRAMA DE SERVICIO A LA CIUDADANÍA		
CANAL DE ATENCIÓN	MEDIO DE ATENCIÓN	HORARIO DE ATENCIÓN
Virtual	Punto de atención a la comunidad	De lunes a viernes de 8:00 a.m. a 4:00 p.m.
	Dirección	N/A
Línea de atención al ciudadano	Línea telefónica móvil 3007782858	De lunes a viernes de 8:00 a.m. a 4:00 p.m.
Correo electrónico	est_idigersbn2@jamingenieria.com	Permanente

Fuente: Elaboración propia

Desde las jornadas de socialización, se garantizó la divulgación de los canales de atención a la comunidad del área de influencia (punto virtual, línea telefónica, correo electrónico y horarios de atención). Cabe destacar que, durante el periodo de ejecución del proyecto, no se registraron peticiones, quejas, reclamos, solicitudes, felicitaciones ni denuncias (PQRSD).

4.4.4.1 Resultados

Diagnóstico y caracterización territorial

El territorio presenta una alta fragilidad geotécnica, clasificada en amenaza alta por movimientos en masa según los polígonos de monitoreo de IDIGER (5-015 Fiscala Germinar y 18034). El cruce entre la literatura técnica y la memoria viva de la comunidad evidencia profundas dinámicas de autogestión y apropiación territorial.

El barrio San Martín se originó de forma informal hace más de 33 años. En sus inicios, el suministro de agua se realizaba a lomo de mula, hasta que hace 25 años la comunidad construyó su propio acueducto a través de mingas comunitarias. El asentamiento se legalizó formalmente el 11 de noviembre de 2005 y actualmente cuenta con 322 predios legalizados y 86 pendientes o informales.

Entre los eventos críticos registrados en la memoria comunitaria destacan:

- **Colapso de la Vía Principal (26 de marzo de 2023):** Pérdida parcial de la banca vial ocasionada por la filtración y desborde de aguas que generaron una escorrentía no controlada. La comunidad enfatiza que acumula más de 39 meses a la espera de una intervención efectiva.
- **Incendio forestal en el Parque Entre Nubes (enero de 2024):** Afectó cerca de 7 hectáreas de matorral nativo (chilco, gurrubo, frailejoncillos) y llegó a solo 20 metros de las viviendas, lo que exigió la atención de emergencia interinstitucional.

Mientras la perspectiva técnica institucional cataloga el área bajo un riesgo estricto que restringe la inversión pública, el saber local sostiene que la inestabilidad ha sido acelerada por la falta de infraestructura de drenaje de la EAAB y el vertido ilegal de residuos de construcción y demolición (RCD). Ante la nueva consultoría, la comunidad exige respuestas de estabilización vial definitivas, pero condicionadas a la no utilización de concreto en las

áreas que se traslapan con el Parque Ecológico de Montaña Entre Nubes, con el fin de proteger la estructura ecológica y los corredores biológicos de avifauna de especies representativas como el copetón bogotano, la tingua y el gavián maromero.

Análisis de necesidades y oportunidades

- **Diagnóstico de necesidades socio ecológicas**

La vulnerabilidad socio ambiental en el Polígono 1 responde a un efecto en cadena acumulativo: la ocupación informal inicial sin red de alcantarillado generó la filtración de aguas grises hacia la ladera. Esto, sumado al talud de corte y al arrastre de escorrentías de la cuenca alta, desencadenó la remoción en masa del 26 de marzo de 2023 y a partir de este el colapso de la vía.

Así mismo el vertimiento incontrolado de escombros (RCD) por parte de camiones y residentes, la acumulación de basura. Adicionalmente, especies exóticas (eucaliptos y pinos) generan sobrecarga mecánica en la cresta del talud, con riesgo inminente de caídas sobre las viviendas y postes de luz.

- **Matriz de necesidades, conflictos y potencialidades**

Tabla 4-11 Matriz de Necesidades, conflictos y potencialidades Polígono 1

VARIABLE SOCIAL COMUNITARIA	NECESIDADES IDENTIFICADAS	CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES	POTENCIALIDADES
Aislación vial, la comunidad siente temor a quedar bloqueados ya que es su única vía de acceso rápido	Estabilización del talud a partir de soluciones que no manejen obras duras	Temor comunitario a soluciones exclusivas en concreto VS Restricciones de conservación del parque.	Utilizar Soluciones Basadas en la Naturaleza
Inexistencia de alcantarillado en las viviendas que no están legalizadas	Canalización para la captación de aguas de escorrentía.	Filtración de aguas servidas que denotan movimientos en masa.	Sistema de drenaje sostenible.
Perdida de vegetación por incendios en el Parque Entre	Reemplazo o sustitución de especies no nativas	Daño y riesgo de las viviendas al estar tan cerca a las zonas afectadas por los	Restauración pasiva y activa, enriquecimiento florístico y de especies

VARIABLE SOCIAL COMUNITARIA	NECESIDADES IDENTIFICADAS	CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES	POTENCIALIDADES
Nubes		incendios.	nativas.
Presencia de botadero ilegal de RCD y basura en un punto específico del sector.	Control, recolección y erradicación de botaderos clandestinos de escombros.	Disposición de RCD por volquetas externas y acumulación de basuras en puntos específicos.	Puntos limpios comunitarios, infraestructura verde como cercos vivos.

Fuente: Elaboración Propia

- **Oportunidades y espacios de valor cultural**

Mirador "Copetón Bogotano": Inaugurado el 16 de mayo de 2026 en el sector alto del parque; funciona como nodo de encuentro social, hito ecoturístico y espacio pedagógico ambiental.

Iniciativa "Eco-barrio San Martín": Red comunitaria organizada conjuntamente con la JAC para la autogestión de *chuts* de basura, mingas de siembra y limpieza de senderos.

Senderos Ecoturísticos y Avistamiento de Aves: Coexistencia directa con la fauna nativa (Copetón Bogotano, Tingua, Gavilán Maromero), que sustenta la alta apropiación comunitaria sobre el borde ecológico.

Viabilidad: Barreras y habilitadores

- **Análisis de barreras**

Barrera Normativa e Institucional: El concepto de riesgo, califica la zona de forma homogénea en riesgo alto no mitigable. Esto genera una parálisis institucional donde los barrios no pueden legalizarse y así mismo las empresas de servicios públicos no les prestan los servicios por la misma ilegalidad.

Barrera Técnica e Infraestructural: La falta de redes de drenaje formal genera que el agua de lluvia flote sobre la única vía de acceso lo que amenaza con dejar embotelladas a más de 300 familias en dado caso de un deslizamiento en la bancada de la vía.

Barrera Sociocultural y de Seguridad: Existe un cansancio acumulado y desconfianza comunitaria debido a la falta de atención por parte de las instituciones, el ejemplo más cercano son los 39 meses transcurridos desde el derrumbe sin ejecución de obras. Adicionalmente, el parque afronta serias dinámicas de inseguridad como expendio de SPA, bote ilegal de escombros y amenazas directas al personal de guardaparques.

- **Factores habilitantes**

En el ámbito predial y jurídico, la principal condición habilitante radica en que la mayor parte del área vial y de ladera a intervenir corresponde a suelo de carácter público, perteneciente al Parque Distrital Ecológico de Montaña Entre nubes y a predios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). Esta titularidad estatal, articulada entre entidades como el IDIGER y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), representa un facilitador operativo clave, ya que permite ejecutar las obras y recomendaciones técnicas de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) sin incurrir en procesos comunitarios dilatados.

Desde la dimensión social y comunitaria, el territorio cuenta con un tejido social organizado y altamente legitimado, liderado por la Junta de Acción Comunal (JAC) del Barrio San Martín, el colectivo "Eco-barrio" y las redes de residentes locales. La comunidad ha demostrado una sólida capacidad de autogestión y trabajo colectivo a través de mingas, jornadas de limpieza y la instalación autónoma de infraestructura comunitaria como el chut de basuras. Dicha cohesión garantiza la disponibilidad de mano de obra local, el acompañamiento continuo a las actividades de campo y una custodia social activa para la sostenibilidad y cuidado a largo plazo de las intervenciones de bioingeniería.

En el componente ecológico y biótico, la proximidad con el Parque Entre nubes y el apoyo del Jardín Botánico de Bogotá brindan un entorno con alta resiliencia ambiental y potencial de restauración. Esta condición viabiliza las acciones de reconversión vegetal, facilitando la sustitución progresiva de especies exóticas e inestables (como eucaliptos y pinos) por flora nativa protectora de suelos como el gurrubo, el arrayán, el sauco y el chilco. Con ello se logra la retención mecánica de las laderas y la preservación del hábitat de especies emblemáticas como el Copetón Bogotano y la Tingua.

4.4.5 ANEXOS

- 1 Ocupación incompatible
- 2 Patrón de drenaje
- 3 Llenos y cortes
- 4.1 Amenaza por movimiento en masa
- 4.2 Amenaza por inundación
- 4.3 Amenaza por avenida torrencial
- 4.4 Amenaza por incendios forestales
- 4.5 Procesos
- 5 Retamo espinoso
- 6 Gestión social

4.5 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

4.5.1 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA REGIONAL

La caracterización se realizó con base en el Atlas Climatológico del IDEAM, considerando precipitación, días con lluvia, temperatura media y clasificación climática, la información permite comprender a la localidad de Usme dentro de un contexto y una referencia regional, cuya aplicación puntual debe complementarse con datos de mayor detalle.

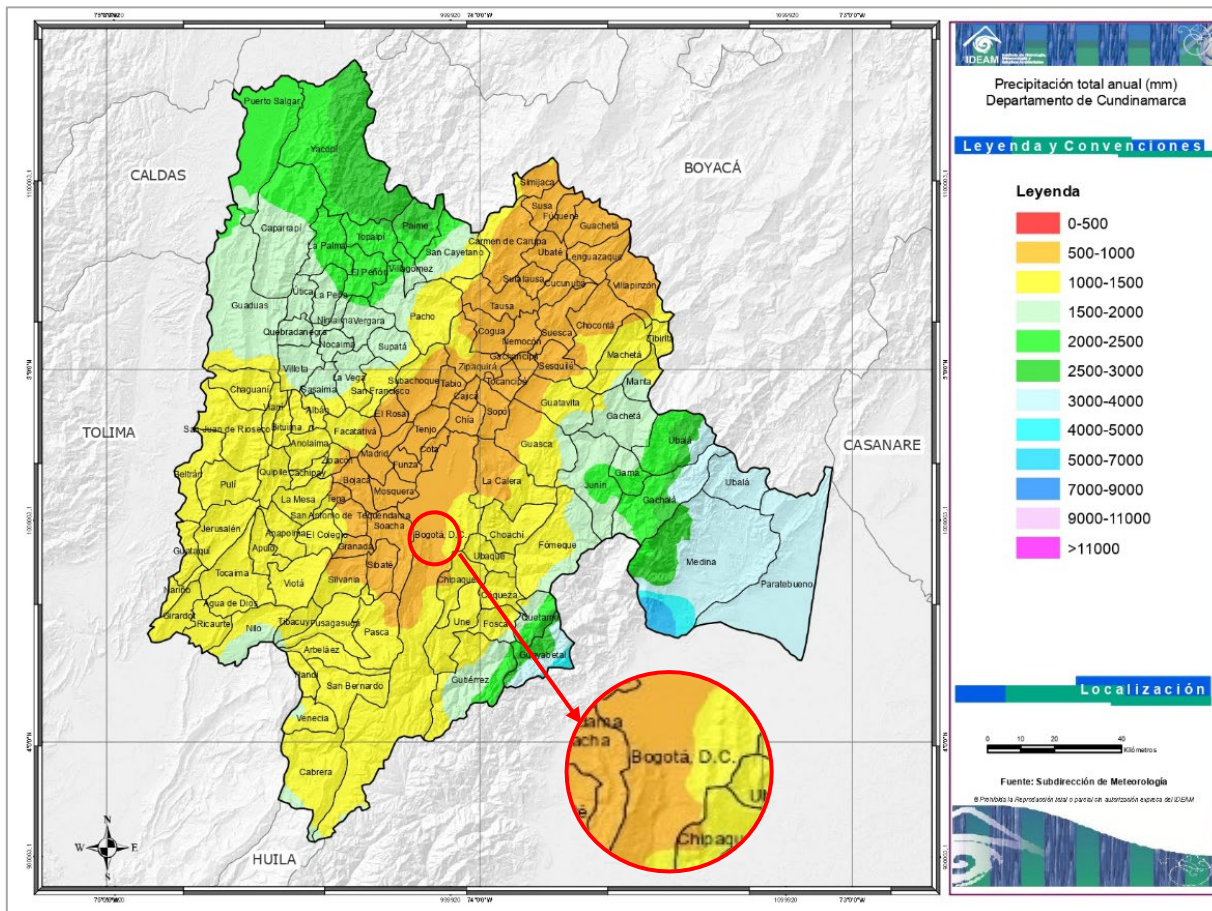
4.5.1.1 Precipitación total anual

La distribución espacial de la precipitación total anual en Bogotá D. C. presenta variaciones asociadas principalmente con el relieve y la cercanía a los cerros Orientales. De acuerdo con el mapa del Atlas Climatológico del IDEAM, en el área urbana de la ciudad predominan acumulados comprendidos entre 500 y 1.500 mm/año.

En el sector de Usme, se observan principalmente precipitaciones anuales entre 500 y 1.000 mm; mientras que hacia la parte occidental de la localidad se identifica una transición a condiciones relativamente menos lluviosas.

Este comportamiento evidencia un gradiente general de aumento de la precipitación desde los sectores urbanos occidentales hacia el borde oriental de Bogotá, donde el ascenso de las masas de aire sobre el relieve favorece la formación de nubosidad y lluvia.

Figura 25 Valores de precipitación total anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.

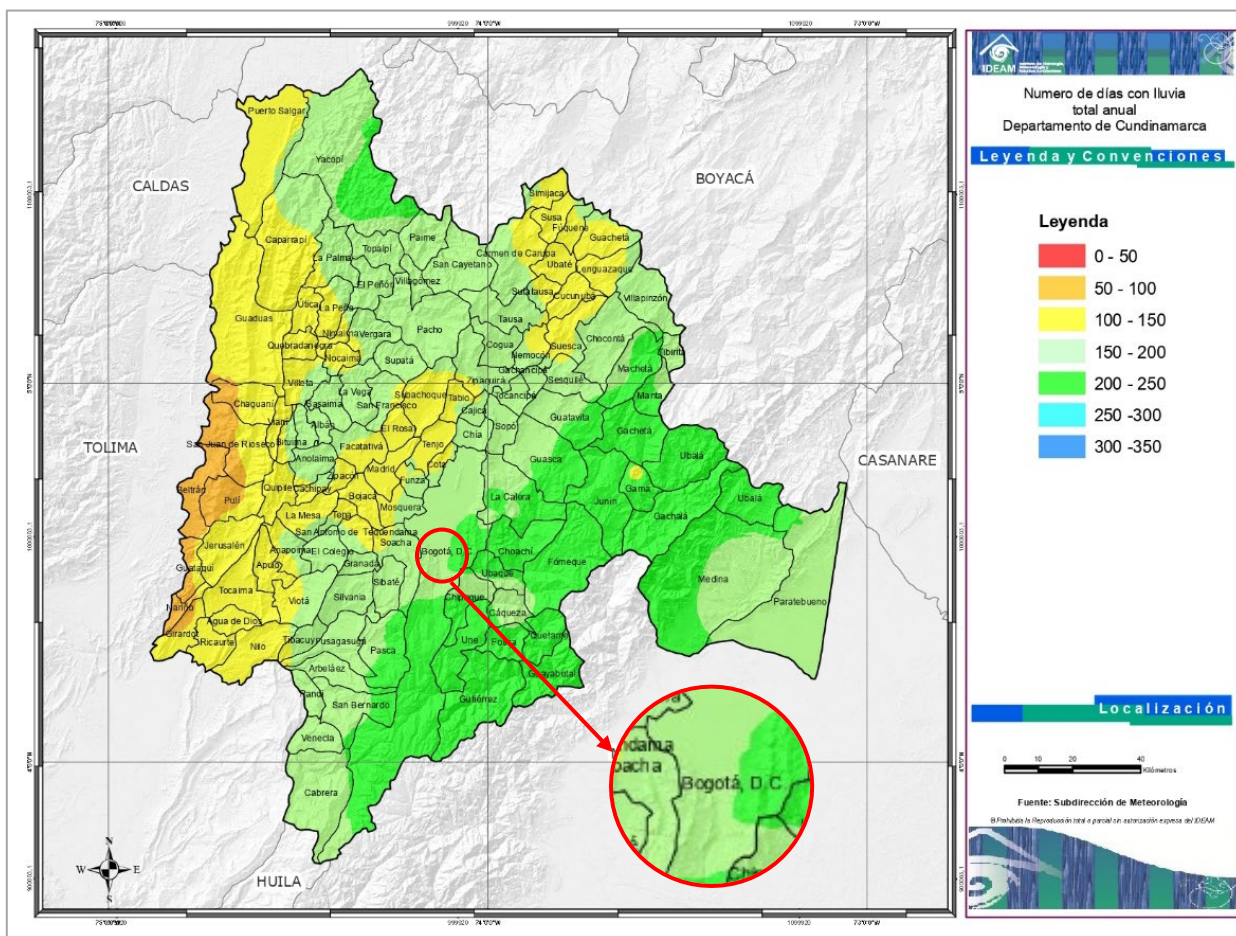


Fuente: IDEAM, 2017.

4.5.1.2 Número de días con lluvia al año

El número de días con lluvia constituye un indicador de la frecuencia con la que se presentan eventos de precipitación durante el año, independientemente del volumen total acumulado. De acuerdo con el mapa analizado, en Bogotá D. C. se presentan aproximadamente entre 150 y 250 días con lluvia al año, con diferencias espaciales asociadas con la topografía y la localización dentro de la ciudad. Para el sector de Usme, predominan valores comprendidos entre 150 y 200 días con lluvia al año; mientras que los sectores urbanos de mayor elevación, los valores pueden aproximarse al intervalo de 200 a 250 días al año. Esta diferencia es coherente con la mayor influencia orográfica y la formación recurrente de nubosidad y lloviznas sobre el piedemonte oriental.

Figura 26 Valores de No. de días de lluvia al año para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.



Fuente: IDEAM, 2017.

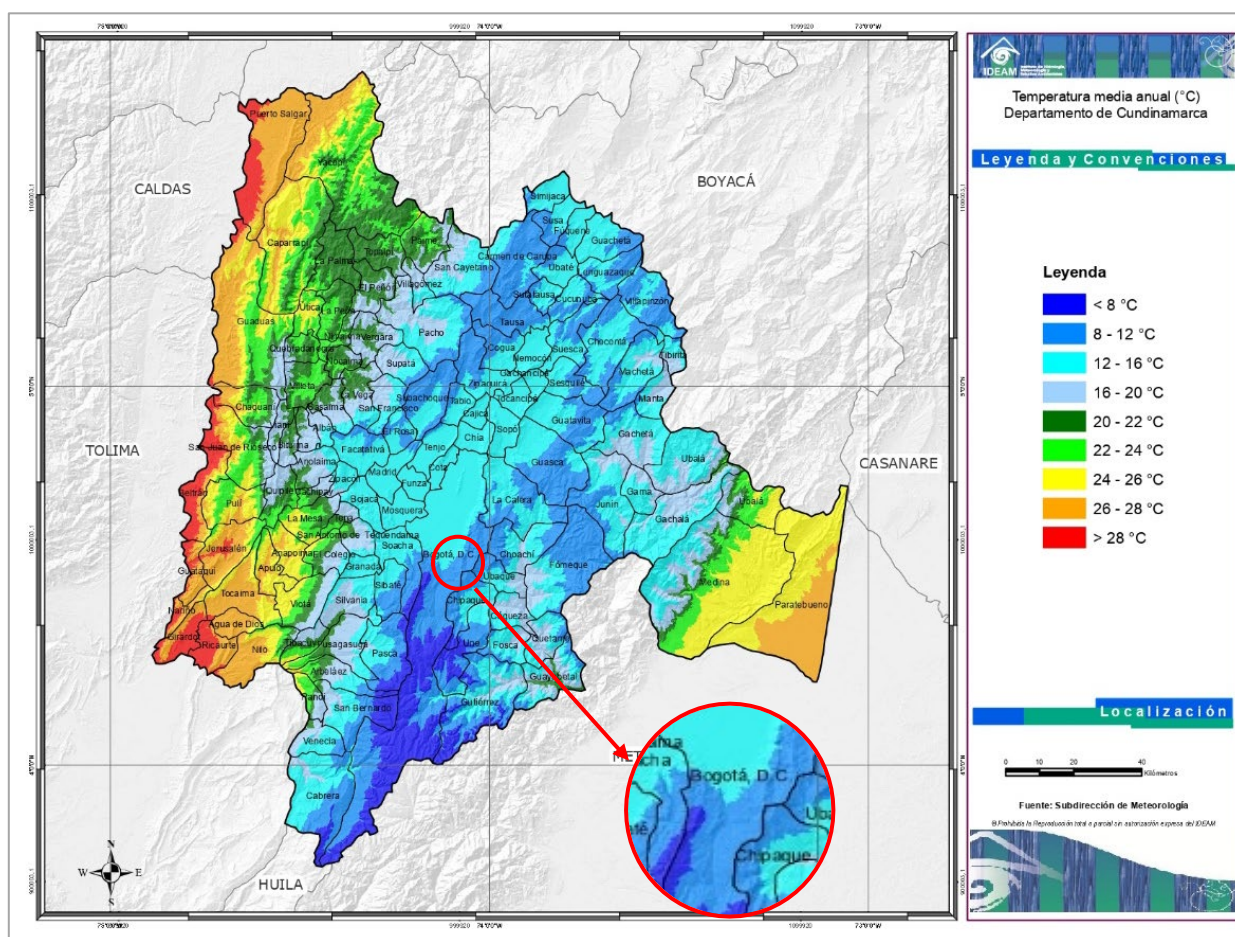
4.5.1.3 Temperatura media anual

La temperatura media anual en Bogotá D. C. está condicionada principalmente por la elevación, el relieve, la cobertura del suelo y el grado de urbanización; según el mapa del IDEAM, en la mayor parte del territorio distrital se presentan temperaturas medias anuales comprendidas entre 8 y 16 °C.

En Usme, se reconoce una transición térmica relacionada con el relieve; en las áreas urbanas de menor elevación pueden presentarse temperaturas entre 12 y 16 °C, mientras que en los sectores más elevados de las zonas montañosas del oriente de la localidad se identifican temperaturas medias anuales cercanas al intervalo de 8 a 12 °C.

En consecuencia, no resulta adecuado asignar un único valor de temperatura media a cada localidad, debido a que ambas presentan variaciones altitudinales importantes. Para una caracterización detallada de los sitios de estudio, esta información regional debe complementarse con registros de estaciones meteorológicas o con cartografía climática de mayor resolución.

Figura 27 Valores de temperatura media anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.



Fuente: IDEAM, 2017.

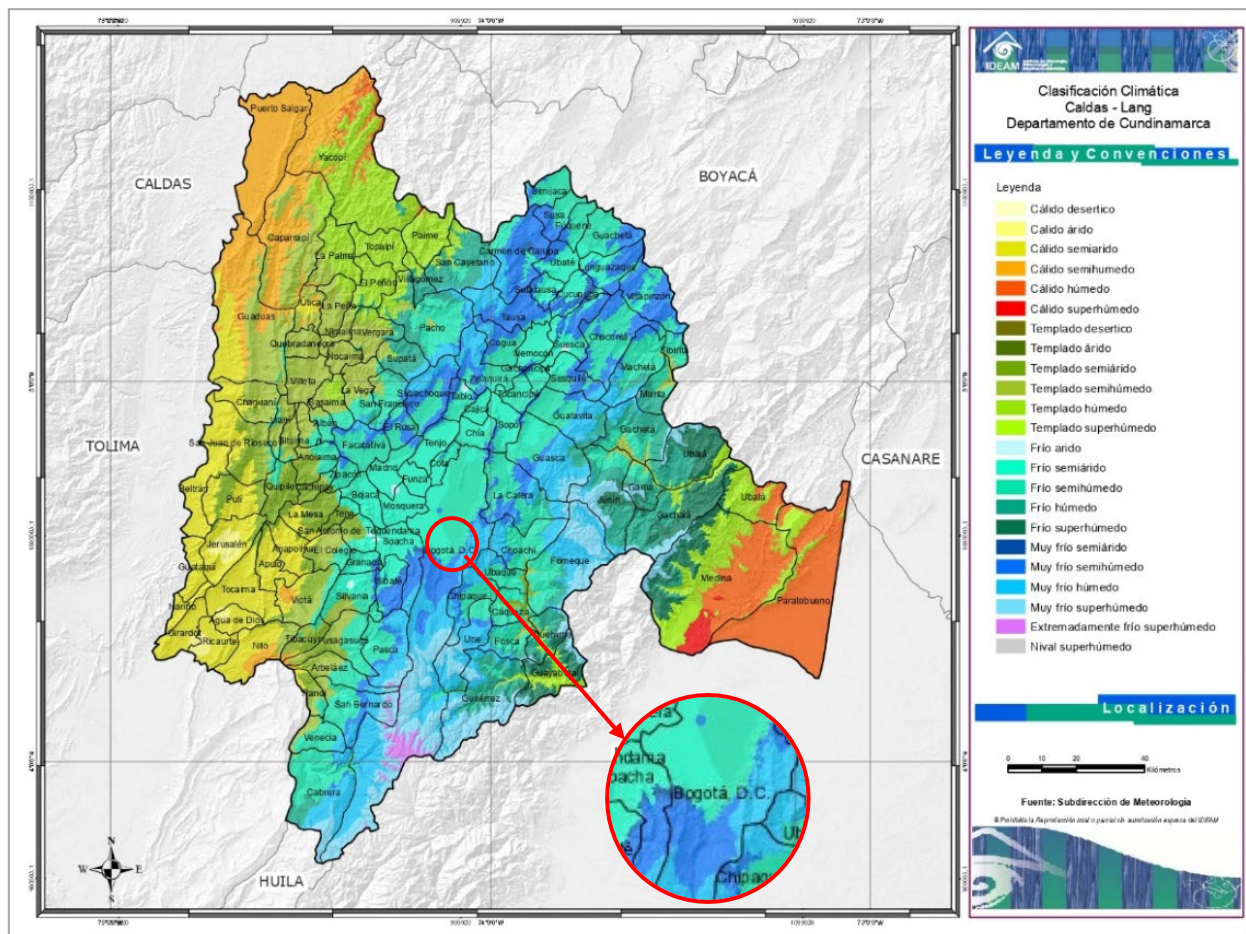
4.5.1.4 Clasificación climática

De acuerdo con la clasificación climática de Caldas-Lang, Bogotá D. C. presenta diferentes tipos de clima como consecuencia de las variaciones de temperatura, precipitación y elevación existentes dentro del territorio distrital. Por esta razón, las localidades de Chapinero y Ciudad Bolívar no pueden caracterizarse mediante una única categoría

climática.

En Usme se identifica una transición desde condiciones de clima frío semihúmedo en los sectores urbanos de menor elevación hacia condiciones de clima frío húmedo o frío superhúmedo en dirección al oriente. Este gradiente se relaciona con la disminución de la temperatura y el aumento de la precipitación y de la frecuencia de días lluviosos hacia el piedemonte oriental.

Figura 28 Clasificación climática del departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.



Fuente: IDEAM, 2017.

4.5.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

4.5.2.1 Recopilación de información hidroclimatológica disponible

Para la caracterización de la precipitación en las áreas de interés se emplearon los registros diarios disponibles de estaciones hidrometeorológicas del IDIGER, seleccionadas por su proximidad y representatividad respecto de los sectores evaluados en las localidades de Usme.

Como influencia del polígono estudiado, la estación considerada para el análisis corresponde a Estación La Fiscala.

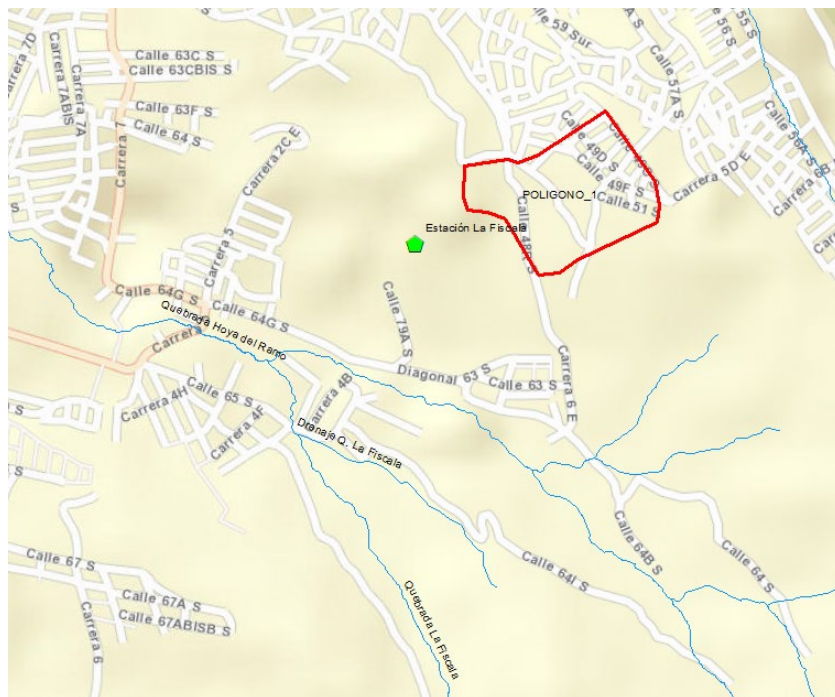
Tabla 12 Estaciones con Influencia en la Zona de Estudio.

Código	Estación	Localidad asociada
2120000107	La Fiscala	Usme

Fuente: IDIGER, 2026.

A partir de los registros diarios se determinaron los valores medios de precipitación total mensual multianual y los valores máximos de precipitación en 24 horas, la información de referencia del IDIGER señala que la precipitación en Bogotá presenta una variabilidad espacial significativa.

Figura 29 Ubicación de estación IDIGER asociadas a polígono 1



Fuente: idiger,2026.

4.5.3 RESUMEN DEL CLIMA A PARTIR DE INFORMACIÓN OBTENIDA DE ESTACIONES

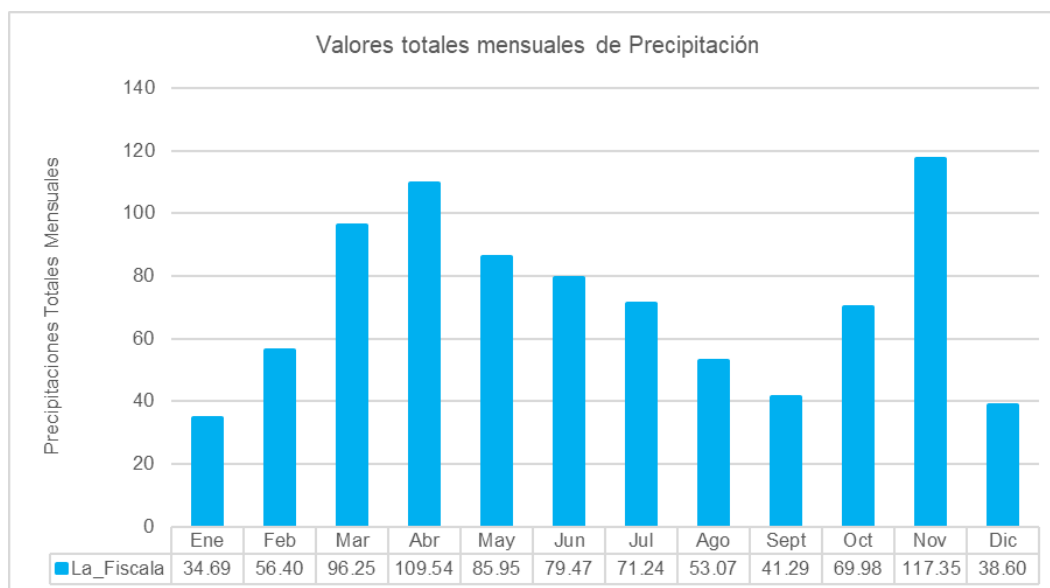
En base a la información obtenida de las estaciones meteorológicas operadas por el IDIGER, se caracterizan las siguientes variables climatológicas.

4.5.3.1 Precipitación

4.5.3.1.1 Precipitación total mensual y anual

En la estación La Fiscala [2120000107] se identifica un régimen de lluvias bimodal, con una primera temporada húmeda entre marzo y junio, cuyo máximo se presenta en abril con 109.54 mm, y una segunda temporada entre octubre y noviembre, alcanzando el mayor valor mensual del año en noviembre con 117.35 mm. Los periodos de menor precipitación se presentan al inicio y al final del año, así como entre agosto y septiembre, registrándose el mínimo mensual en enero, con 34.69 mm. La precipitación media anual de la estación es de 853.85 mm.

Figura 30 – Régimen de precipitaciones – Estación La Fiscala (2120000107)



Fuente: Consultoría, 2026

Tabla 13 – Resumen de resultados obtenidos de Precipitación total multianual

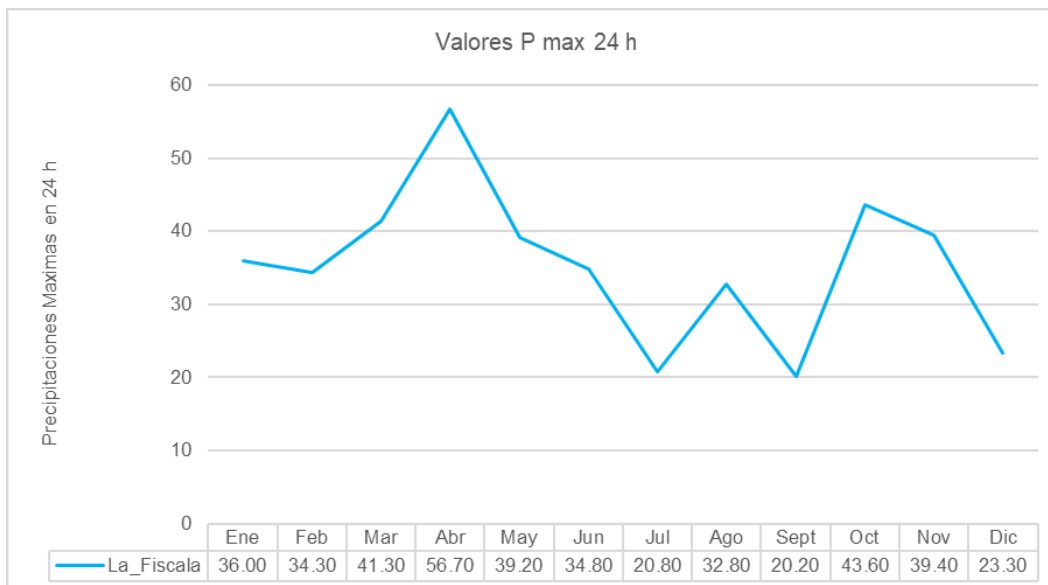
Estación	Total promedio multianual (mm)	Mes más lluvioso	Máximo promedio mensual (mm)	Mes menos lluvioso	Mínimo promedio mensual (mm)
La Fiscala	853.85	Noviembre	117.35	Enero	34.69

Fuente: Consultoría, 2026

4.5.3.1.2 Precipitación máxima en 24 horas

En la estación La Fiscala [2120000107], el mayor valor mensual de precipitación máxima en 24 horas se presenta en abril, con 56.70 mm, seguido de octubre con 43.60 mm y marzo con 41.30 mm. Los menores valores se registran en septiembre y julio, con 20.20 mm y 20.80 mm, respectivamente. El valor denominado máximo anual corresponde a 37.20 mm.

Figura 31 – P max 24 horas mensual multianual – Estación La Fiscala (2120000107)



Fuente: Consultoría,2026

En conjunto, la estación evaluada presenta un comportamiento bimodal en la precipitación total mensual, con una primera temporada húmeda entre marzo mayo y una segunda entre octubre y noviembre. En términos de precipitación máxima en 24 horas, los mayores registros se concentran principalmente entre marzo y abril, con valores máximos mensuales de 56.70 mm en.

Tabla 14 – Resumen de resultados obtenidos de Precipitación máxima en 24 horas

Estación	Mayor valor mensual de P máx. 24 h (mm)	Mes de ocurrencia	Valor denominado «Máx. anual» (mm)
La Fiscala	56.70	Abril	37.20

Fuente: Consultoría,2026

4.5.3.2 Temperatura

La serie de temperatura disponible presenta una resolución horaria. A partir de esta información, se realizó el procesamiento de los registros para obtener, en primera instancia, los valores mínimo, medio y máximo diarios. Posteriormente, estos resultados fueron agregados a escala mensual y anual, con el fin de establecer una síntesis mensual

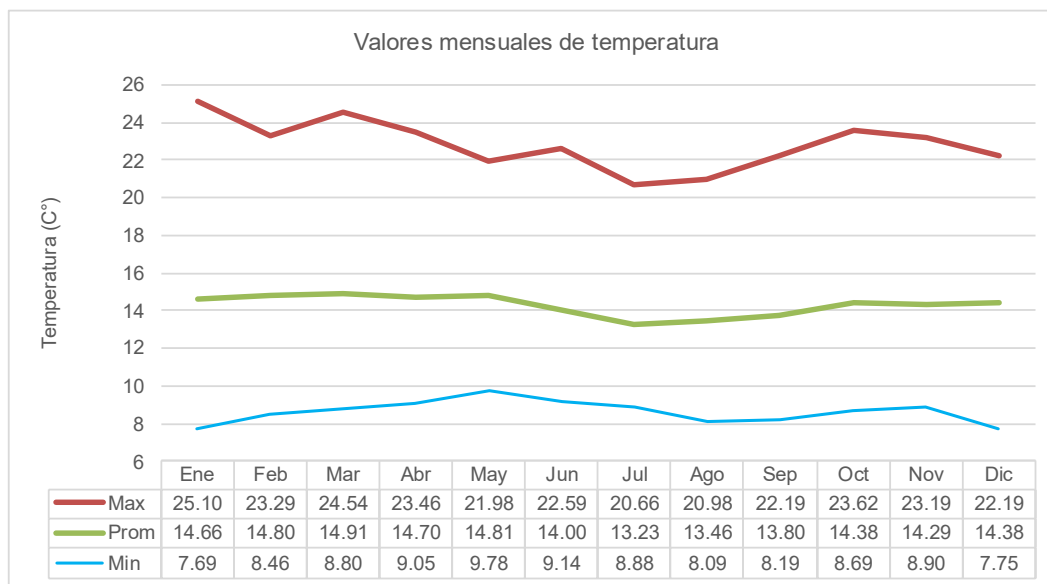
multianual del comportamiento térmico de la estación.

En términos generales, la estación La Fiscala presenta una temperatura media anual de 14.28 °C, con variaciones mensuales moderadas a lo largo del año. Los valores medios mensuales más altos se registran entre enero y mayo, con temperaturas cercanas a 14.70 °C – 14.91 °C, mientras que los valores más bajos se presentan en julio y agosto, con 13.23 °C y 13.46 °C, respectivamente.

Respecto a las temperaturas mínimas, se obtiene un promedio anual de 8.62 °C. Los menores valores se presentan en enero y diciembre, con 7.69 °C y 7.75 °C, respectivamente, mientras que el mayor valor mínimo mensual se registra en mayo, con 9.78 °C. Este comportamiento evidencia condiciones más frías al inicio y final del año, y mínimas relativamente más altas durante el segundo trimestre.

En cuanto a las temperaturas máximas, la estación registra un promedio anual de 22.82 °C. El mayor valor mensual se presenta en enero, con 25.10 °C, seguido de marzo con 24.54 °C y octubre con 23.62 °C. Los valores máximos más bajos se presentan entre julio y agosto, con 20.66 °C y 20.98 °C, respectivamente, coincidiendo con el periodo de menor temperatura media mensual.

Figura 32 P Temperatura mensual multianual – Estación La Fiscala (2120000107)



Fuente: Consultoría, 2026

En síntesis, la estación La Fiscala [2120000107] presenta un régimen térmico relativamente uniforme durante el año, con una temperatura media anual de 14.28 °C y variaciones mensuales moderadas. Los valores medios más altos se concentran entre enero y mayo, con máximo en marzo (14.91 °C), mientras que el periodo más frío se presenta entre julio y agosto, alcanzando el menor promedio mensual en julio (13.23 °C). Las temperaturas mínimas muestran valores más bajos al inicio y final del año, especialmente en enero (7.69 °C) y diciembre (7.75 °C), mientras que las máximas mensuales alcanzan su mayor registro en enero (25.10 °C). Este comportamiento evidencia condiciones térmicas estables, propias del régimen climático local, sin contrastes extremos marcados entre temporadas.

4.6 ANÁLISIS DE VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

4.6.1 METODOLOGÍA

Se recopila y evalúa la información disponible de estaciones hidrometeorológicas localizadas en el entorno del polígono objeto de estudio. La selección preliminar consideró criterios de proximidad espacial, representatividad climática, longitud de registro, disponibilidad de información y calidad de los datos observados. Para el polígono 1, localizado entre las localidades de Usme y Rafael Uribe Uribe se consideró la siguiente estación:

- Estacion 2120700164: registro mensual de precipitación para el periodo 2015–2026.

La selección definitiva de estaciones se realizó posteriormente mediante la evaluación de calidad, completitud temporal y consistencia estadística de los registros disponibles. Debido a la ausencia de estaciones climatológicas o meteorológicas con registros de temperatura representativos para el polígono estudiado, la caracterización climática se desarrolla principalmente a partir de información de precipitación.

En consecuencia, los análisis asociados al cambio climático se complementaron mediante información oficial producida por IDEAM, IDIGER y otros instrumentos institucionales disponibles para Bogotá D.C.

Respecto a las series históricas de precipitación, éstas fueron sometidas a un proceso de control de calidad orientado a verificar su consistencia temporal y estadística:

- Identificación de registros faltantes e inconsistencias temporales.
- Verificación de continuidad de los registros.
- Evaluación de la completitud anual y mensual de las series.
- Análisis exploratorio de valores atípicos y posibles errores de registro.
- Generación de estadísticas descriptivas de calidad de los datos.

Mientras que la caracterización se desarrolla mediante el análisis de diferentes indicadores de precipitación orientados a describir el régimen pluviométrico del polígono evaluado.

- Cálculo de la precipitación acumulada mensual (Pm).
- Incorporación de curvas IDF oficiales empleadas en Bogotá para la caracterización

- de eventos extremos de precipitación.
- Cálculo de la precipitación máxima mensual ($P_{m\acute{a}x}$).
- Estimación de módulos climatológicos mensuales.
- Normalización de las series para facilitar la comparación estacional.
- Identificación de periodos húmedos y secos.
- Evaluación de condiciones de déficit y exceso hidrológico.

Para el análisis de variabilidad climática, se evaluó la posible influencia de la variabilidad climática interanual sobre el comportamiento de la precipitación mediante el análisis de la relación entre las series observadas y los fenómenos El Niño y La Niña:

- Identificación de periodos asociados a fases ENSO.
- Evaluación del comportamiento de la precipitación bajo condiciones Niño, Niña y Neutral.
- Análisis de déficit y exceso hidrológico asociados a la variabilidad climática.
- Estimación de factores relativos de ajuste para diferentes escenarios climáticos.

Finalmente, la evaluación de cambio climático se desarrolló a partir de la revisión de escenarios oficiales disponibles para Bogotá D.C., considerando la ausencia de registros locales de temperatura representativos para el polígono analizados:

- Revisión de escenarios oficiales de cambio climático.
- Identificación de tendencias proyectadas de precipitación.
- Análisis de horizontes temporales 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100.
- Interpretación de posibles efectos sobre las condiciones hidrológicas del polígono evaluados.

Se evaluó la información de precipitación disponible en la estación La Fiscala (2120700164), localizada dentro del área de influencia del polígono analizado.

La estación cuenta con registros de precipitación para el periodo comprendido entre septiembre de 2015 y junio de 2026, presentando una elevada continuidad temporal y una cobertura de datos prácticamente completa. En particular, la estación La Fiscala (2120700164) registra una completitud temporal del 99,06 %. Estos resultados evidencian la alta calidad y consistencia de las series disponibles, permitiendo su utilización con un

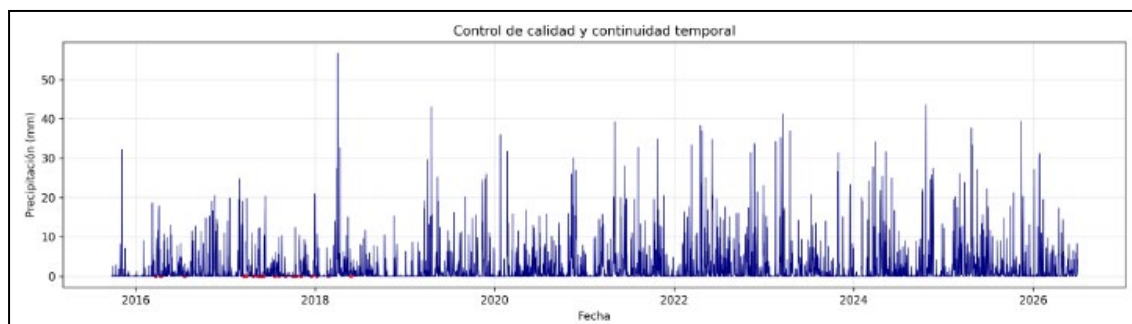
elevado grado de confiabilidad en la caracterización de la variabilidad hidrológica y climática del área de estudio.

La Figura 33 muestra la distribución temporal de los registros y los periodos con ausencia de datos. Los resultados evidencian que la estación La Fiscala (2120700164) presenta una cobertura temporal altamente satisfactoria, con porcentajes de completitud de 99.06 %. Los registros muestran una elevada continuidad temporal y una proporción mínima de datos ausentes, concentrados en intervalos puntuales y de corta duración, lo que garantiza una adecuada representación de la variabilidad pluviométrica del área de estudio.

Los registros evidencian patrones temporales de precipitación consistentes con la dinámica climática regional, permitiendo evaluar adecuadamente la variabilidad espacial de la lluvia dentro del área de influencia del polígono analizado.

Considerando conjuntamente la longitud de registro, la completitud de los datos y la representatividad espacial de la estación, ésta fue considerada apta para la caracterización hidrológica.

Figura 33 Continuidad temporal y distribución de datos faltantes – Estación La Fiscala.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

4.6.2 COMPARACIÓN NORMALIZADA DE MÓDULOS MENSUALES

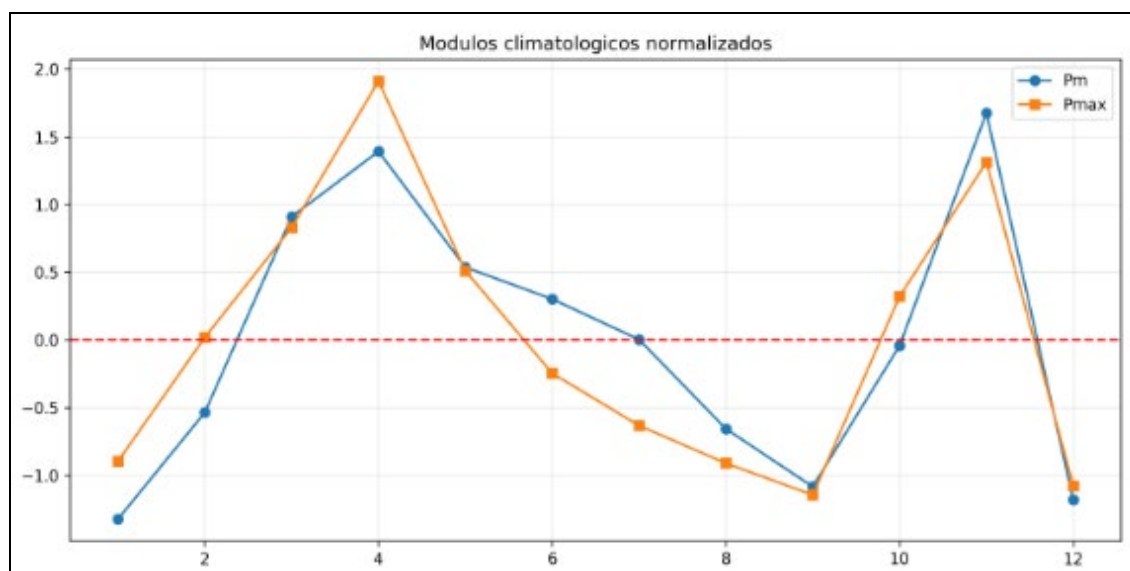
Con el fin de comparar el comportamiento estacional de la precipitación acumulada mensual (P_m) y la precipitación máxima mensual ($P_{m\acute{a}x}$), se normalizaron los módulos climatológicos mediante unidades de desviación estándar. Este procedimiento permite analizar simultáneamente ambas variables independientemente de sus magnitudes absolutas y facilita la identificación de coincidencias o diferencias en los periodos de mayor

y menor actividad hidrológica.

Los valores positivos representan meses con precipitaciones superiores al comportamiento medio anual, mientras que los valores negativos corresponden a periodos relativamente secos o con menor ocurrencia de eventos intensos de precipitación.

La Figura 34 muestra la comparación entre los módulos climatológicos normalizados de precipitación acumulada mensual y precipitación máxima mensual para la estación La Fiscala.

Figura 34 Comparación normalizada de los módulos climatológicos de precipitación acumulada mensual (Pm) y precipitación máxima mensual (Pmáx) – Estación La Fiscala.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Se observa una alta coherencia entre ambas variables a lo largo del ciclo anual. Los mayores valores positivos se concentran durante los meses de marzo, abril y noviembre, coincidiendo con los periodos húmedos previamente identificados. De manera similar, los valores negativos predominan entre julio y septiembre, reflejando los periodos de menor actividad pluviométrica.

La correspondencia observada entre Pm y Pmáx indica que los meses con mayores acumulados de precipitación también concentran los eventos diarios más intensos, sugiriendo una sincronía entre los procesos de acumulación de humedad y la ocurrencia de

lluvias extremas.

4.6.3 DÉFICIT HIDROLÓGICO

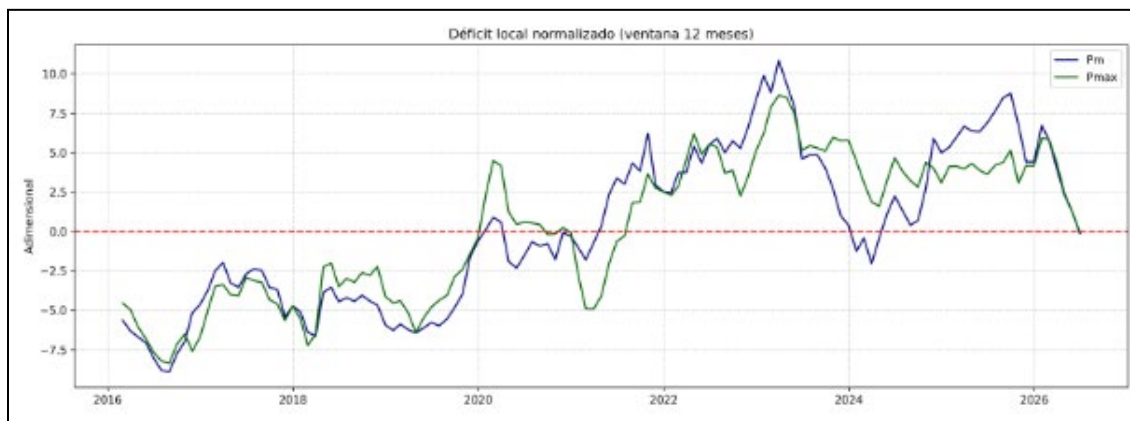
El análisis de déficit hidrológico se desarrolló con el propósito de identificar periodos prolongados de déficit y exceso de precipitación, así como evaluar la persistencia temporal de condiciones relativamente secas o húmedas en el área de estudio. Para ello se calcularon dos indicadores complementarios: el déficit local normalizado y el déficit acumulado.

El déficit local normalizado se obtuvo mediante una ventana móvil de 12 meses aplicada a las anomalías de precipitación respecto a la climatología mensual, permitiendo identificar fluctuaciones de corto y mediano plazo alrededor del comportamiento esperado. Por su parte, el déficit acumulado se calculó mediante la suma acumulada de las desviaciones respecto al promedio, permitiendo reconocer tendencias persistentes de exceso o déficit hidrológico.

La Figura 35 presenta la evolución del déficit local normalizado para la estación La Fiscala. Se observa una alternancia de periodos húmedos y secos alrededor del valor de referencia igual a cero, evidenciando fluctuaciones interanuales de la precipitación respecto al comportamiento climatológico esperado.

Los valores positivos corresponden a periodos con precipitaciones superiores a la climatología mensual, mientras que los valores negativos representan condiciones relativamente deficitarias. En términos generales, se muestra una evolución temporal consistente, caracterizada por condiciones predominantemente deficitarias entre 2019 y 2021, seguidas de una transición progresiva hacia condiciones de exceso durante el periodo 2022–2025.

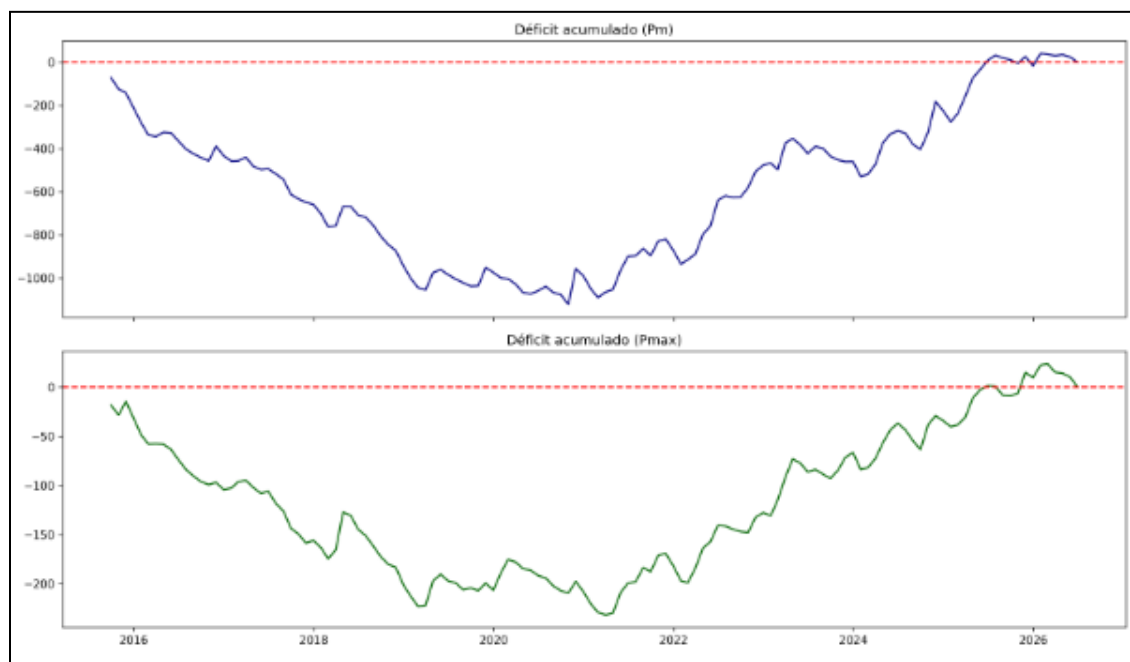
Figura 35 Déficit local normalizado para precipitación acumulada mensual (Pm) y precipitación máxima mensual (Pmáx) – Estación La Fiscala.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

La Figura 36 muestra el comportamiento del déficit acumulado. La trayectoria acumulada evidencia una fase de déficit prolongado que domina la primera parte del registro, seguida por una recuperación sostenida durante los años recientes. Este comportamiento es evidente en la estación La Fiscala, donde el déficit acumulado alcanza sus valores mínimos alrededor de 2020–2021 y posteriormente experimenta una recuperación continua hasta alcanzar condiciones próximas al equilibrio al final del periodo analizado.

Figura 36 Déficit acumulado de precipitación acumulada mensual (Pm) y precipitación máxima mensual (Pmáx) – Estación La Fiscala.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

La Tabla 15 resume los principales indicadores derivados del análisis de fases para la estación La Fiscala.

Tabla 15 Resumen de fases de déficit y exceso hidrológico para la estación La Fiscala.

Estación	Variable	Def.	Exc.	Duración Máx.	Duración Media
La Fiscala	Pm	4	3	47	16.0
	Pmáx	4	3	58	14.5

Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Los resultados evidencian una alternancia recurrente entre fases deficitarias y fases de exceso de precipitación en la estación analizada, comportamiento consistente con la influencia de la variabilidad climática interanual sobre el régimen pluviométrico de Bogotá.

Las estaciones La Fiscala muestra una evolución temporal altamente coherente, caracterizada por una transición reciente desde condiciones predominantemente deficitarias hacia condiciones relativamente húmedas durante los últimos años del periodo analizado.

Desde el punto de vista de la amenaza por movimientos en masa, los periodos de exceso identificados constituyen fases potencialmente favorables para la acumulación progresiva de humedad antecedente en ladera, mientras que las transiciones abruptas entre déficit y exceso pueden favorecer cambios significativos en las condiciones hidrológicas del terreno. En consecuencia, estos resultados aportan elementos fundamentales para la evaluación posterior de la variabilidad climática, la influencia del fenómeno ENSO y la construcción de escenarios de factores detonantes asociados a la precipitación.

4.6.4 VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y RELACIÓN CON ENSO

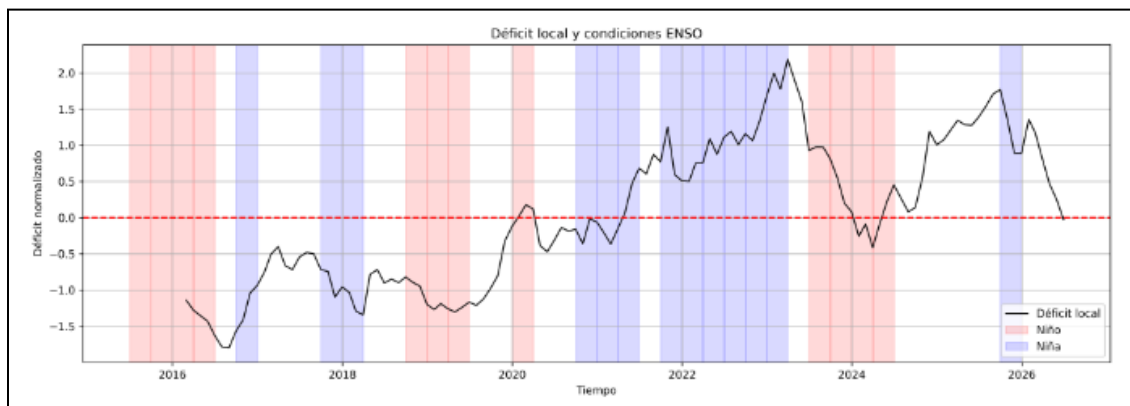
Con el propósito de evaluar la posible influencia de la variabilidad climática interanual sobre el comportamiento de la precipitación en el polígono analizado, se examinó la relación entre el déficit hidrológico local normalizado y las condiciones asociadas al fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO).

La clasificación de las fases Niño, Niña y Neutral se realizó a partir del Índice Oceánico Niño Index (ONI), empleando umbrales convencionales de anomalía de temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial. Posteriormente, se comparó el comportamiento del déficit hidrológico local normalizado y de la precipitación trimestral para cada una de las fases identificadas.

Adicionalmente, se estimaron factores de ajuste relativos definidos como la razón entre la precipitación media observada durante cada condición ENSO y la precipitación media total de la serie analizada. Estos factores permiten cuantificar la magnitud relativa de las variaciones de precipitación asociadas a la variabilidad climática interanual.

La Figura 37 presenta la evolución temporal del déficit hidrológico local normalizado para la estación La Fiscala (2120700164), junto con los periodos clasificados como fases Niño y Niña.

Figura 37 Déficit local normalizado y condiciones ENSO - Estación La Fiscala.



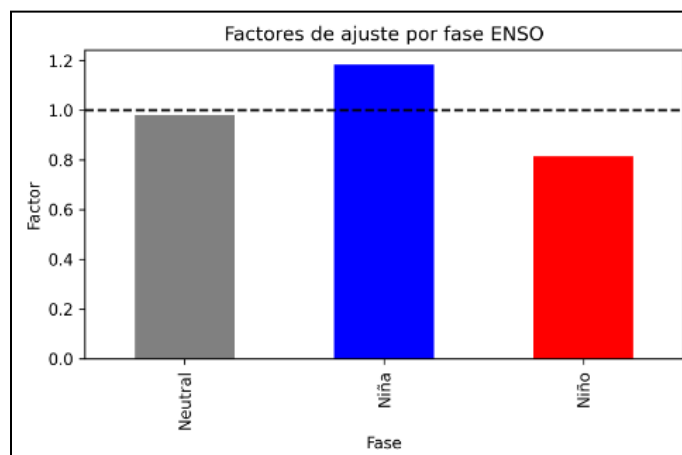
Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Los resultados muestran una asociación consistente entre las condiciones ENSO y la respuesta hidrológica local. Para la estación La Fiscala, los periodos clasificados como La Niña coinciden con una predominancia de valores positivos del déficit normalizado, especialmente durante el episodio prolongado comprendido entre 2021 y 2023. Por el contrario, las fases Niño presentan una mayor frecuencia de anomalías negativas, asociadas a condiciones relativamente secas.

Este comportamiento resulta particularmente evidente durante el periodo 2021–2023, cuando la persistencia de condiciones La Niña coincide con los mayores excesos hidrológicos observados en la serie. De manera similar, el evento El Niño 2023–2024 se acompaña de una reducción progresiva de las anomalías positivas y una transición hacia condiciones menos húmedas.

La Figura 38 muestra los factores de ajuste estimados para cada fase ENSO. Los factores obtenidos indican que las fases Niña se asocian con precipitaciones superiores al promedio de referencia (factor = 1.183), mientras que las condiciones Niño presentan valores inferiores al promedio (factor = 0.815). La fase Neutral presenta un comportamiento prácticamente equivalente al promedio climatológico de la serie (factor = 0.982).

Figura 38 Factores de ajuste de precipitación asociados a las fases ENSO para la estación La Fiscala.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

4.6.5 ESCENARIOS HIDROLÓGICOS ASOCIADOS A ENSO

Los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad climática permiten construir escenarios hidrológicos representativos asociados a las fases Niño, Niña y Neutral. Estos escenarios se fundamentan en los factores de ajuste derivados de la relación entre la precipitación observada y las diferentes fases del fenómeno ENSO.

Los factores obtenidos representan la variación relativa de la precipitación respecto a la condición climatológica media de cada polígono. Valores superiores a la unidad indican incrementos de precipitación asociados a una determinada fase climática, mientras que valores inferiores a uno representan reducciones relativas de la disponibilidad hídrica.

Para el polígono 1, los resultados indican que las fases Niña se asocian con incrementos de precipitación cercanos al 18% respecto al promedio climatológico, mientras que las fases Niño presentan reducciones aproximadas del 19%.

En consecuencia, pueden definirse tres escenarios hidrológicos de referencia:

- **Escenario Niño:** factor de ajuste igual a 0.815.
- **Escenario Neutral:** factor de ajuste igual a 0.982.
- **Escenario Niña:** factor de ajuste igual a 1.183.

4.6.6 ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Con el fin de incorporar una perspectiva de largo plazo en la evaluación hidrológica del polígono estudiado, se revisaron los escenarios oficiales de cambio climático disponibles para Bogotá D.C. y su área de influencia.

El análisis se fundamentó en los Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia desarrollados por el IDEAM y en la actualización de los Escenarios de Cambio Climático para Bogotá 2021–2100 elaborada por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). Ambos estudios incorporan las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) del Sexto Informe de Evaluación del IPCC y representan actualmente la referencia oficial para el análisis de condiciones climáticas futuras en el Distrito Capital.

Es importante resaltar que los escenarios de cambio climático no constituyen predicciones determinísticas, sino representaciones plausibles de la evolución futura del sistema climático bajo diferentes trayectorias de desarrollo socioeconómico y emisiones de gases de efecto invernadero. En consecuencia, los resultados presentados deben interpretarse como escenarios de referencia para la planificación y la gestión del riesgo.

4.6.6.1 ESCENARIOS REGIONALES DE PRECIPITACIÓN

Los resultados reportados por el IDEAM indican que la precipitación futura para la región de Bogotá presentar 'a modificaciones tanto en la magnitud total anual como en la distribución temporal de las lluvias.

A escala anual, los escenarios proyectan incrementos progresivos de precipitación a lo largo del siglo XXI. Para la primera mitad del siglo se estiman aumentos generalmente comprendidos entre 5 % y 20%, mientras que hacia finales del siglo podrían alcanzarse incrementos superiores al 20% e incluso cercanos al 50% en algunos sectores bajo los escenarios de mayores emisiones.

Sin embargo, los cambios proyectados no corresponden únicamente a un aumento uniforme de la precipitación, sino a una redistribución estacional de las lluvias, caracterizada por incrementos en algunos meses y reducciones en otros. Esta modificación del régimen pluviométrico resulta particularmente relevante para la evaluación de procesos asociados a

movimientos en masa, debido a su influencia sobre la humedad antecedente de las laderas y la ocurrencia de eventos intensos de precipitación.

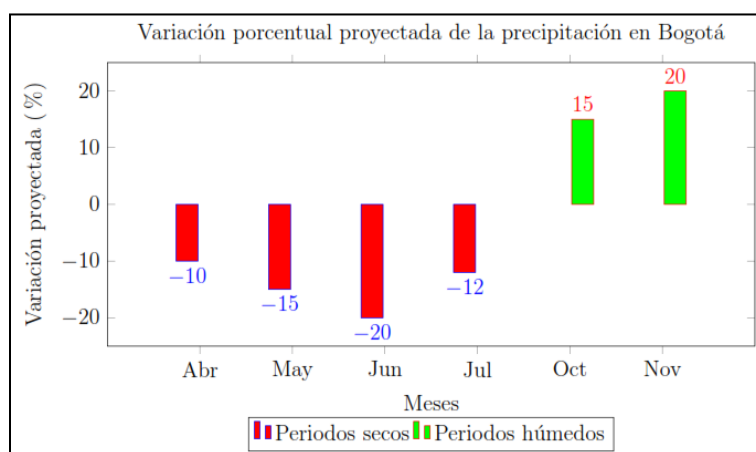
4.6.6.2 ESCENARIOS PARA BOGOTÁ D.C.

La actualización de escenarios realizada por IDIGER permitió evaluar con mayor detalle la evolución proyectada de la precipitación para Bogotá durante el periodo 2021–2100.

Los resultados muestran una tendencia general al aumento de la precipitación anual, acompañada de cambios importantes en la distribución mensual. Los mayores incrementos proyectados se concentran durante algunos meses tradicionalmente húmedos, particularmente entre abril y junio, así como en sectores específicos durante septiembre. Por el contrario, algunos escenarios muestran reducciones durante octubre, noviembre y diciembre, especialmente hacia finales de siglo.

La Figura 39 resume de manera conceptual las principales variaciones proyectadas para los meses de mayor relevancia hidrológica en Bogotá.

Figura 39 Proyección de variación porcentual de la precipitación (-20% a +20%) en periodos húmedos y secos de Bogotá.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025 con información de IDIGER

Las modificaciones proyectadas en el régimen de precipitación tienen implicaciones directas sobre las condiciones hidrológicas que controlan los procesos asociados a movimientos en masa.

Los incrementos proyectados en precipitación durante meses tradicionalmente húmedos

pueden favorecer:

- Mayor acumulación de humedad antecedente.
- Incremento de la infiltración en laderas.
- Aumento de la escorrentía superficial.
- Mayor persistencia de condiciones de saturación del suelo.

De forma complementaria, la redistribución temporal de las lluvias podría generar una mayor concentración de la precipitación en determinados periodos del año, aumentando la probabilidad de ocurrencia de eventos de lluvia capaces de actuar como factores detonantes de movimientos en masa.

Por otra parte, los periodos con reducción proyectada de precipitación podrían favorecer condiciones de déficit hidrológico temporal. Sin embargo, estas disminuciones no necesariamente compensan los incrementos observados en los meses húmedos, razón por la cual el balance anual proyectado tiende a mostrar incrementos netos de precipitación para gran parte del Distrito Capital.

Los escenarios oficiales de cambio climático indican que la precipitación futura en Bogotá probablemente estará caracterizada por una mayor variabilidad hidrológica y por modificaciones en la distribución temporal de las lluvias. Aunque existen diferencias entre escenarios y horizontes temporales, la señal predominante corresponde a incrementos de precipitación anual acompañados de una reorganización estacional del régimen pluviométrico.

Desde la perspectiva de la gestión del riesgo por movimientos en masa, estos resultados sugieren la necesidad de considerar escenarios futuros con mayores niveles de humedad antecedente y con una posible intensificación de las condiciones favorables para la generación de escorrentía e infiltración en laderas.

En consecuencia, los escenarios de cambio climático constituyen un insumo fundamental para la evaluación de factores detonantes asociados a la precipitación y para la formulación de medidas de adaptación orientadas a fortalecer la resiliencia de los territorios analizados frente a las condiciones climáticas futuras.

4.6.6.3 AJUSTE DE CURVAS IDF BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Con el propósito de incorporar los posibles efectos del cambio climático sobre la ocurrencia de eventos extremos de precipitación, se realizó un ajuste de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) para el polígono analizado.

El ajuste se fundamentó en el escenario climático de referencia adoptado en el presente estudio, correspondiente a un incremento representativo del 20% en los valores de precipitación asociados a los horizontes futuros evaluados para Bogotá D.C. Este porcentaje fue seleccionado a partir de los escenarios oficiales desarrollados por IDEAM e IDIGER y representa una condición conservadora dentro de los rangos de incremento proyectados para la precipitación.

La intensidad ajustada se estima mediante:

$$I_{CC} = F_{CC} \cdot I$$

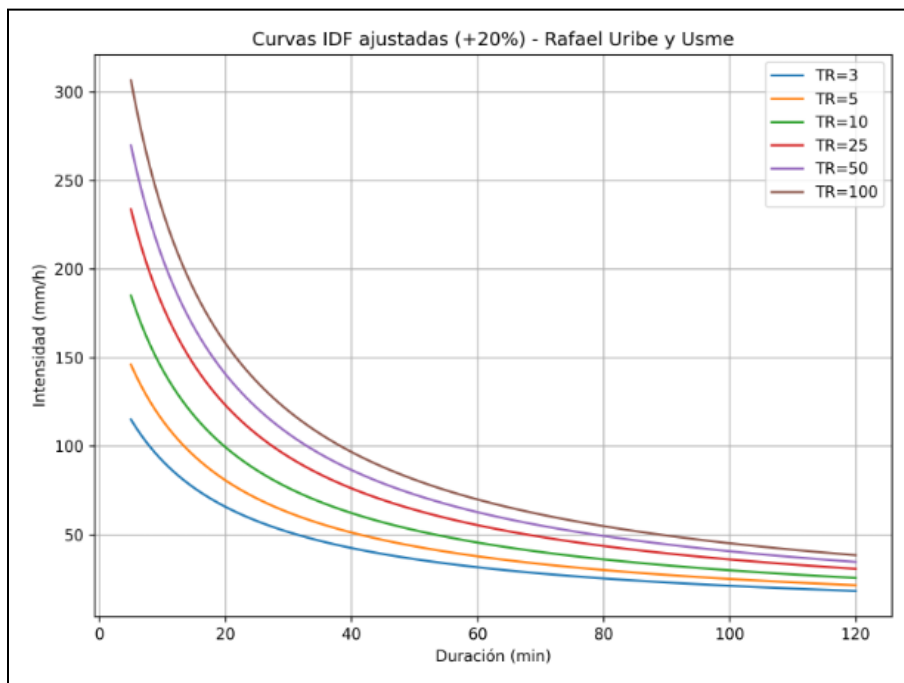
- I_{CC} corresponde a la intensidad ajustada por cambio climático.
- I corresponde a la intensidad obtenida a partir de la curva IDF actual.
- $F_{CC} = 1.20$ representa el factor de ajuste adoptado para el escenario climático considerado.

El procedimiento permite construir curvas IDF ajustadas que representan una condición hidrológica futura potencialmente más exigente, manteniendo las relaciones de frecuencia y duración definidas en las curvas originales.

La Figura 40 presenta las curvas IDF ajustadas por cambio climático para el Polígono 1, mientras que la Tabla 16 resume algunas intensidades ajustadas representativas.

Los resultados muestran incrementos sistemáticos de intensidad para todas las duraciones y periodos de retorno analizados. Para una duración de 5 minutos y un periodo de retorno de 100 años, la intensidad aumenta de 255.52 mm/h en la condición actual a 306.63 mm/h bajo el escenario de cambio climático. De manera similar, para una duración de 120 minutos y el mismo periodo de retorno, la intensidad aumenta de 31.99 mm/h a 38.39 mm/h. Estos resultados representan escenarios hidrológicos futuros potencialmente más exigentes para la evaluación de escorrentía superficial, infiltración y factores detonantes asociados a la precipitación.

Figura 40 Curvas IDF ajustadas mediante un factor climático de 1.20 – Polígono 1.



Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Tabla 16 Intensidades IDF ajustadas – Polígono 1.

Duración (min)	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
5	185.01	233.70	269.78	306.63
15	117.24	145.92	167.12	188.25
30	76.37	93.96	107.00	119.84
60	45.52	55.34	62.67	69.85
120	25.54	30.69	34.57	38.39

Fuente: Consorcio Adaptación 2025

4.6.7 ESCENARIOS DETONANTES ASOCIADOS A LA PRECIPITACIÓN

La precipitación constituye uno de los principales factores detonantes de movimientos en masa en ambientes de ladera, dado que controla procesos de infiltración, generación de escorrentía superficial, variación del contenido de humedad y posibles incrementos de presión de poros en el suelo.

Los resultados hidrológicos obtenidos permiten definir escenarios representativos de comportamiento pluviométrico que pueden ser utilizados posteriormente para la evaluación de factores detonantes asociados a la lluvia.

Dichos escenarios definidos integran la información derivada del análisis de precipitación histórica, déficit hidrológico, variabilidad climática asociada al fenómeno ENSO y escenarios oficiales de cambio climático.

4.6.7.1 ESCENARIO BASE O CONDICIÓN HISTÓRICA DE REFERENCIA

El escenario base corresponde a las condiciones promedio observadas en las series históricas de precipitación. Este escenario representa el comportamiento hidrológico de referencia frente al cual se comparan los demás escenarios construidos. En términos relativos se adopta un factor de ajuste igual a uno (1).

El escenario base representa las condiciones medias de precipitación observadas durante el periodo instrumental analizado y constituye la situación de referencia para la interpretación de los demás escenarios.

4.6.7.2 ESCENARIO ASOCIADO A CONDICIONES NIÑO

Los resultados del análisis ENSO evidenciaron una reducción relativa de la precipitación durante las fases Niño. Para el polígono 1 se obtuvo un factor de ajuste de 0.815, valor que representa escenarios relativamente más secos que la condición promedio observada.

Desde una perspectiva hidrológica, este escenario se asocia con menores aportes de precipitación, reducción de la humedad antecedente y menor probabilidad de saturación prolongada del suelo.

4.6.7.3 ESCENARIO ASOCIADO A CONDICIONES NIÑA

Las condiciones Niña mostraron la relación más consistente con incrementos de precipitación y disminución de los déficits hidrológicos. El factor obtenido fue de 1.183, indicando incrementos relativos importantes respecto a las condiciones medias observadas.

Desde la perspectiva de la amenaza por movimientos en masa, este escenario constituye la condición hidrológica más relevante dentro de la variabilidad climática observada, debido a que favorece mayores niveles de humedad antecedente y una mayor disponibilidad hídrica sobre las laderas.

4.6.7.4 ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Los escenarios oficiales de cambio climático desarrollados por IDEAM e IDIGER indican una tendencia general hacia incrementos de precipitación anual en Bogotá durante el siglo XXI, acompañada por una redistribución temporal de las lluvias. Se identifican aumentos típicos entre 5 % y 20% durante buena parte del siglo y mayores incrementos bajo algunos escenarios de emisiones hacia finales del periodo de análisis.

Con fines de planificación y construcción de escenarios hidrológicos de referencia, se adoptó un factor representativo de incremento del 20%. Este escenario no corresponde a una predicción puntual, sino a una representación simplificada de los cambios proyectados para la precipitación en Bogotá bajo escenarios climáticos futuros.

$$F_{CC} = 1.20$$

4.6.7.5 ESCENARIO COMPUESTO DE SENSIBILIDAD HIDROLÓGICA

Con el propósito de evaluar una condición potencialmente más exigente desde la perspectiva hidrológica, se construyó un escenario compuesto mediante la combinación de:

- Condición Niña.
- Incremento de precipitación asociado al cambio climático.

El factor compuesto se calcula como:

$$F_{Compuesto} = F_{Niña} \cdot F_{CC}$$

Este escenario representa una condición de sensibilidad hidrológica elevada y permite evaluar de manera conservadora posibles incrementos futuros en la disponibilidad hídrica asociados a la superposición de variabilidad climática natural y cambio climático.

Tabla 17 Escenario compuesto Niña + Cambio Climático.

Estación	Factor Compuesto	Incremento Relativo
La Fiscala	1.42	42%

Fuente: Consorcio Adaptación 2025

Es importante resaltar que este escenario no constituye una predicción climática futura, sino una herramienta de análisis orientada a explorar rangos potenciales de respuesta hidrológica.

5 LECTURA INTEGRADA DEL RIESGO CLIMÁTICO

Con base en los resultados de la Evaluación de Riesgos Climáticos retomados en la Política Pública de Acción Climática Bogotá 2050, se realizó una lectura cualitativa de las amenazas climáticas con incidencia potencial en el Polígono 1 – Quebrada Hoya del Ramo. Esta lectura considera la localización del polígono en la localidad de Usme, su relación con el sistema orográfico de montaña, el borde urbano-ambiental de Entrenubes, la presencia de ocupación en ladera y la interacción con el sistema hídrico local. En este sentido, la tabla siguiente no corresponde a una modelación específica de amenaza a escala predial, sino a una interpretación territorial basada en los resultados distritales del PAC y su pertinencia frente a las condiciones físicas, ambientales y sociales del área de estudio.

Con el fin de complementar la lectura de riesgo climático realizada a partir de la Política Pública de Acción Climática Bogotá 2050, se incorporó la información cartográfica disponible del IDIGER para el Polígono 1, correspondiente a amenaza por inundación, movimientos en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales. Esta información permite territorializar los resultados generales del PAC y contrastarlos con las condiciones específicas del área de estudio.

El PAC identifica como amenazas climáticas relevantes para Bogotá las inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa, incendios forestales e islas de calor urbanas, las cuales fueron evaluadas considerando cambios en precipitación y temperatura. Asimismo, señala que las localidades con sistema orográfico de montaña, entre ellas Usme, presentan condiciones relevantes frente a movimientos en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales.

A partir de lo anterior, la evaluación para el Polígono 1 se plantea como una lectura cualitativa integrada, en la cual se cruzan los resultados distritales del PAC con la cartografía temática del IDIGER y las condiciones locales observadas en el territorio.

Tabla 5-1 Lectura integrada del riesgo climático

Índice / amenaza climática	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo / sin amenaza	Observaciones
Amenaza por inundación – IDIGER						De acuerdo con la cartografía del IDIGER, el polígono no presenta una condición generalizada de amenaza por inundación. La mayor parte de las áreas construidas aparecen sin amenaza o sin dato. No obstante, por la presencia de drenajes, escorrentías de ladera y zonas intervenidas, se mantiene una lectura preventiva asociada al manejo del agua superficial.
Riesgo por inundación – PAC						El PAC indica que los mayores IRC por inundación se concentran principalmente hacia el occidente de Bogotá. Para el Polígono 1, la amenaza no parece dominante, pero puede incidir localmente por ocupación de zonas próximas a drenajes, modificación del cauce y concentración de escorrentías.
Amenaza por movimientos en masa – IDIGER						La cartografía del IDIGER muestra sectores con alto riesgo y amenaza alta principalmente en la zona urbana y de borde, especialmente donde existen viviendas, vías, rellenos y laderas intervenidas.
Riesgo por movimientos en masa – PAC						El PAC señala que el IRC por movimientos en masa es alto en localidades con sistema orográfico de montaña, incluyendo Usme. Esta condición es coherente con el Polígono 1, por su localización en ladera, presencia de pendientes, rellenos antrópicos y procesos de ocupación informal.
Amenaza por avenidas torrenciales – IDIGER						En la cartografía del IDIGER predomina una zonificación de amenaza baja para avenidas torrenciales, con sectores sin amenaza o sin dato en las áreas urbanizadas. Sin embargo, la presencia de la quebrada y de drenajes asociados obliga a mantener medidas de manejo hidráulico y control de ocupación en la ronda.
Riesgo por avenidas torrenciales – PAC						El PAC reporta presencia de avenidas torrenciales en Usme. Por tanto, aunque la cartografía puntual del IDIGER muestra amenaza baja en el polígono, esta amenaza debe considerarse dentro del análisis integral, especialmente por la relación del área con la quebrada Hoya del Ramo y las condiciones de ladera.
Amenaza por incendios forestales – IDIGER						La cartografía del IDIGER muestra una distribución heterogénea, con sectores en categorías altas, medias y bajas. Las zonas de mayor amenaza se asocian principalmente a coberturas vegetales, áreas de borde urbano-ambiental y sectores próximos a la matriz seminatural.
Riesgo por incendios forestales – PAC						El PAC señala que las localidades de los Cerros Orientales, incluyendo Usme, presentan IRC muy alto por incendios forestales. En el Polígono 1 esta condición es relevante por su relación con áreas vegetadas, el borde de Entrenubes y la presión antrópica sobre coberturas naturales o seminaturales.
Islas de calor urbanas						Aunque no se cuenta con un mapa específico del IDIGER para esta amenaza en la información suministrada, el componente urbano del polígono puede presentar incremento térmico local por superficies endurecidas, baja arborización en algunos sectores y alta ocupación. No obstante, la cercanía a coberturas vegetales puede moderar parcialmente este efecto.
Sensibilidad territorial frente al cambio climático						Se interpreta como muy alta por la superposición de ocupación urbana vulnerable, laderas intervenidas, rellenos antrópicos, proximidad al sistema hídrico, áreas con amenaza por movimientos en masa e incendios forestales, y presión sobre zonas ambientales.
Capacidad adaptativa territorial						La capacidad adaptativa se considera baja debido a la presencia de ocupación informal, limitaciones en infraestructura, exposición de viviendas en zonas inestables, necesidad de reubicación y dependencia de intervenciones integrales de gestión del riesgo, restauración ecológica y control urbano.
Prioridad para medidas de adaptación y SbN						La prioridad es muy alta, dado que el polígono requiere acciones combinadas de reducción del riesgo, manejo de escorrentías, restauración ecológica, revegetalización, recuperación de corredores hídricos, estabilización superficial y contención de la ocupación sobre zonas ambientalmente sensibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de PAC e IDIGER

En síntesis, la amenaza más determinante para el Polígono 1 corresponde a los movimientos en masa, debido a la presencia de sectores en alto riesgo y amenaza alta dentro de áreas ocupadas. De manera complementaria, los incendios forestales representan una amenaza relevante por la relación del polígono con coberturas vegetales y áreas de borde urbano-ambiental. Las avenidas torrenciales e inundaciones no presentan una condición dominante dentro del polígono, pero deben ser consideradas en el manejo integral del sistema hídrico, especialmente por la modificación de drenajes naturales y la concentración de escorrentías.

Así, la lectura del territorio permite justificar la necesidad de formular medidas de adaptación climática y reducción del riesgo mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza, orientadas a la restauración ecológica de la quebrada, el manejo de aguas superficiales, la estabilización de laderas, la recuperación de coberturas vegetales y la consolidación de un borde urbano-ambiental seguro.

6 PLAN DE ACCIÓN

6.1 IDENTIFICACIÓN DEL ROL ESTRATÉGICO NATURALEZA (CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS Y VISIÓN DE PAISAJE)

La identificación del rol estratégico de la naturaleza corresponde a una etapa de interpretación territorial orientada a reconocer cómo los elementos naturales, seminaturales y restaurables pueden contribuir a la configuración futura del Polígono 1. Esta lectura parte de los resultados obtenidos en la línea base, la caracterización de matrices y parches, la oferta ecosistémica, los tensores y las necesidades socioecológicas, con el fin de establecer las funciones que puede cumplir la naturaleza en la reducción del riesgo, la adaptación climática, el manejo de la ocupación y la recuperación funcional del paisaje.

Para el presente estudio, la naturaleza no se entiende únicamente como cobertura vegetal existente, sino como un componente estructurante del territorio, capaz de aportar a la protección del suelo, la regulación de escorrentías, la recuperación de áreas degradadas, la conectividad ecológica, la contención del crecimiento urbano no regulado y la generación de espacios de apropiación social compatibles con las condiciones ambientales y de riesgo del polígono.

En este sentido, el rol de la naturaleza se enfoca en los elementos que tienen incidencia directa sobre la funcionalidad territorial del área de estudio, tales como las líneas de escorrentía superficial, las coberturas vegetales, las zonas de borde, los sectores con rellenos antrópicos, las áreas degradadas y los espacios con potencial de recuperación ecológica o manejo paisajístico.

Bajo este enfoque, se reconocen dos conceptos estratégicos para orientar la visión futura del Polígono 1: la rehabilitación forestal de ladera, enfocada principalmente en la matriz seminatural y en las áreas degradadas del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes que hacen parte del área de estudio; y la integración paisajística y manejo de áreas liberadas, orientada principalmente a la matriz urbana en desarrollo, los sectores con restricciones por riesgo, los predios liberados o con potencial de manejo y los espacios donde se requieren intervenciones urbanísticas de bajo impacto.

Estos dos conceptos permiten construir una visión de paisaje coherente con la escala del

polígono y con las problemáticas identificadas, articulando la recuperación ambiental, la reducción del riesgo, el manejo de escorrentías, la contención del borde urbano y el mejoramiento progresivo de las condiciones de habitabilidad del sector.

6.1.1 REHABILITACIÓN FORESTAL DE LADERA

La rehabilitación forestal de ladera se orienta a recuperar o fortalecer las funciones del suelo y la vegetación en la regulación de escorrentías, el control de erosión, la estabilización superficial y la protección de áreas intervenidas. En sectores de ladera, la cobertura vegetal cumple un papel fundamental, ya que contribuye a interceptar la lluvia, aumentar la rugosidad superficial, favorecer la infiltración, disminuir la velocidad del flujo superficial y reducir la pérdida de suelo.

En el Polígono 1, este concepto adquiere relevancia por la presencia de áreas intervenidas, sectores con coberturas degradadas, zonas con retamo espinoso, llenos antrópicos, procesos erosivos y condiciones de amenaza por movimientos en masa e incendios forestales. En este contexto, la naturaleza cumple un papel estratégico en la protección del suelo, en la recuperación de coberturas vegetales y en la disminución de la susceptibilidad a procesos de inestabilidad superficial.

La recuperación de coberturas vegetales, el manejo de aguas superficiales, la estabilización de zonas intervenidas y la revegetalización de sectores degradados pueden contribuir a disminuir los procesos erosivos, mejorar la respuesta del terreno ante eventos de lluvia y reducir la pérdida progresiva de suelo.

Efectos de las masas forestales

En relación con la conservación del suelo, las masas forestales contribuyen a la reducción de la erosión de forma directa e indirecta.

De forma directa:

- i. Amortiguan el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo, absorbiendo parte de su energía cinética y disminuyendo la separación y transporte de partículas.
- ii. Ofrecen resistencia al movimiento del agua superficial, reduciendo la velocidad del escurrimiento y favoreciendo una conducción más controlada sobre la ladera.

iii. Las raíces contribuyen a la sujeción del suelo, disminuyendo su disgregación y controlando la progresión de surcos, regueros y pequeños procesos erosivos.

De forma indirecta, la vegetación y sus restos orgánicos mejoran la estructura del suelo mediante la incorporación de materia orgánica, lo cual incrementa su resistencia a la erosión, mejora la infiltración y favorece la recuperación funcional de áreas degradadas.

Las fichas relacionadas con este desarrollo conceptual de rehabilitación forestal son:

Ficha 1. Protección y conservación de ecosistemas de importancia ecológica.

Ficha 2. Recuperación de áreas afectadas por retamo espinoso.

Ficha 3. Definición de estrategia con especies vegetales para la mitigación de incendios forestales.

6.1.2 INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA Y MANEJO DE ÁREAS LIBERADAS

La integración paisajística y el manejo de áreas liberadas se relacionan con la gestión socioambiental de sectores que, por sus condiciones de riesgo, amenaza o restricción de uso, requieren ser recuperados y administrados para evitar nuevas ocupaciones. Este concepto es relevante en el Polígono 1, especialmente en áreas asociadas a procesos de reubicación, predios liberados, zonas con llenos antrópicos, sectores degradados y bordes urbanos en contacto con áreas ambientales.

Desde el punto de vista normativo, la Ley 388 de 1997 establece que las áreas catalogadas como de riesgo no recuperable, una vez desalojadas mediante planes o proyectos de reubicación, deben ser entregadas a la autoridad ambiental para su manejo y cuidado, con el fin de evitar nuevas ocupaciones. De manera complementaria, el Decreto 2480 de 2005 señala la necesidad de definir programas para el manejo y control de áreas liberadas, mientras que la Ley 2294 de 2023 incorpora la coordinación de acciones de reasentamiento, gestión del suelo y adaptación al cambio climático para asentamientos localizados en alto riesgo.

En el ámbito distrital, el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, adoptado mediante el Decreto 555 de 2021, define los suelos de protección por riesgo e incluye las zonas de alto riesgo no mitigable y las zonas en amenaza alta con restricción de uso. Estas áreas no son aptas para procesos de urbanización o construcción permanente, por lo que deben

orientarse hacia usos compatibles con la conservación, la restauración, la reducción del riesgo y la adaptación climática.

Las Áreas de Resiliencia Climática y Protección por Riesgo hacen parte de las áreas complementarias para la conservación y pueden corresponder a predios públicos o privados. Su régimen de usos permite actividades de conservación y restauración como usos principales; investigación y monitoreo como usos compatibles; y, bajo condiciones específicas, actividades sostenibles como viverismo, agricultura urbana y periurbana, agroecología, contemplación, recreación pasiva y prestación de servicios públicos compatibles con su función de protección.

Tabla 6-1 Régimen de usos de las Áreas de Resiliencia Climática y protección por riesgo

Usos principales	Usos compatibles	Usos condicionados	Usos prohibidos
Conservación Restauración: -Restauración de ecosistemas -Recuperación de ecosistemas. -Rehabilitación de ecosistemas y medidas estructurales de reducción del riesgo.	Conocimiento: -Investigación y monitoreo	Sostenible: Viverismo, agricultura urbana y periurbana, agroecología. Actividades de contemplación, observación y conservación, actividades recreativas y actividades relacionadas con la prestación de servicios públicos.	Todos aquellos usos y/o actividades conexas que no están contemplados dentro de los usos permitidos, compatibles o condicionados.

Fuente: Elaboración propia a partir del POT (Decreto 555 de 2021)

En este contexto, el manejo de áreas liberadas no debe limitarse a su cerramiento o abandono, ya que estas condiciones pueden favorecer procesos de reinvasión, deterioro ambiental o pérdida de control institucional. Por el contrario, estos sectores deben incorporarse a una estrategia de integración paisajística que permita asignarles una función clara dentro del territorio, ya sea como áreas de restauración, franjas verdes, parques de borde, espacios de transición, viveros comunitarios, huertas urbanas condicionadas o zonas de amortiguación entre la matriz urbana en desarrollo y las áreas seminaturales.

Para el Polígono 1, este concepto también permite incorporar intervenciones urbanísticas de bajo impacto orientadas a mejorar las condiciones de habitabilidad y dignificar el entorno barrial. En la matriz urbana en desarrollo, la ausencia de vías formalizadas, la presencia de senderos y vías destapadas, y el manejo deficiente de aguas lluvias favorecen la concentración de escorrentías, la formación de surcos, el deterioro de accesos y pequeños

procesos erosivos. Por tanto, la integración paisajística debe considerar soluciones como senderos permeables, cunetas verdes, zanjas de infiltración, pasos peatonales drenantes, franjas vegetadas, jardines de lluvia y manejo superficial de aguas, de forma que se reduzca la erosión y se mejore la calidad del espacio urbano sin generar endurecimientos incompatibles con las condiciones del terreno.

De esta manera, la integración paisajística y el manejo de áreas liberadas permiten articular la reducción del riesgo, la restauración ecológica y el mejoramiento urbano. En el Polígono 1, este concepto puede materializarse mediante la recuperación de predios liberados, la consolidación de un borde urbano de contención, el manejo de escorrentías en senderos y vías destapadas, la revegetalización de áreas degradadas y la generación de espacios comunitarios compatibles con la función de protección del suelo.

Las fichas relacionadas con este concepto son:

Ficha 4. Tratamiento paisajístico de las áreas liberadas

Ficha 5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión, mediante obras verdes, azules o híbridas.

Ficha 6. Estrategia de separación de residuos sólidos.

6.2 PRIORIZACIÓN DE LAS OPCIONES PARA EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

La priorización de las opciones para el diseño y la implementación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en el Polígono 1 se desarrolla a partir de la relación entre la oferta ecosistémica identificada, los tensores territoriales reconocidos, las necesidades socioecológicas del área de estudio y el rol estratégico de la naturaleza definido previamente. Esta priorización permite orientar las acciones hacia los sectores donde las SbN pueden aportar de manera más efectiva a la reducción del riesgo, la adaptación climática, la recuperación ambiental y el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad.

Este proceso se articula con los lineamientos del Plan de Acción Climática de Bogotá 2020-2050 (PAC), en la medida en que las acciones priorizadas buscan aumentar la capacidad adaptativa del territorio frente a riesgos climáticos actuales y futuros, mediante estrategias de protección de la biodiversidad, conservación de servicios ecosistémicos, infraestructura verde, estabilización del suelo, reducción del riesgo por incendios forestales y mejoramiento de la resiliencia urbana. En este sentido, el PAC constituye un marco orientador para vincular las SbN con las necesidades de adaptación climática, gestión del riesgo y sostenibilidad territorial del polígono.

De manera complementaria, la priorización se relaciona con el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (Decreto 555 de 2021), especialmente en lo referente a la gestión del riesgo, los suelos de protección, las Áreas de Resiliencia Climática y Protección por Riesgo, la Estructura Ecológica Principal y la posibilidad de asignar usos compatibles a predios o sectores con restricciones. Bajo este marco, las acciones propuestas no solo responden a problemáticas ambientales o físicas del área de estudio, sino que también se orientan a consolidar usos compatibles con las condiciones de amenaza, riesgo y valor ambiental presentes en el territorio.

Para el presente polígono, la priorización se estructura en torno a dos conceptos estratégicos: la rehabilitación forestal de ladera y la integración paisajística y manejo de áreas liberadas. El primero se enfoca principalmente en la matriz seminatural, las áreas degradadas del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes, los sectores con pérdida de cobertura, presencia de retamo espinoso, amenaza por incendios forestales,

erosión e inestabilidad superficial. El segundo se orienta a la matriz urbana en desarrollo, los predios o sectores con potencial de liberación, las áreas con ocupación incompatible, los bordes urbanos, los senderos y vías destapadas, y los espacios donde se requieren intervenciones urbanísticas de bajo impacto.

En este sentido, la priorización no se plantea como una selección aislada de acciones, sino como un proceso de articulación entre problemáticas territoriales, oportunidades de intervención y lineamientos de planificación ambiental, climática y territorial. Las SbN priorizadas buscan responder a las condiciones específicas del Polígono 1, evitando sobredimensionar el alcance de las intervenciones y concentrando los esfuerzos en acciones viables, localizadas y coherentes con la escala del área de estudio.

6.2.1 ACCIONES Y SUBACCIONES CON ARTICULACIÓN A LAS SBN

El Plan de Acción Climática define un total de 15 acciones relacionadas con la adaptación climática y de ellas se desprenden subacciones, a continuación, se indican las acciones y subacciones que se relacionan con la conceptualización de las SbN con aplicación al polígono de estudio

Tabla 6-2 Acciones y Subacciones del PAC relacionadas con el polígono

Acción PAC	Subacción aplicable	Relación con el Polígono 1	Fichas asociadas
2. Implementación de estrategias para la preservación, conservación, restauración y manejo de áreas protegidas declaradas y otras de interés ambiental en el contexto de la crisis climática	2.1. Implementar el Plan para la Gestión del Sistema Distrital de Áreas Protegidas y de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá D.C. para aportar en la consolidación de la resiliencia socioecosistémica al cambio climático.	Aplica a la matriz seminatural y a las áreas del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes que hacen parte del polígono, donde se requiere conservar coberturas, proteger el suelo y mantener la funcionalidad ecológica.	Ficha 1. Protección y conservación de ecosistemas de importancia ecológica.
	2.3. Implementar el Plan Distrital Participativo de Restauración y Rehabilitación Ecológica o Recuperación Ambiental del D.C. 2020-2050, como estrategia para contribuir al incremento de la resiliencia socioecosistémica de la ciudad y la región.	Se relaciona con la recuperación de áreas degradadas, la rehabilitación forestal de ladera, el control de retamo espinoso y la revegetalización de sectores con pérdida de cobertura o procesos erosivos.	Ficha 1. Protección y conservación de ecosistemas de importancia ecológica. Ficha 2. Recuperación de áreas afectadas por retamo espinoso.
8. Implementación de un programa de gestión del suelo para la resiliencia climática en zonas en condición de amenaza o riesgo	8.2. Implementar acciones preventivas en suelos de protección por riesgo que impulsen la apropiación ciudadana y espacios públicos accesibles, dotados y seguros.	Aplica a sectores con ocupación incompatible, áreas con potencial de reubicación o liberación y zonas donde se requiere transformar el suelo recuperado en espacios compatibles con la reducción	4. Tratamiento paisajístico de las áreas liberadas 6. Estrategia de separación de residuos sólidos.

Acción PAC	Subacción aplicable	Relación con el Polígono 1	Fichas asociadas
		del riesgo y la apropiación social.	
	8.4. Formular y aplicar las acciones urbanísticas y demás instrumentos normativos que permitan establecer y mantener los condicionamientos o restricciones al uso del suelo que ha sido recuperado por riesgo climático o que tiene el potencial de prevenir o mitigar los efectos del cambio climático en el Distrito Capital.	Se relaciona con la necesidad de controlar nuevas ocupaciones, consolidar un borde urbano de contención y mantener usos compatibles en áreas liberadas o restringidas por riesgo.	4. Tratamiento paisajístico de las áreas liberadas 5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión mediante obras verdes, azules o híbridas.
11. Gestión del riesgo por incendio forestal para la adaptación y resiliencia de las comunidades y los ecosistemas al cambio climático	11.3. Implementar acciones para la diversificación de la vegetación con especies de baja combustibilidad, como estrategia para la mitigación de incendios de la cobertura vegetal en zonas de interfaz urbano-rural.	Aplica al borde urbano-ambiental, la matriz seminatural y los sectores con amenaza por incendios forestales o presencia de retamo espinoso, donde se requiere manejo de coberturas y selección adecuada de especies.	3. Definición de estrategia con especies vegetales para la mitigación de incendios forestales. 2. Recuperación de áreas afectadas por retamo espinoso.
14. Fortalecimiento y consolidación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) para la adaptación al cambio climático ante eventos de precipitaciones extremas	14.1. Incorporar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el espacio público efectivo de las obras de infraestructura de la ciudad.	Aplica de manera ajustada a la matriz urbana en desarrollo, especialmente en senderos, vías destapadas y zonas donde las aguas lluvias generan escorrentía concentrada, surcos, erosión localizada y deterioro de accesos.	5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión mediante obras verdes, azules o híbridas. 4. Tratamiento paisajístico de las áreas liberadas
15. Implementación de obras de adaptación al cambio climático a partir de criterios de SbN en los proyectos de infraestructura que se realicen en el Distrito Capital	15.2. Construir obras para la reducción del riesgo y adaptación a la crisis climática, involucrando criterios de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).	Aplica a sectores con procesos erosivos, inestabilidad superficial, rellenos antrópicos, concentración de escorrentía y áreas degradadas donde se requieran medidas de estabilización y reducción del riesgo.	5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión mediante obras verdes, azules o híbridas.
15. Implementación de obras de adaptación al cambio climático a partir de criterios de SbN en los proyectos de infraestructura que se realicen en el Distrito Capital	15.4. Construir obras de bioingeniería para el manejo de drenajes, que reduzcan el riesgo climático y aumenten la capacidad de adaptación del Distrito Capital.	Aplica al manejo de drenajes menores, líneas de escorrentía superficial, senderos erosionados y vías destapadas, sin entenderlo como intervención directa sobre el cauce principal de la quebrada Hoya del Ramo.	5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión mediante obras verdes, azules o híbridas.

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 FICHAS PARA LAS PROPUESTAS CONCEPTUALES DE LAS SBN

A continuación, se relaciona las propuestas conceptuales relacionadas con el polígono 1

6.2.2.1 Ficha 1. Protección y Conservación de ecosistemas de importancia ecológica

Elemento transversal: Rehabilitación forestal de ladera
Servicio ecosistémico para mejorar: Regulación
Relación con el PAC Acción: 2 Subacción: 2.1 y 2.3
Desafío Social (UICN): a) Reducción del riesgo de desastres. b) Adaptación al cambio climático. c) Pérdida de biodiversidad y degradación ambiental.
Enfoque de SbN: Reducción de Riesgos de Desastres Basada en Ecosistemas (Eco-RRD). Adaptación basada en ecosistemas. Gestión de áreas protegidas y restauración ecológica.
1. Objetivos: Proteger, conservar y fortalecer las áreas de importancia ecológica presentes en el Polígono 1, especialmente aquellas asociadas a la matriz seminatural y al Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes, mediante acciones de rehabilitación forestal de ladera, recuperación de coberturas vegetales, control de degradación, manejo de especies invasoras y reducción de procesos erosivos.
Ubicación: Áreas seminaturales y degradadas del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes que hacen parte del Polígono 1, así como sectores de borde con pérdida de cobertura, procesos erosivos, presencia de retamo espinoso o amenaza por incendios forestales.
2. Enfoque: De acuerdo con los enfoques definidos por la UICN para la aplicación de SbN, la propuesta conceptual, que se aplica en esta ficha es; Protección en lo que respecta a la Gestión de Áreas Protegidas
Enfoques de protección de los ecosistemas Las áreas protegidas se consideran una estrategia para la conservación de la biodiversidad basándose en la planificación del territorio, cumpliendo con la función de asegurar la función y los servicios ecosistémicos en áreas naturales o seminaturales a largo plazo; por tales motivos la intervención humana es restringida dependiendo de la zona protegida en favor del medio natural, mientras se proteja el hábitat, las especies y las funciones ecosistémicas se mantendrá una belleza natural y los recursos naturales como abastecimiento. La protección de los ecosistemas contribuye de manera significativa a la mitigación del cambio climático, ya que aporta depósitos de carbono en suelos y vegetación tal como afirma la UICN (2017) citada por Ayazo-Toscano & Hernández-Palma Fuente especificada no válida.
<p><i>“los ecosistemas contribuyen a reducir el riesgo de desastres de múltiples formas, especialmente como infraestructura natural como humedales, bosques y sistemas costeros puede reducir la exposición física ante eventos climáticos extremos —como las inundaciones, la erosión costera, las marejadas, los ciclones, los incendios forestales y las sequías— al servir como barreras naturales o amortiguadores que mitigan los impactos de estas amenazas”</i></p>
Gestión de Áreas Protegidas El Protected Areas Management (PMA) es un espacio definido, reconocido, dedicado y gestionado con medios legales para lograr la conservación a largo plazo de la naturaleza con los servicios ecosistémicos y los valores culturales asociados (UICN, 2016). Las Actividades de conservación permiten actividades de gestión como poda de árboles, aprovechamiento de recursos no maderables o eliminación de especies invasoras cuyo objetivo es mantener un área en un estado natural o seminatural específico Fuente especificada no válida.
El pago por servicios ambientales surge como un método para aportar soluciones a las fallas de mercado, cuyo objetivo es corregir las externalidades presentes en la mayoría de los bienes y servicios ambientales,

permitiendo una gestión de protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales más sustentable (González & Riascos, 2007).

3. Definición de actividades (Herramientas o Técnicas):

Las acciones propuestas para esta ficha se orientan a conservar las coberturas existentes, recuperar sectores degradados y mejorar la funcionalidad ecológica de la ladera. Se plantean las siguientes actividades:

- a) Delimitación y señalización de áreas de protección y conservación.
Identificar los sectores de mayor valor ecológico dentro de la matriz seminatural, especialmente aquellos con coberturas vegetales continuas, función de conectividad o cercanía a áreas degradadas, para evitar nuevas intervenciones, ocupaciones o afectaciones.
- b) Rehabilitación de coberturas vegetales en sectores degradados.
Realizar enriquecimiento vegetal, revegetalización y recuperación de áreas con pérdida de cobertura, priorizando especies nativas o funcionales para protección del suelo, reducción de erosión y mejoramiento de la estabilidad superficial.
- c) Control de procesos erosivos superficiales.
Implementar medidas blandas o híbridas para disminuir la pérdida de suelo, tales como barreras vivas, fajinas, trinchos vivos, acolchados orgánicos, revegetalización de surcos y manejo de escorrentías menores.
- d) Manejo de especies invasoras.
Controlar la presencia de retamo espinoso en sectores identificados dentro del polígono, mediante retiro progresivo, manejo de rebrotes, disposición adecuada del material vegetal y sustitución por especies nativas o de baja combustibilidad.
- e) Manejo preventivo frente a incendios forestales.
Reducir acumulación de material combustible, evitar coberturas altamente inflamables en zonas de interfaz urbano-ambiental y promover arreglos vegetales con especies adecuadas para disminuir la propagación del fuego.
- f) Control de accesos y senderos informales.
Identificar senderos o pasos no controlados que generen fragmentación, compactación del suelo o erosión, con el fin de definir cierres blandos, reconducción de tránsito peatonal o recuperación vegetal de áreas afectadas.
- g) Monitoreo comunitario e institucional.
Promover acciones de seguimiento sobre el estado de las coberturas, presencia de invasoras, focos de erosión, residuos, quemados o nuevas ocupaciones, articulando la gestión institucional con procesos de apropiación social.

3.1 Requiere estudio	Si	No
	x	

3.2 Descripción del estudio

Para la implementación de esta ficha se requiere una verificación detallada en campo que permita precisar el estado de las coberturas vegetales, el grado de degradación de los sectores priorizados, la presencia de especies invasoras, los puntos de erosión, los senderos informales y las condiciones de amenaza por incendios forestales.

El estudio deberá incluir como mínimo:

- a) Delimitación cartográfica de las áreas seminaturales y sectores degradados.
- b) Identificación de coberturas vegetales existentes y estado de conservación.
- c) Inventario preliminar de especies invasoras, especialmente retamo espinoso.
- d) Identificación de puntos con erosión superficial, surcos, pérdida de suelo o compactación.
- e) Reconocimiento de senderos informales, accesos y zonas con presión antrópica.
- f) Definición de especies recomendadas para revegetalización, restauración y manejo preventivo de incendios.
- g) Verificación de restricciones ambientales y compatibilidad con el régimen de manejo del Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes.

3.3 Requiere estudios de exploración de suelos y ecosistemas	SI	NO
		x

5. Escalabilidad y replicabilidad

La ficha es replicable en otros sectores donde existan áreas seminaturales, coberturas vegetales con valor ecológico, zonas degradadas, presencia de retamo espinoso o bordes urbano-ambientales con presión antrópica. Su implementación puede realizarse de manera progresiva, priorizando inicialmente los sectores con mayor coincidencia entre degradación ambiental, amenaza por incendios forestales, erosión y pérdida de conectividad.

La escalabilidad dependerá de la disponibilidad de áreas, la articulación institucional, la aceptación comunitaria y la compatibilidad de las acciones con el régimen de manejo ambiental aplicable. En todos los casos, las intervenciones deberán mantener un enfoque de bajo impacto y privilegiar la recuperación de funciones ecológicas propias de la ladera.

6. Seguimiento y Monitoreo

El seguimiento deberá orientarse a verificar la efectividad de las acciones de conservación y rehabilitación forestal. Se recomienda evaluar periódicamente:

- Supervivencia y desarrollo de especies plantadas.
- Reducción o control de retamo espinoso.
- Disminución de puntos de erosión superficial.
- Recuperación de cobertura vegetal en áreas intervenidas.
- Presencia de residuos, quemados o afectaciones antrópicas.
- Control de senderos informales y nuevas ocupaciones.
- Estado general de las áreas de borde entre la matriz seminatural y la matriz urbana en desarrollo.

El monitoreo debe involucrar a las entidades responsables del manejo ambiental y, cuando sea posible, a la comunidad del sector, con el fin de fortalecer la apropiación social y reducir la recurrencia de prácticas que generen degradación.

7. Evaluación

La evaluación de la ficha deberá realizarse a partir del cumplimiento de los objetivos de conservación, recuperación de cobertura y reducción de degradación. Como indicadores mínimos se proponen:

Indicador	Unidad sugerida
Área con acciones de protección o conservación	m ² o ha
Área revegetalizada o rehabilitada	m ² o ha
Número de individuos vegetales establecidos	unidad
Porcentaje de supervivencia vegetal	%
Área con control de retamo espinoso	m ² o ha
Número de focos erosivos tratados	unidad
Número de senderos informales controlados o recuperados	unidad
Número de jornadas de mantenimiento o monitoreo	unidad

La evaluación deberá considerar no solo el establecimiento inicial de las acciones, sino su permanencia en el tiempo, la reducción de presiones antrópicas y la recuperación progresiva de la funcionalidad ecológica de la matriz seminatural.

8. Fuentes Bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Bogotá. Plan de Acción Climática de Bogotá 2020-2050.
- Decreto 555 de 2021. Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza como mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático.
- UICN. Soluciones basadas en la naturaleza para abordar desafíos sociales globales.
- Secretaría Distrital de Ambiente. Lineamientos y guías para restauración ecológica, rehabilitación y recuperación ambiental en Bogotá.

6.2.2.2 Ficha 2. Recuperación de áreas afectada por retamo espinoso

Elemento transversal: Rehabilitación Forestal		
Servicio ecosistémico para mejorar: Sostenimiento		
Relación con el PAC	Acción: 2 y 11	Subacción: 2,3 y 11.3
Desafío Social (UICN): <ul style="list-style-type: none"> a) Mitigación y adaptación al cambio climático a) Pérdida de la biodiversidad 		
Enfoque de SbN: Adaptación basada en Ecosistemas (Eco-RRD)		
1.Objetivos: Recuperar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas afectados por la especie retamo		
2. Enfoque: Programa de silvicultura, restauración ecológica y manejo de áreas afectadas por retamo espinoso		
<p>La gestión basada en los ecosistemas reconoce todas las interacciones presentes en un ecosistema, abarcando tanto a los seres humanos como a otros elementos, en lugar de abordar cuestiones individuales, especies o servicios de manera aislada (Christensen et al., 1996). Este enfoque implica la integración de prácticas relacionadas con el recurso hídrico, las zonas costeras y la gestión integral de incendios.</p>		
Gestión Sostenible de la Tierra y Manejo Integrado de Incendios		
<p>La Gestión Sostenible de la Tierra (GST o SML en inglés) fue definida por la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992 como la utilización de los recursos terrestres, como suelos, agua, animales y plantas, para la producción de bienes que satisfagan las cambiantes necesidades humanas. Al mismo tiempo, busca garantizar el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y mantener sus funciones ambientales. Esta aplicación abarca prácticas de gestión en agricultura y silvicultura, dirigidas a preservar los servicios de los ecosistemas y los medios de subsistencia. La GST ha sido adaptada y probada en diversas ubicaciones para reducir la expansión de las zonas áridas y la erosión en pendientes. Ejemplos de GST son diversos y están registrados en el Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación (WOCAT), una red global que recopila prácticas aplicadas en todo el mundo (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021).</p>		
<p>En algunos casos, el Manejo Integrado de Incendios puede ser un componente crucial de la Gestión Sostenible de la Tierra. Su objetivo es equilibrar los efectos positivos y negativos del fuego en el entorno natural y socioeconómico de un paisaje o área específica, reduciendo el riesgo de incendios forestales que amenazan la vida humana y las funciones de los ecosistemas. El Centro Global de Monitoreo de Incendios (GFMC) ha desarrollado diversos recursos, como estudios de casos y ejemplos de diferentes ecosistemas y regiones de todo el mundo, para respaldar la gestión de incendios (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021).</p>		
3. Definición de actividades:		
<p>Para adelantar las acciones de reconversión se deberá realizarse un diagnóstico, zonificación y priorización de las áreas afectadas con retamo espinoso, teniendo en cuenta las investigaciones adelantadas por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, por el Jardín Botánico. En el geoportal del IDECA y el Visor Geográfico Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente se encuentra el registro de información con algunas áreas que tiene presencia de <i>Ulex europaeus</i> L.</p>		
Eliminación del complejo de retamo		
<p>Consiste en la intervención directa del complejo, ya sea de manera manual o mecánica, realizando la selección cuidadosa de los matorrales de retamo y respetando de manera organizada la flora nativa presente en la zona objetivo. En este tipo de control, se suelen utilizar herramientas manuales como el machete, o dispositivos mecánicos como la motosierra o guadaña; es esencial garantizar que las semillas</p>		

no se dispersen en la región intervenida para prevenir la propagación del retamo hacia otras áreas (SDA, 2014).

Con base en lo mencionado, se propone llevar a cabo el control del complejo de retamo de la siguiente manera (SDA, 2014):

Eliminación de la parte aérea: Esta actividad implica administrar los matorrales de retamo a través del corte de la porción visible, con el objetivo de prevenir la dispersión de semillas y facilitar el control de futuras invasiones. Inicialmente, se llevará a cabo un manejo específico de las semillas y flores mediante el uso de tijeras de jardinería, asegurando un completo aislamiento de estas partes del arbusto del resto. Cuando los matorrales alcancen una altura superior a 1,50 metros, se procederá a derribar el ejemplar y, una vez en el suelo, se llevará a cabo la eliminación de flores y semillas. En este sentido, la intervención en la porción aérea debe realizarse con precaución, mediante cortes secos en la base, para evitar movimientos excesivos del retamo.

Una vez que se haya logrado el aislamiento total del material reproductivo, que en este caso son las semillas, es necesario embalarlas en lonas industriales. Este proceso tiene como objetivo prevenir la dispersión de las semillas y facilitar su manejo posterior, que puede incluir opciones como la incineración o la germinación controlada. En el caso de la germinación controlada, se lleva a cabo en un semillero ubicado en el área afectada, donde las semillas recolectadas durante el corte selectivo son inducidas a germinar. De esta manera, una vez que las plantas han brotado, se vuelven más manejables y pueden ser eliminadas cuando aún son pequeñas.

Para gestionar la porción vegetativa, que comprende desde la base del matorral hasta el punto donde se efectuó la poda de flores y semillas, se aconseja llevar a cabo cortes ordenados con machete o motosierra. Es esencial realizar esta tarea de forma organizada, empleando los elementos de protección personal adecuados para prevenir posibles accidentes laborales.

Los desechos vegetales, como troncos y ramas, deben ser dispuestos en montones separados entre sí para facilitar el tratamiento posterior. Se sugiere utilizar herramientas manuales, como el machete, para esta labor, especialmente cuando la altura de los matorrales de retamo supera los 0,60 metros. Este enfoque se justifica porque, a esta altura, los tallos han experimentado un proceso de engrosamiento, lo que hace técnicamente inviable el uso de herramientas mecánicas como la guadaña. El manejo de la vegetación nativa que se encuentre en cercanías al retamo deberá ser aislada, mediante la elaboración de un plato (plateo) de mínimo 1 metro de diámetro.

Eliminación de la parte subterránea: Esta tarea se llevará a cabo una vez que el área esté libre de cualquier rastro visible de retamo, es decir, después de haber realizado el corte de todas las plantas. Con el objetivo de prevenir la continua dispersión del retamo durante períodos cortos, aproximadamente cada cuatro meses, se realizará una intervención directa en las raíces de los matorrales utilizando herramientas manuales. Es esencial realizar esta actividad con precisión, extrayendo completamente las raíces de las plantas para evitar que nuevas plántulas de retamo prosperen a través del rebrote de las raíces (SDA, 2014).

Para llevar a cabo esta tarea, se utilizarán herramientas como la pica y el azadón. Se iniciará con el volcamiento del suelo mediante la pica, creando huecos para aflojarlo. Una vez completada esta etapa, se procederá al arrastre de las raíces con el azadón para asegurarse de que no queden pequeños fragmentos de raíces en el lugar. Posteriormente, se realizará un barrido completo del área intervenida con un rastrillo, dejando el sitio completamente desprovisto de raíces o restos de retamo (SDA, 2014).

Manejo de residuos:

Después de completar la actividad de control del complejo mediante la eliminación de las partes aéreas y subterráneas de los matorrales de retamo, se llevará a cabo el manejo responsable de los residuos vegetales para evitar trasladar el problema a otras áreas. Existen diversas metodologías para gestionar estos residuos, y entre las opciones disponibles se encuentran las siguientes (puede elegir la que mejor se adapte a sus necesidades) (SDA, 2014):

- **Compostaje:** El Jardín Botánico José Celestino Mutis ha implementado este proceso en los últimos años. Consiste en la pulverización o bioextrusión del material chipecado en el campo. Una vez que el material se apila u organiza en el área, se corta en trozos muy pequeños (idealmente con una bioextrusora) para reducir el tamaño de las ramas y facilitar su embalaje en lonas industriales.

Para crear el compost, es crucial inicialmente mezclar todos los residuos secos y húmedos para lograr una combinación adecuada. A continuación, se preparan las camas donde se depositarán estos residuos, mezclándolos de manera equitativa con residuos orgánicos, como restos de comida o materiales vegetales de otras especies como pinos, eucaliptos o acacias. La dimensión de estas camas dependerá de la cantidad de residuos generados.

Una vez que todos los elementos estén bien mezclados, se realizarán "volteos" de manera constante, al menos una vez al día, para garantizar una buena aireación del compost. No se aconseja cubrir la mezcla, ya que esto podría provocar malos olores y la proliferación de mosquitos. En caso de que el compost esté demasiado seco, se debe agregar agua, mientras que, si está demasiado húmedo, es favorable añadir material seco. Para evaluar si el compost se encuentra en condiciones óptimas, se tomará una porción y se apretará; si no gotea ni se desmorona, el producto estará listo en aproximadamente 4 a 6 meses.

Una vez obtenido el compost, se procederá a utilizarlo como abono orgánico en los futuros procesos de siembra de especies nativas. Estas plantas complementarán la eliminación de los matorrales y proporcionarán sombra para controlar la posible reaparición del retamo.

- **Incineración controlada:** De manera similar al proceso de compostaje, los residuos derivados de la eliminación del retamo deben ser organizados en montículos, los cuales serán posteriormente recogidos por una empresa especializada en la gestión de este tipo de residuos. Estos residuos se transportarán en vehículos sellados para su disposición final en cámaras de incineración controlada, donde se degradarán a altas temperaturas, transformándose en gases y componentes sólidos. Es crucial destacar que esta actividad implica un costo, ya que se debe pagar por la incineración, calculado por metro cúbico de residuo generado.
- **Material para aprovechamiento en el sitio:** Esta metodología implica organizar de manera estructurada en el área de corte el material resultante de la poda. Esta opción es respetuosa con los suelos, ya que aporta nutrientes generados por la descomposición natural del complejo intervenido. Sin embargo, para llevar a cabo esta alternativa, es imperativo haber realizado previamente un manejo adecuado de las flores y semillas, como se detalló anteriormente en la sección "Eliminación de la parte aérea". Este enfoque es esencial para evitar la dispersión de semillas y el eventual crecimiento de nuevas plantas de retamo en un corto período.

Establecimiento de vegetación nativa

Seguido a esto se propone el establecimiento de árboles de porte alto, follaje denso (que ofrezcan coberturas bajo ellos con una disminución de la intensidad solar mayor al 50%) y rápido crecimiento. Una vez eliminado el retamo se siembran individuos de 50 cm mínimo de altura con un distanciamiento de siembra de 3 m entre individuos; para una correcta erradicación se debe iniciar en zonas donde el retamo tenga menos ventaja de competitividad teniendo en cuenta los siguientes elementos (DAMA, 2000):

- Iniciar por suelos arenosos y bien drenados hacia las partes más altas.
- Continuar con las zonas planas anegadas.
- Terminar el tratamiento en las zonas planas con nivel freático alto no anegadas.

Después de la erradicación del retamo, se requiere implementar corredores de tránsito que faciliten el desplazamiento seguro de las especies animales propias del ecosistema, esto reducirá significativamente el riesgo de ataques por parte de animales domésticos y minimizará la exposición a posibles amenazas por parte de la población humana. Se pueden utilizar fórmulas específicas para la configuración espacial, en el caso de pequeños mamíferos, se recomienda establecer corredores de tránsito constituidos por setos

continuos con una extensión mínima de 15 metros y un ancho de 1,50 metros. Además, es fundamental que estos corredores estén interconectados con hábitats que dispongan de acceso a fuentes de agua (DAMA, 2000).

Es necesario replicar un túnel de tránsito dentro del corredor, con unas dimensiones aproximadas de 40 cm de ancho y 40 cm de altura. Para lograr esto, se propone la instalación de un tubo de PVC con estas medidas, permitiendo que los tallos y ramas del seto se adapten gradualmente a su forma, conformando así el túnel central. Se pueden efectuar ataduras en las ramas jóvenes para conseguir la configuración deseada; una vez que las ramas hayan lignificado, el tubo podrá retirarse sin inconvenientes (DAMA, 2000).

Para proporcionar corredores de tránsito adecuados para aves, se recomienda crear setos de tamaño reducido compuestos por 3 a 4 ejemplares plantados a intervalos de 50 cm entre cada uno. Estos setos deben tener preferiblemente una forma circular con un radio de 2 metros, manteniendo una distancia entre ellos que puede variar entre 5 y 8 metros, lo que configura un conjunto similar a estribos. En cuanto al mantenimiento temporal, dado que estos corredores están principalmente constituidos por setos, es crucial realizar podas trimestrales para asegurar su vitalidad, mantener la continuidad en el follaje y preservar la oferta de frutos (DAMA, 2000).

Dentro las especie arbóreas propuestas para esta acción técnica se proponen:

ID	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Melastomataceae	<i>Miconia squamulosa</i> (Sm.) Triana	Tuno esmeraldo
2	Myrtaceae	<i>Myrcianthes leucoxyla</i> (Ortega) McVaugh	Guayabo de castilla
3	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho
4	Aquifoliaceae	<i>Ilex kunthiana</i> Triana	palo mulato
5	Araliaceae	<i>Oreopanax bogotensis</i> Cuatrec.	mano de oso
6	Cunoniaceae	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	encenillo
7	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i> L.f.	Raque
8	Myricaceae	<i>Morella parvifolia</i> (Benth.) Parra-Os.	Laurel de cera
9	Podocarpaceae	<i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N.Page	Pino Colombiano
10	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cedro Negro
11	Salicaceae	<i>Abatia parviflora</i> Ruiz & Pav.	Duraznillo
12	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum bonplandianum</i> Kunth	Granizo
13	Winteraceae	<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Canelo

Para las especies arbustivas se proponen las siguientes especies:

ID	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Asteraceae	<i>Ageratina pomaderrifolia</i> (Benth.) R.M. King & H. Rob.	Amargoso
2	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers	Chilco
3	Asteraceae	<i>Barnadesia spinosa</i> L.f.	Chacuil
4	Verbenaceae	<i>Duranta mutisii</i> L.f.	Espino garbanzo

3.1 Requiere estudio	Si	No
	x	

Para el programa se requiere hacer un trabajo de campo para recolección de información primaria y la actualización de las zonas donde se presenta la vegetación invasora de retamos, esto debido a que es una especie que se distribuye rápidamente en la zona y la variación en cuanto a su ubicación y área de ocupación se encuentra en constante cambio.

3.3 Requiere estudios de exploración de suelos y ecosistemas	SI	NO
		x

5. Escalabilidad y replicabilidad

La replicabilidad depende de los elementos que constituyen el diagnóstico de la zona, para que esta pueda ser implementada en otra área se debe cumplir con condiciones similares a las de la zona descrita, para esto se tiene en cuenta elementos climáticos, reconocimiento de especies presentes en la zona con adaptación a la dinámica fluvial, una topografía con las distintas elevaciones y las condiciones de suelo en

las zonas que se encuentran desprovistas de vegetación y si corresponden a zonas de suelos muy saturados o compactados (por afluencia de personas, ganado, etc.) (Gonzales & García, 1995).

Complementario a esto, la escalabilidad depende del área que requiera elementos de rehabilitación, esto teniendo en cuenta un proceso recuperación que se enfoca en zonas con presencia de retamo que se han visto alterados y fragmentados en distintos tramos por actividades en su mayoría de carácter antrópico (Gonzales & García, 1995).

6. Seguimiento y monitoreo

Esta actividad se realizará después de que el área haya sido completamente despejada de cualquier indicio visible de retamo, es decir, una vez se hayan cortado todas las plantas. Con el propósito de evitar la persistente dispersión del retamo en periodos cortos, aproximadamente cada cuatro meses, se llevará a cabo una intervención directa en las raíces de los matorrales utilizando herramientas manuales. Es crucial ejecutar esta tarea con precisión, asegurándose de extraer por completo las raíces de las plantas para prevenir el crecimiento de nuevas plántulas de retamo mediante el rebrote de las raíces.

Para realizar esta labor, se emplearán instrumentos como la pica y el azadón. Se comenzará volcando el suelo con la pica, creando huecos para aflojarlo. Una vez finalizada esta fase, se procederá a arrastrar las raíces con el azadón, garantizando la completa eliminación de pequeños fragmentos de raíces en el área. Posteriormente, se llevará a cabo una limpieza exhaustiva del área intervenida con un rastrillo, dejando el sitio totalmente libre de raíces o restos de retamo.

Es indispensable que los matorrales de retamo que son objeto de actividades de mantenimiento no superen los seis meses de desarrollo, debido a que podrían presentar semillas y flores y el control se torna más complejo (similar al de una zona no intervenida anteriormente).

7. Fuentes Bibliográficas

- ALCALDÍA LOCAL DE CHAPINERO-SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTECONSERVACIÓN INTERNACIONAL. Diseño de recuperación integral de la quebrada Las Delicias. Bogotá.
- DAMA (2000). Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. FUNDACIÓN BACHAQUEROS
- SDA (2009). Manual de procesos y procedimientos para formular e implementar programas y proyectos de restauración ecológica, rehabilitación ecológica o recuperación ambiental, así como efectuar su evaluación y seguimiento en el Distrito Capital. Bogotá.
- SDA (2014). Lineamientos para el control de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en el distrito capital. Bogotá D.C.

6.2.2.3 Ficha 3. Definición de estrategia con especies vegetales para la mitigación de incendios forestales

Elemento transversal: Rehabilitación Forestal		
Servicio ecosistémico para mejorar: Sostenimiento		
Relación con el PAC	Acción: 11	Subacción: 11.3
Desafío Social (UICN):		
a) Mitigación y adaptación al cambio climático b) Pérdida de la biodiversidad		
Enfoque de SbN:		
Adaptación basada en Ecosistemas (Eco-RRD)		
1.Objetivos:		
Definir estrategias para la mitigación de incendios forestales por medio de elementos bióticos.		
2. Enfoque:		
<p>La gestión basada en los ecosistemas reconoce todas las interacciones presentes en un ecosistema, abarcando tanto a los seres humanos como a otros elementos, en lugar de abordar cuestiones individuales, especies o servicios de manera aislada (Christensen et al., 1996). Este enfoque implica la integración de prácticas relacionadas con el recurso hídrico, las zonas costeras y la gestión integral de incendios.</p> <p>Gestión Sostenible de la Tierra y Manejo Integrado de Incendios</p> <p>La Gestión Sostenible de la Tierra (GST o SML en inglés) fue definida por la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992 como la utilización de los recursos terrestres, como suelos, agua, animales y plantas, para la producción de bienes que satisfagan las cambiantes necesidades humanas. Al mismo tiempo, busca garantizar el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y mantener sus funciones ambientales. Esta aplicación abarca prácticas de gestión en agricultura y silvicultura, dirigidas a preservar los servicios de los ecosistemas y los medios de subsistencia. La GST ha sido adaptada y probada en diversas ubicaciones para reducir la expansión de las zonas áridas y la erosión en pendientes. Ejemplos de GST son diversos y están registrados en el Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación (WOCAT), una red global que recopila prácticas aplicadas en todo el mundo (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021).</p> <p>En algunos casos, el Manejo Integrado de Incendios puede ser un componente crucial de la Gestión Sostenible de la Tierra. Su objetivo es equilibrar los efectos positivos y negativos del fuego en el entorno natural y socioeconómico de un paisaje o área específica, reduciendo el riesgo de incendios forestales que amenazan la vida humana y las funciones de los ecosistemas. El Centro Global de Monitoreo de Incendios (GPMC) ha desarrollado diversos recursos, como estudios de casos y ejemplos de diferentes ecosistemas y regiones de todo el mundo, para respaldar la gestión de incendios (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021).</p>		
3. Definición de actividades:		
<p>Se implementarán la inclusión de especies con bajo valor pirogénico, así como un seguimiento más riguroso a plantaciones y bosques naturales existentes, especialmente en periodos de verano. Es esencial que todas las plantaciones forestales cuenten con aspectos de prevención y control de Incendios Forestales.</p> <p>Es importante el seguimiento de los lineamientos de las Autoridades Ambientales especialmente aquellas que emplean especies con altos valores pirogénicos, en estos se abordar aspectos como la construcción y manejo de franjas de cortafuegos, el establecimiento de barreras rompevientos y la gestión de residuos generados por las prácticas silviculturales.</p>		

- **Construcción y manejo de franjas de cortafuegos:** Cortafuego es un término general que se refiere a áreas del territorio sin vegetación o con elementos como conformaciones, construcciones u otros, diseñados para detener o reducir la propagación del fuego. Existen dos categorías principales de cortafuegos: barrera y mineral.

Cortafuego barrero: Pueden ser elementos naturales como ríos, esteros, roqueríos, etc. También pueden ser artificiales, contruidos por humanos para la protección contra incendios forestales. Estos cortafuegos pueden ser establecidos antes o durante un incendio, o pueden ser contruidos con otros propósitos, como carreteras o líneas férreas, que también cumplen la función de cortafuegos.

Cortafuego mineral: Consiste en una franja de terreno de ancho variable donde se ha eliminado manualmente o con maquinaria toda la vegetación y se ha excavado el suelo hasta exponer piedrecillas. Por esta razón, se le denomina cortafuego mineral. La construcción de este tipo de cortafuego implica el raspado completo del suelo de cualquier tipo de vegetación, y el ancho necesario dependerá de la vegetación o recurso que se desea proteger, considerando su espesor y altura. En general, se sugiere que el ancho sea al menos el doble de la altura de lo que se busca resguardar.

- **Cobertura vegetal:** Como reemplazo al cortafuego, es posible establecer una cubierta vegetal de especies ignífugas, herbáceas, densas, y con hojas suculentas. Estas no deben secarse durante los meses de mayor probabilidad de ocurrencia de incendios.

Se consideran especies ignífugas aquellas que, debido a su composición, retardan la propagación del fuego. Es importante destacar que no existe ninguna planta completamente a prueba de fuego, ya que cualquier planta puede quemarse bajo circunstancias particulares.

En términos generales, las plantas que presentan resistencia al fuego poseen las siguientes características:

- Hojas flexibles.
- Savia con mayor contenido de agua.
- Corteza más gruesa.
- Alto contenido de humedad.
- Bajo contenido de resina.

Además, algunas familias específicas de plantas exhiben cualidades de resistencia al fuego, como:

- Las plantas caducifolias, que suelen ser resistentes al fuego debido a la mayor humedad en sus hojas.
- La mayoría de los tipos de césped de temporada fría, siempre y cuando se mantengan bien regados.
- Árboles con copas altas.
- Arbustos de porte abierto en lugar de cónico.
- Flores silvestres, siempre que se elimine el follaje muerto durante la temporada de letargo.
- En general, las plantas resistentes al fuego también suelen ser resistentes a la sequía.

Como parte de la silvicultura preventiva, se requiere formar brigadas compuestas por la comunidad y comunidades capacitadas en temas de prevención, control y extinción de incendios forestales. Además, se deben seguir los procedimientos operativos para garantizar una respuesta rápida y eficiente ante la ocurrencia de estos eventos.

Tanto las Autoridades Ambientales como las empresas privadas elaborarán directrices específicas para las épocas de sequía, contemplando programas preventivos que incluyan la revisión e información de boletines y alertas tempranas emitidas por el IDEAM, la formación de brigadas, la activación de programas de detección temprana mediante el uso de sitios y torres de observación con vigías, la difusión de información a la comunidad para reducir la ocurrencia de incendios forestales y la preparación de equipos

y herramientas, entre otras medidas.

3.1 Requiere estudio	Si	No
	x	

Es importante realizar un trabajo de campo e investigación de las especies potenciales con resistencia al fuego que funciones como barreras cortafuegos.

3.3 Requiere estudios de exploración de suelos y ecosistemas	SI	NO
		x

5. Escalabilidad y replicabilidad

La replicabilidad depende de los elementos que constituyen el diagnóstico de la zona, para que esta pueda ser implementada en otra área se debe cumplir con condiciones similares a las de la zona descrita, para esto se tiene en cuenta elementos climáticos, reconocimiento de especies presentes en la zona con adaptación a la dinámica fluvial, una topografía con las distintas elevaciones y las condiciones de suelo en las zonas que se encuentran desprovistas de vegetación y si corresponden a zonas de suelos muy saturados o compactados (por afluencia de personas, ganado, etc.) (Gonzales & García, 1995).

Complementario a esto, la escalabilidad depende del área que requiera prácticas para la prevención y mitigación de incendios forestales en conjunto con el programa local establecido por el Consejo local de gestión del riesgo y cambio climático (Gonzales & García, 1995).

- ALCALDÍA LOCAL DE CHAPINERO-SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTECONSERVACIÓN INTERNACIONAL. Diseño de recuperación integral de la Quebrada Las Delicias. Bogotá.
- DAMA (2000). Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. FUNDACIÓN BACHAQUEROS
- SDA (2009). Manual de procesos y procedimientos para formular e implementar programas y proyectos de restauración ecológica, rehabilitación ecológica o recuperación ambiental, así como efectuar su evaluación y seguimiento en el Distrito Capital. Bogotá.
- SDA (2014). Lineamientos para el control de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en el distrito capital. Bogotá D.C.

6.2.2.4 Ficha 4. Tratamiento paisajístico de las áreas liberadas

Elemento transversal: Integración paisajística y manejo de áreas liberadas		
Servicio ecosistémico para mejorar: Regulación, soporte, cultural y apropiación social del territorio		
Relación con el PAC	Acción: 8	Subacción: 8.2 y 8.4
Desafío Social (UICN):		
<ul style="list-style-type: none"> c) Mitigación y adaptación al cambio climático d) Pérdida de la biodiversidad 		
Enfoque de SbN:		
Reducción de Riesgos de Desastres Basada en Ecosistemas (Eco-RRD).		
Ubicación general		
Predios liberados o con potencial de liberación, sectores con ocupación incompatible, áreas con restricciones por riesgo, zonas de borde urbano, senderos y vías destapadas, parches verdes urbanos y espacios con potencial de manejo paisajístico.		
1.Objetivos:		
Definir estrategias de tratamiento paisajístico para las áreas liberadas o con potencial de liberación, mediante obras blandas, duras o mixtas que permitan evitar procesos de reinvasión, consolidar un borde urbano de contención, recuperar suelo con función ambiental, mejorar el manejo de aguas lluvias y generar espacios compatibles con la reducción del riesgo, la adaptación climática y la apropiación social del territorio.		
2. Enfoque:		
<p>La presente ficha se orienta al manejo de áreas liberadas o restringidas por condiciones de riesgo, amenaza o incompatibilidad de uso, entendiendo que estos espacios no deben quedar como áreas residuales, abandonadas o sin función territorial definida. Cuando los predios liberados no cuentan con manejo, control o apropiación institucional y comunitaria, pueden convertirse nuevamente en zonas de ocupación informal, disposición inadecuada de residuos, deterioro paisajístico o focos de inseguridad.</p> <p>En el Polígono 1, este enfoque resulta especialmente relevante por la presencia de sectores con ocupación en ladera, rellenos antrópicos, áreas potencialmente inestables y bordes urbanos en contacto con zonas seminaturales. En estos sectores, la liberación o recuperación del suelo debe articularse con intervenciones que garanticen su función de protección, evitando nuevas ocupaciones y consolidando una transición clara entre la matriz urbana en desarrollo y la matriz seminatural.</p> <p>El tratamiento paisajístico permite integrar acciones de restauración, revegetalización, control de escorrentías, adecuación de espacios públicos de bajo impacto, senderos controlados, franjas verdes, huertas urbanas condicionadas, viveros comunitarios o jardines de polinizadores, siempre que sean compatibles con las condiciones de estabilidad, riesgo y protección ambiental del área.</p> <p>De manera complementaria, esta ficha incorpora la posibilidad de desarrollar intervenciones urbanísticas de bajo impacto en la matriz urbana en desarrollo. En esta matriz, la ausencia de vías formalizadas, la presencia de senderos y vías destapadas, y el manejo deficiente de aguas lluvias favorecen la concentración de escorrentías, la formación de pequeños surcos erosivos, el deterioro de accesos y la pérdida de calidad del entorno barrial. Por tanto, el tratamiento paisajístico debe contribuir no solo a la recuperación ambiental, sino también al mejoramiento progresivo de la habitabilidad y dignificación del espacio urbano.</p>		
3. Definición de actividades:		
<p>Las actividades propuestas para esta ficha se orientan a asignar una función clara a las áreas liberadas, prevenir la reinvasión, mejorar el borde urbano-ambiental y generar espacios compatibles con la reducción del riesgo y la apropiación social.</p> <p><u>a) Identificación y delimitación de áreas liberadas o con potencial de liberación.</u> Reconocer predios, franjas o sectores con ocupación incompatible, restricciones por riesgo, rellenos antrópicos, deterioro ambiental o necesidad de manejo especial, con el fin de definir su tratamiento paisajístico y su función futura dentro del polígono.</p>		

b) Consolidación de borde urbano de contención.

Definir franjas físicas y funcionales que limiten el crecimiento urbano no regulado hacia áreas sensibles, mediante cerramientos blandos, revegetalización, mobiliario mínimo, senderos controlados, franjas verdes o elementos de transición.

c) Tratamiento paisajístico con obras blandas.

Implementar revegetalización, jardines de polinizadores, huertas urbanas condicionadas, viveros comunitarios, barreras vivas, cercas verdes, coberturas protectoras, siembra de especies nativas y enriquecimiento vegetal.

d) Tratamiento paisajístico con obras duras de bajo impacto.

Incorporar elementos físicos mínimos y compatibles con la condición de riesgo, tales como senderos peatonales controlados, bordes definidos, pasos seguros, señalización, mobiliario liviano, cerramientos permeables y elementos de control de acceso.

e) Tratamiento paisajístico con obras mixtas.

Integrar elementos vegetales y físicos para generar espacios funcionales, tales como senderos drenantes con franjas vegetadas, terrazas livianas revegetalizadas, zonas de estancia de bajo impacto, pasos peatonales permeables, cunetas verdes y áreas de apropiación comunitaria.

f) Manejo de aguas lluvias en senderos y vías destapadas.

Implementar soluciones de bajo impacto para controlar la escorrentía superficial, tales como cunetas verdes, zanjas de infiltración, jardines de lluvia, franjas vegetadas, pequeños disipadores de energía, pasos drenantes y estabilización superficial de accesos peatonales.

g) Prevención de reinvasión y usos incompatibles.

Asignar usos compatibles a las áreas liberadas, acompañados de señalización, control institucional, apropiación comunitaria y mantenimiento periódico, con el fin de evitar nuevas ocupaciones, disposición de residuos o intervenciones no autorizadas.

h) Espacios de apropiación social compatibles.

Desarrollar actividades comunitarias de bajo impacto, como huertas urbanas condicionadas, viveros de especies nativas, jardines comunitarios, educación ambiental, recorridos interpretativos o espacios de contemplación, siempre que no comprometan la estabilidad del terreno ni la función de protección.

i) Articulación con restauración ecológica.

Conectar las áreas liberadas con sectores de la matriz seminatural, parches verdes o zonas de borde, mediante revegetalización, enriquecimiento vegetal y control de especies invasoras, favoreciendo la transición urbano-ambiental.

3.1 Requiere estudio

Si	No
x	

Para la implementación de esta ficha se requiere una evaluación técnica y socioambiental que permita definir las condiciones actuales de las áreas liberadas o con potencial de liberación, su compatibilidad con usos de bajo impacto y las restricciones asociadas a amenaza, riesgo, estabilidad del terreno y protección ambiental.

El estudio deberá incluir como mínimo:

a) Delimitación de predios o sectores liberados, restringidos o con potencial de recuperación.

b) Revisión de condiciones de amenaza, riesgo, restricciones normativas y compatibilidad de usos.

c) Identificación de rellenos antrópicos, cortes, taludes, zonas erosionadas o áreas con posible inestabilidad superficial.

d) Evaluación de escorrentías superficiales, senderos, vías destapadas y puntos de concentración de aguas lluvias.

e) Diagnóstico de coberturas vegetales existentes, áreas degradadas, parches verdes y especies

invasoras.

f) Identificación de necesidades de accesibilidad peatonal, seguridad, apropiación social y control de ocupación.

g) Definición de tratamientos paisajísticos mediante obras blandas, duras o mixtas, según la condición de cada sector.

h) Identificación de actores institucionales y comunitarios para el mantenimiento, control y seguimiento de las áreas intervenidas.

i) Definición de criterios de manejo y mantenimiento para evitar reinvasión, disposición inadecuada de residuos o deterioro de las obras.

3.3 Requiere estudios de exploración de suelos y ecosistemas

SI

NO

x

Se requiere verificación técnica en los sectores donde las áreas liberadas o con potencial de intervención coincidan con rellenos antrópicos, procesos erosivos, taludes intervenidos, saturación, deformaciones del terreno, grietas, asentamientos o condiciones de inestabilidad superficial. Esta verificación permitirá establecer si los tratamientos paisajísticos pueden desarrollarse mediante obras blandas o mixtas, o si requieren medidas estructurales complementarias.

En sectores estables, como parches verdes, vacíos urbanos o áreas de borde sin evidencia de inestabilidad, la intervención podrá definirse mediante inspección técnica, levantamiento topográfico básico, caracterización de coberturas y evaluación de drenaje superficial.

5. Escalabilidad y replicabilidad

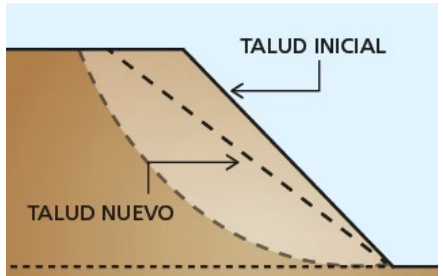
La ficha es replicable en otros sectores en condiciones ambientales similares a las encontradas en el polígono 1 donde existan áreas liberadas, predios con potencial de reubicación, zonas con restricciones por riesgo, parches verdes urbanos, senderos deteriorados o espacios de borde urbano-ambiental que requieran asignación de usos compatibles.

Su implementación puede desarrollarse de manera progresiva, iniciando por las áreas con mayor prioridad por riesgo, ocupación incompatible o potencial de reinvasión. Posteriormente, puede ampliarse hacia parches verdes, vacíos urbanos estables y senderos de la matriz urbana en desarrollo que requieran mejoramiento paisajístico, manejo de escorrentías y fortalecimiento de la apropiación social.

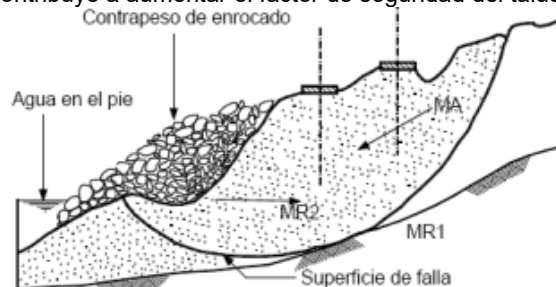
La escalabilidad dependerá de la disponibilidad predial, la articulación institucional, la aceptación comunitaria y la capacidad de mantenimiento. En todos los casos, las intervenciones deberán privilegiar soluciones de bajo impacto, permeabilidad del suelo, control de escorrentías, restauración ecológica y usos compatibles con las condiciones de riesgo.

- Alcaldía Mayor de Bogotá. Plan de Acción Climática de Bogotá 2020-2050.
- Decreto 555 de 2021. Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá.
- Ley 388 de 1997. Ordenamiento territorial y manejo de áreas de riesgo no recuperable.
- Decreto 2480 de 2005. Manejo y control de áreas liberadas.
- Ley 2294 de 2023. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza como mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático.
- UICN. Soluciones basadas en la naturaleza para abordar desafíos sociales globales.
- Secretaría Distrital de Ambiente. Lineamientos para restauración ecológica, rehabilitación y recuperación ambiental en Bogotá.
- IDIGER. Lineamientos para gestión del riesgo, reasentamiento y manejo de áreas con restricción por amenaza o riesgo.

6.2.2.5 Ficha 5. Restauración en áreas degradadas por remoción en masa y erosión (obras verdes, azules, híbridas)

Elemento transversal: Integración paisajística al territorio		
Servicio ecosistémico para mejorar: Regulación - Servicios culturales		
Plan de Acción Climático	Acción: 8, 14 y 15	Subacción: 8.4, 14.1, 15.2 y 15.4
Desafío Social (UICN): <ul style="list-style-type: none"> b) Mitigación y adaptación al cambio climático c) Reducción de riesgos de desastres 		
Enfoque de SbN: Reducción de Riesgos de Desastres Basada en Ecosistemas (Eco-RRD) Enfoque de infraestructura híbrida		
1. Objetivos: Recuperar la estructura y funcionamiento de áreas afectadas por remoción en masa o erosión.		
2. Descripción: Los fenómenos de remoción en masa se refieren al desprendimiento de rocas, tierra o detritos en una pendiente a causa de la gravedad y comúnmente se conocen o nombran deslizamientos. Pueden ser detonados por lluvias, inundaciones, terremotos u otras causas naturales y acelerados por actividades humanas como corte o rellenos de terrenos y excesivos o inapropiados desarrollos urbanos, debido a ello, es posible que se presenten en áreas desarrolladas o no desarrolladas y en cualquier lugar en que el terreno se ha modificado por carreteras, casas o incluso los espacios con césped o patios de una casa La mitigación de la amenaza por remoción en masa se logra a través de medidas estructurales que buscan controlar o dirigir el curso físico de estos eventos, así como reducir su magnitud y frecuencia.		
3. Definición de actividades: Algunas recomendaciones para el manejo del suelo son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> a. Remoción y/o conformación del perfil del terreno o talud: Se refiere a la reconformación del talud con el fin de incrementar su estabilidad, bien disminuyendo la masa inestable en la corona o aumentando la masa en la base del movimiento. Si se interviene un talud mediante su tendido, esta medida es preventiva, mientras que si se utiliza cuando el talud ha fallado o cuando existe una superficie de falla definida la medida es correctiva. Las técnicas más utilizadas para este fin son: <ul style="list-style-type: none"> a. <u>Tendido del talud:</u> Se utiliza para abordar deslizamientos de pequeña escala, comúnmente involucrando materiales altamente meteorizados, así como en excavaciones de nuevos cortes como medida preventiva. Al modificar la configuración de la superficie del talud, se busca alcanzar un equilibrio de masas que mitigue las fuerzas impulsoras del desplazamiento, al mismo tiempo que incrementa la longitud del círculo crítico de falla. 		
 <p>Fuente: Navarro Freixas</p>		
<ul style="list-style-type: none"> b. <u>Construcción de bermas o rellenos de contrapeso:</u> Esta técnica implica la colocación de un peso significativo en la base del talud o en la zona de deslizamiento. Al agregar carga adicional a la base 		

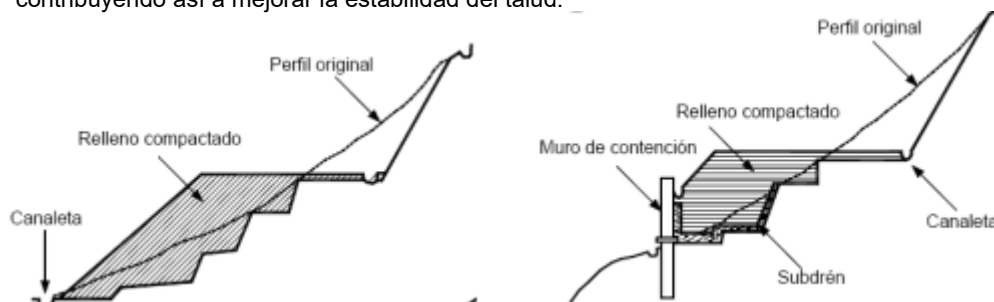
de un deslizamiento rotacional, se generan fuerzas de fricción y un momento resistente opuesto al movimiento, lo que contribuye a aumentar el factor de seguridad del talud.



Al colocar un contrapeso se produce un momento resistente en dirección contraria a la del movimiento

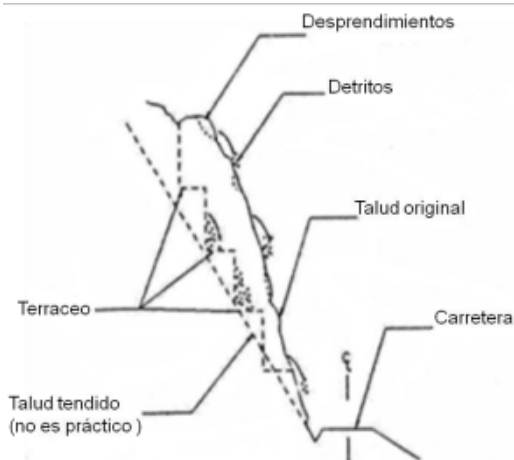
Fuente: Suarez, J., 2005

En la construcción de contrapesos, se pueden emplear diversos materiales como el enrocado, las estructuras de suelo reforzado (muros MSE) o rellenos de materiales comunes. Otra alternativa es la construcción de una berma, que consiste en un terraplén de menor altura situado junto al terraplén principal. Esta berma actúa como contrapeso al aumentar la longitud de la superficie de falla, contribuyendo así a mejorar la estabilidad del talud.



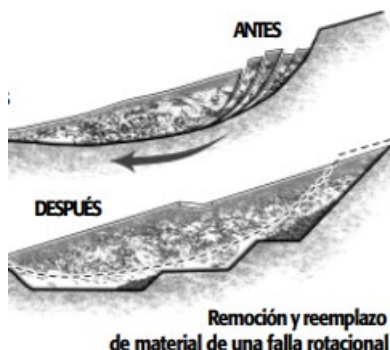
Fuente: Suarez, J., 2001

- c. **Terraceo:** Se utiliza en taludes empinados con el propósito de controlar la erosión y retener detritos generados por pequeños deslizamientos. Su finalidad es prevenir problemas de estabilidad, corregir deslizamientos existentes, reducir la carga sobre la ladera y disminuir la pendiente del terreno. Este método contribuye a mejorar la estabilidad general del talud y a mitigar los riesgos asociados con la erosión y los deslizamientos.



Fuente: Suarez, J., 2001

- d. **Remoción y reemplazo del material:** Corresponde a la remoción del material movilizado superando la superficie de falla y remplazándolo por un material más competente con una mejor distribución como terraceo.



Fuente: MAVDT, 2005

b. Control de drenaje e infiltración: Son obras que permiten controlar o disminuir la presión que ejerce el agua dentro del suelo o la roca, facilitando su circulación y evacuación rápida a través del talud, evitando excesos de presiones y erosión interna. Es un método utilizado en la prevención y corrección en áreas inestables y hace parte de la solución integral en la estabilización del talud.

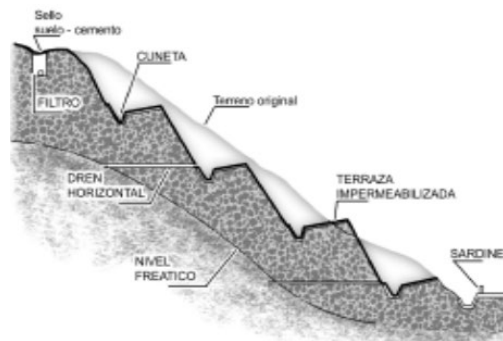
Estas obras pueden ser implementadas tanto para el manejo de aguas superficiales como en el de aguas subsuperficiales.

Algunas obras de drenaje para aguas superficiales son:

- e. Cunetas
- f. Divisores de agua
- g. Explanación del talud para eliminar apozamientos
- h. Revestimientos
- i. Revegetalización

Algunas obras de drenaje para aguas subsuperficiales son:

- j. Filtros en trincheras
- k. Drenes horizontales
- l. Lechos drenantes
- m. Pozos verticales
- n. Galerías drenantes



Reconformación del terreno con manejo de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial

Fuente: MAVDT, 2005

c. Estructura de contención para suelos: Las estructuras de contención se diseñan para soportar empujes de tierra y prevenir fallas de taludes en aquellos casos en donde la estabilidad no puede ser garantizada por las condiciones topográficas. Estas obras deben acompañarse de medidas para el control del drenaje. Pueden ser utilizadas como método preventivo o correctivo, sin embargo, su eficiencia es mayor cuando se usa como prevención de deslizamientos.

Las estructuras de contención en suelo son apropiadas para:

- o. Corregir movimientos de pequeña magnitud.
- p. Controlar movimientos en taludes empinados en la base.
- q. Disminuir la extensión de la falla de grandes masas
- r. Soportar lateralmente los rellenos para bermas
- s. Controlar deslizamientos superficiales
- t. Limitar zonas de relleno o préstamo

Dependiendo de la forma y características mecánicas del suelo, existen diferentes tipos de estructuras:

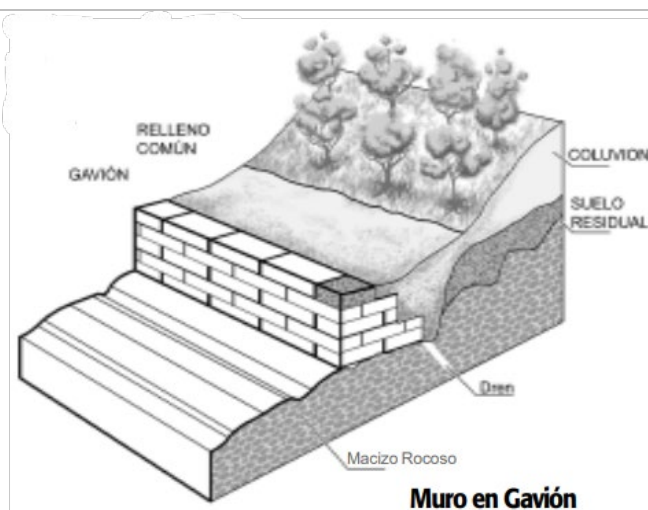
- u. **Muros de contención:** Los muros de contención son estructuras diseñadas para resistir la presión lateral del suelo o el agua y brindar estabilidad a terrenos inclinados. Estos muros se utilizan para contener y soportar masas de suelo, evitando deslizamientos y redistribuyendo las cargas. Pueden construirse con diversos materiales, como concreto, mampostería, madera, gaviones, o incluso combinaciones de estos, dependiendo de la aplicación específica, las condiciones del sitio y los requisitos de diseño. La elección del material se realiza teniendo en cuenta factores como resistencia, durabilidad, estética y costos.

Muro de contención en madera



Fuente: Timbercret

Los muros en gaviones son una solución muy utilizada en nuestro medio por su relativa flexibilidad ante movimientos del suelo de fundación, por permitir un drenaje fácil y ser construidas con materiales del área haciéndolos especialmente útiles en los taludes adyacentes a ríos y corrientes.

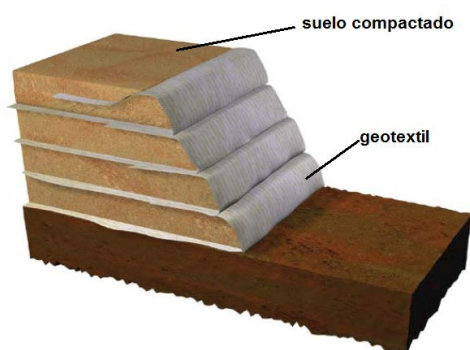


Fuente: MAVDT, 2005

- v. **Muro en Suelo Reforzado:** Es una estructura de contención que utiliza materiales geosintéticos para mejorar la estabilidad del suelo. En este tipo de construcción, se colocan capas de geotextiles, que son tejidos sintéticos resistentes y permeables, entre capas de suelo.

La clave radica en el uso estratégico de estos geotextiles para reforzar el suelo y prevenir la erosión. Los geotextiles actúan como refuerzo al distribuir las cargas y tensiones a lo largo del muro, proporcionando resistencia adicional. Además, ayudan a controlar la erosión al evitar el lavado del suelo y permitir el drenaje adecuado.

Este enfoque es particularmente útil en áreas donde se necesita una solución de bajo impacto ambiental y se prefiere evitar el uso de concreto o elementos prefabricados. La flexibilidad y adaptabilidad de los geotextiles permiten la construcción de muros eficientes y estables sin depender de estructuras más rígidas.

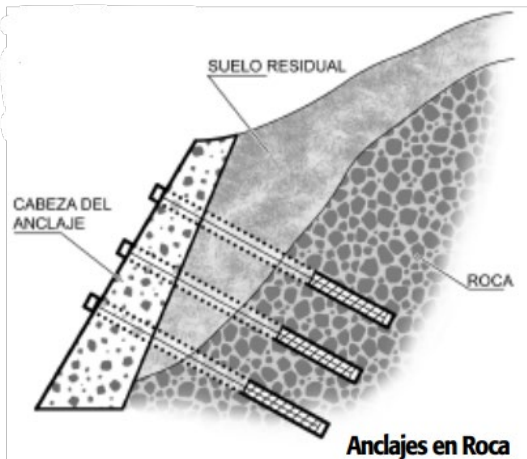


Fuente: Geotexan

d. Estructura de contención para rocas: Como su nombre lo indica, se utiliza para estabilizar masas rocosas fracturadas y evitar el colapso del talud, la caída de bloques o cuñas. Su uso es de carácter preventivo. Los anclajes se pueden emplear solos o con estructuras de contención aumentando las fuerzas resistentes. Dentro de este tipo de obras se encuentran:

- w. **Anclajes en roca:** Los anclajes generalmente consisten en elementos metálicos, como barras o cables, que se insertan en perforaciones realizadas en la roca. Estos anclajes se fijan con resinas o mortero expansivo para proporcionar una conexión segura. Algunas estructuras también pueden

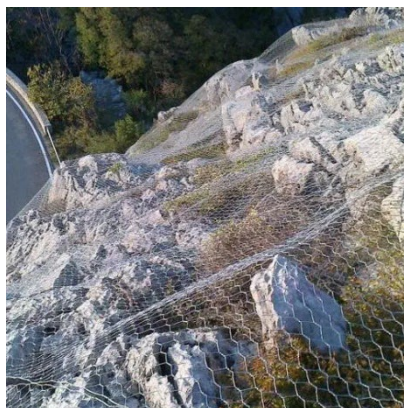
incluir mallas o redes de cables que actúan como sistemas de contención adicional al evitar la propagación de fragmentos de roca.



Fuente: MAVDT, 2005

- x. **Revestimiento flexible con malla:** Consiste en la instalación de una malla flexible sobre la superficie del macizo rocoso para prevenir la erosión, desprendimientos o caídas de fragmentos. Esta malla generalmente está fabricada con materiales resistentes, como cables de acero de alta resistencia o materiales sintéticos.

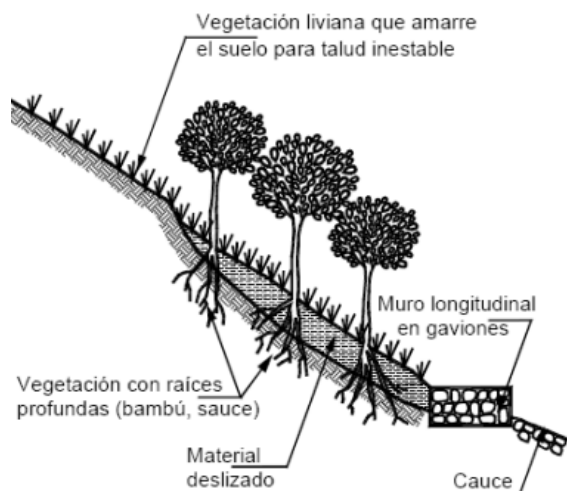
El proceso de instalación implica la fijación de la malla sobre la superficie rocosa mediante anclajes, pernos o sistemas de sujeción. La malla actúa como una barrera física que ayuda a retener los fragmentos de roca, evitando su desprendimiento y reduciendo la posibilidad de daños a infraestructuras o áreas circundantes.



Fuente: Arrigo Gabbioni

e. Protección de la superficie del talud con vegetación: La erosión producida por la lluvia se puede controlar algunas veces, con el mantenimiento de buenas coberturas vegetales. Para ello es posible emplear la siembra de arvenses o coberturas nobles, especies arbustivas y/o arbóreas de poca altura, que cubran y protejan el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia.

La vegetación como cobertura de la superficie del talud cumple las funciones de: disminuir la velocidad de agua, disipar su energía, y actuar como filtro superficial. Las técnicas de revegetalización combinadas con las estructuras inertes de ingeniería como gaviones y muros, se integran y complementan mejorando la respuesta de las obras a la estabilización de un área. En general, la revegetalización representa un impacto positivo para el medio ambiente de la zona a intervenir.



Fuente: Suarez, J., 2001

Bibliografía

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2005. Guía Ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal.

AL-TOP, NAVARRO, C. Auscultación de laderas inestables en minería y obra civil.

THE RIVER RESTORATION CENTRE – RRC, 2002. Manual of River Restoration Techniques, RRC – Web Edition. Inglaterra.

SUÁREZ D., J., 2001. Control de erosión en zonas tropicales. Universidad Industrial De Santander Bucaramanga. Instituto De Investigaciones Sobre Erosión Y Deslizamientos. Colombia

CASTAÑEDA, S. y GUARDADO, R., 2006. Análisis de la vulnerabilidad en áreas de inundación del territorio de Sagua de Tánamo, provincia de Holguín, Cuba. Centro de Investigación y Consultoría de GEOCUBA e Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

3.1 Requiere estudio	Si	No
	X	

3.2 Descripción del estudio.

Para implementar esta práctica deben realizarse los siguientes estudios

Un estudio topográfico detallado, que incluya un levantamiento topográfico completo, ayudará a comprender la configuración del terreno, identificar laderas y cauces de agua, y destacar otras características topográficas relevantes.

Es esencial llevar a cabo un estudio geológico completo, que incluya la identificación y caracterización detallada de la geología regional y local, así como un análisis de la litología y estructuras geológicas presentes en la zona de interés. Este estudio también deberá evaluar la historia geológica y eventos sísmicos en la región. Se debe generar el perfil estratigráfico del talud objeto de estudio

Un estudio geotécnico detallado es fundamental para comprender las propiedades físicas y mecánicas cada uno de los materiales identificados, esto proporcionará información crucial sobre la estabilidad del terreno. Adicionalmente se debe identificar desde este componente el mecanismo de falla del talud y con base en esto y el tipo de material proponer las obras de contención necesarias.

En el ámbito hidrológico, se debe realizar un análisis del régimen de lluvias, intensidad, duración y frecuencia de eventos pluviales, junto con un modelado hidrológico para comprender la dinámica del agua en la zona. La infiltración del agua en el suelo y su impacto en la estabilidad deben ser cuidadosamente evaluados.

También es necesario llevar a cabo un estudio de inclinación y erosión para evaluar la inclinación de las laderas y las áreas propensas a la erosión, identificando condiciones que podrían desencadenar deslizamientos.

El análisis de la cobertura vegetal y su impacto en la estabilidad del suelo, así como la capacidad de las raíces para anclar el suelo y prevenir la erosión, es otro aspecto crítico que debe abordarse en un estudio integral.

	Si	No
3.3 Requiere estudios de exploración de suelos y ecosistemas	X	

4.1 Personal Requerido

Profesional SIG
Geólogo
Ingeniero Civil con énfasis en hidrología e hidráulica
Ingeniero Civil con énfasis en geotecnia
Profesional Social
Ingeniero Ambiental

6.2.2.6 Ficha 6. Estrategia de separación de residuos sólidos.

Elemento transversal: Integración paisajística al territorio		
Servicio ecosistémico para mejorar: Abastecimiento		
Plan de Acción Climático	Acción Mitigación: 8	Subacción: 8.2
Desafío Social (UICN): <ul style="list-style-type: none"> a) Seguridad alimentaria b) Desarrollo económico y social 		
Enfoque de SbN: Adaptación Basada en Ecosistemas		
1. Objetivos: - Generar una estrategia de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos que contribuya seguridad alimentaria.		
2. Descripción: <p>Para el 2019 en el país se dispusieron 11.5 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos de los cuales el 61% (7 millones de toneladas) fueron de carácter orgánico (SSPD, 2020). Bogotá, genera en promedio 8300 t/día de residuos según datos al 2023 (UAESP), ocupando el primer lugar en el país en generación, en lo concerniente al porcentaje de reciclaje es de 18% (1454 toneladas), y de acuerdo con los porcentajes de composición de los residuos, los más representativos son; orgánicos con el 51,3%, plásticos con 16,8% y cartón con 13,6% (Consortio NCU – UAESP, 2017).</p> <p>En el área de estudio una de las problemáticas evidenciadas en la visita de campo y en los diferentes documentos consultados es la disposición inadecuada de residuos sólidos. Buscando brindar una alternativa, se propone el aprovechamiento de los residuos orgánicos para esta problemática.</p> <p>A nivel de instrumentos de política el actual Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2020 se incluyen los programas de residuos orgánicos, aprovechamiento e inclusión a recicladores, en los que se definen subacciones concretas para el desarrollo de la acción. Además, el aprovechamiento de material reciclable y residuos orgánicos está contemplado dentro de las metas en la Política de Ecourbanismo y Construcción Sostenible y los del Programa Cuidado y Mantenimiento del Ambiente Construido del Plan Distrital de Desarrollo.</p>		
3. Definición de actividades: Herramientas. Pacas Digestoras <p>Las pacas son una técnica de compostaje para obtener abono mediante un proceso de fermentación que no genera malos olores y no atrae roedores ni moscas si se hace de manera adecuada, constituyendo una biotecnología ecológicamente limpia y eficiente. El abono resultante es útil para procesos de agricultura urbana y ayuda a promover autonomía en las comunidades que lo implementan. Mediante esta técnica se contribuye al reciclaje orgánico saludable que permite procesar alrededor de media tonelada de residuos orgánicos, que en caso contraria sería llevados a un relleno sanitario.</p> <p>La paca digestora es un sistema de compostaje anaeróbico (sin presencia de oxígeno) que fermenta la materia orgánica a través del prensado manual de los residuos. En una paca de un metro cúbico entran hasta 500 kg de materia orgánica, la cual no genera malos olores y permite compostar hasta las heces de perros y gatos, a diferencia de los otros sistemas que no permiten realizarlo con heces de animales ni residuos orgánicos de todo tipo (como cárnicos y restos de comida).</p> <p>El proceso inicia con la definición del espacio en el que se realizará la paca, se verifica que haya una correcta separación (desechos de jardinería y cocina).</p>		

Pasos:

- Fabricación del molde: Cuatro láminas de madera de un metro de largo por un metro de ancho, sin tapa ni base. También se puede hacer un molde de menor altura (alrededor de 40 cm), el cual a medida que se va llenando, la paca va subiendo.

-Armado de la base de la paca: Una vez armado el molde, este debe ser colocado en un lugar abierto con buen espacio, preferiblemente en una zona verde, un parque o un jardín urbano, que permita la entrada y salida de agua.

-En la base se agrega ramas de jardín cruzadas como una rejilla aislándola de la humedad del suelo, actuando como sistema de drenaje.

-Antes de incorporar los residuos al interior del molde, se deben sacar las proporciones tanto de los residuos orgánicos como los de jardín para que sean equivalentes (50% de cada uno).

-Incorporación de los residuos de jardín: La segunda capa de la paca digestora está compuesta por los residuos de jardín recolectados. Se coloca una buena cantidad distribuida de manera uniforme en la paca. (Hojas secas y verdes, hierba, ramas).

- EL material debe ser muy bien prensado, de forma que quede atrapado la menor cantidad de oxígeno entre los materiales que se han dispuesto. Se puede utilizar un palo e incluso los pies bien sea saltando o marchando dentro de la paca para prensar los residuos.

- Incorporación de los residuos orgánicos: Una vez prensados los residuos de jardín se agrega un poco más de estos mismos residuos (hojas secas y verdes, hierba, ramas) solo en los bordes de la paca, como si fuera una especie nido, dejando el centro libre para colocar los residuos orgánicos.

-Se incorpora pasto y hojas a medida que los vayas generando. Los restos orgánicos de la cocina tendrán su lugar en el centro de la paca, en un espacio (tipo nido) que vas a ir tapando con el pasto y hojas de los costados.

-Una vez llena, se prensa bien todo el contenido y se saca todo el aire.

-Cuando la paca este llena a un metro de altura es importante finalizarla con una capa compacta de residuos de jardín o flores. Si se desea una apariencia de jardín, en esa capa final también se pueden sembrar plantas, de modo que crezcan absorbiendo nutrientes de la paca.

-Se desmolda la paca sacándolo por arriba o desarmándolo por el lado y se puede comenzar el proceso en otro sitio del jardín. El cubo que quedó tardará entre 5 y 6 meses en convertirse en tierra.



Disposición de residuos orgánicos en la paca digestora (SILVA, G. 2022)



Tipo de residuos orgánicos ingresados a la paca digestora (SILVA, G. 2022)



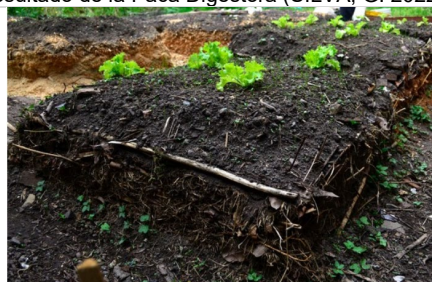
Propuesta de Paca Digestora (SILVA, G. 2022)



Resultado de la Paca Digestora (SILVA, G. 2022)



Resultado de la Paca Digestora (SILVA, G. 2022)



Resultado de la Paca Digestora (SILVA, G. 2022)

Contenedores.

En el caso de la ciudad, tanto el deterioro de los suelos como la falta de espacio son factores que alentaron la búsqueda de alternativas de producción diferentes del cultivo tradicional sobre suelo. En esa línea, las huertas en contenedores también permiten reutilizar muchos materiales inorgánicos y orgánicos que suelen desecharse en los hogares. Las huertas urbanas también podrían ayudar a aprovechar mejor el agua, evitar inundaciones, amortiguar el impacto de las altas temperaturas y construir un refugio natural para la flora y fauna autóctonas. Y hasta, incluso, se presentan como un medio para recuperar los saberes de nuestros antecesores y compartirlos con las nuevas generaciones. (Schonwald & Pescio, 2015).

De acuerdo con el programa Agricultura Urbana del Jardín Botánico José Celestino indica un nuevo grupo de contenedores para el cultivo de especies que permite optimizar no solamente recursos, sino que además mejorar el aprovechamiento de los espacios.



Canecas de 20 litros de capacidad: recomendada para el cultivo de las especies del género Brassica (brócoli y coliflor) y cebolla. CEPERO., L. D. A. G. M. F. S. (2011).



Botellas de 2 litros de capacidad: recomendada para el cultivo de arveja. CEPERO., L. D. A. G. M. F. S. (2011).



Tubulares verticales y horizontales hechos en polietileno: el modelo vertical es recomendado para el cultivo de la fresa y el modelo horizontal para cultivos de las especies del género Brassica (brócoli y coliflor) y fresa. CEPERO., L. D. A. G. M. F. S. (2011).



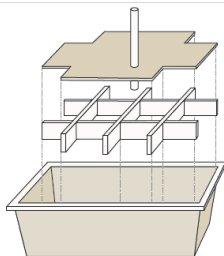
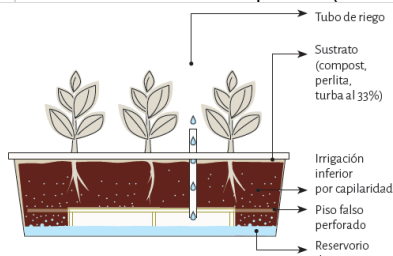
Cualquier contenedor puede ser utilizado para producir alimentos, siempre y cuando no haya almacenado sustancias tóxicas o nocivas. Es fundamental realizar perforaciones en la base del envase para favorecer el drenaje del agua de riego (Schonwald & Pescio, 2015).



Cultivo con envases de helados (Schonwald & Pescio, 2015).



El cultivo vertical evita las enfermedades causadas por los hongos del suelo y le permite al productor independizarse de las condiciones de la superficie (Schonwald & Pescio, 2015).



El contenedor autoirrigable permite el almacenaje de agua y facilita las tareas de riego, sobre todo durante el verano (Schonwald & Pescio, 2015).

Ruta selectiva

La definición de una ruta selectiva es importante para que los residuos no se mezclen, esto dependerá del esquema y la empresa que opere en la zona, los residuos orgánicos deberán ser entregados en los días definidos. En algunos municipios próximos a la sabana de Bogotá se cuenta con experiencias en la implementación para este tipo de rutas, un caso se presenta en el Municipio de Chía, la estrategia definida

para la implementación fue iniciar en unos sectores, luego se fue replicando a otros, esta estrategia, se acompañó de la entrega de un recipiente y de una estrategia de divulgación orientada a brindar aportes pedagógicos, enfocados hacia la educación ambiental, concientizando a cada ciudadano acerca de las repercusiones y efectos positivos que trae la correcta separación de los residuos (Alcaldía Municipal Chía, 2021). En el municipio de Cajicá, mediante el PGIRS se tiene el programa basado en el buen manejo y aprovechamiento de residuos sólidos llamado “Caneca Verde”, con ese programa se ha logrado disminuir en un 27% los residuos que son llevados al relleno sanitario, el aprovechamiento del material reciclable en un 30% y también un aprovechamiento del 19% en procesos de compostaje. Los logros alcanzados en este municipio dependieron de:

1. Definición de ruta selectiva para residuos orgánicos y no aprovechables
2. Vinculación de recuperadores ambientales formales e informales
3. Capacitación a los usuarios (sector residencial, comercial, de servicios, industrial)
4. Entrega de canecas verdes a todos los usuarios, estas se renuevan cada 4 años
5. Cada mes se entrega una bolsa que contiene 2 kilos de bokashi para evitar olores, vectores, y acelerar el proceso de descomposición.
6. Definición de un punto para el aprovechamiento (Planta de compostaje)

Definición de áreas de aprovechamiento

La definición del área de aprovechamiento dependerá de la estrategia a implementar y esta a su vez de la escala (barrio, áreas liberadas, andenes, jardines, solares, azoteas y cualquier otro lugar).

Bibliografía(Cepero., 2011)

SILVA, G. 2022. Pacas Digestoras Silva estrategia para aprovechar los residuos orgánicos. Cali. <https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/166568/pacas-digestoras-silva-estrategia-para-aprovechar-los-residuos-organicos/>

JIMÉNEZ, A. 2020. Manejo adecuado de los residuos sólidos en el municipio de Cajicá, programa implementado por medio del plan integral de gestión de residuos sólidos PGIRS. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

CEPERO., L. D. A. G. M. F. S. (2011). Unidades Integrales de Agricultura Urbana en Bogotá D.C Cartilla para el Manejo de la Fertilización de las Plagas y Las Enfermedades, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Cartilla Agricultura Urbana, p. 1–55.

SCHONWALD, J., & PESCIO, F. (2015). Mi casa, mi huerta: técnicas de agricultura urbana. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA. p. 1 - 64.

DÍAZ, A. 2003. Competencia entre pastos exóticos y plantas nativas: una estrategia para la restauración del bosque alto andino. Trabajo de grado.

3.1 Requiere estudio	Si	No
		X
3.2 Descripción del estudio.		
3.3 Requiere estudios de exploración de suelos y ecosistemas	Si	No
		X
4.3 Personal Requerido		
Profesional del área social		
Ingeniero Forestal		

6.2.3 ZONAS PRIORIZADAS

En esta sección se aterrizan la aplicación de las propuestas conceptuales de acuerdo con los conceptos definidos anteriormente. La definición de las zonas responde al trabajo realizado por el equipo profesional de la consultoría en base a los insumos como; ortofotografía a 2021 de alta resolución espacial, DEM (EAAB), ortofotografía a 2025 (CATASTRO), salidas de campo, topografía detallada ejecutada, revisión multitemporal revisión de los conceptos, diagnóstico, estudios realizados por el IDIGER, usos del suelo o áreas definidas en el POT (Decreto 555 de 2021).

6.2.3.1 Sitio Crítico

El sitio crítico del Polígono 1 se localiza sobre el costado izquierdo de la vía (banca inferior) en la Calle 60 Sur, donde se identificó un proceso de inestabilidad que compromete la seguridad vial. De acuerdo con las observaciones de campo, aunque el sustrato corresponde a rocas arenosas competentes con un grado de meteorización III, la problemática está asociada principalmente a la acumulación de material antrópico heterogéneo y de baja consolidación dispuesto sobre la ladera, el cual ha presentado fallas ante la acción de detonantes externos, especialmente eventos de precipitación intensa. A continuación, se presenta la Figura 6-1 del sitio crítico.

Figura 6-1 Localización sitio critico Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Los diseños detallados para este sitio se presentan en el numeral 7.

6.3 ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO PARA LAS SBN

La implementación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) priorizadas para el Polígono 1 requiere considerar mecanismos de financiación y articulación institucional que permitan pasar de la formulación conceptual a la ejecución, mantenimiento y monitoreo de las acciones propuestas. En este sentido, el Plan de Acción Climática de Bogotá 2020-2050 (PAC) constituye un referente importante, en la medida en que reconoce la necesidad de asignar recursos de inversión, recursos propios de las entidades responsables y, en algunos casos, recursos del Fondo Distrital para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático (FONDIGER), para la implementación de acciones asociadas a la política pública climática.

De acuerdo con el PAC, las entidades que aportan al cumplimiento del plan de acción deben garantizar que en los planes plurianuales de inversión de los siguientes planes de desarrollo se contemplen los recursos asociados a los productos definidos en la política pública. Asimismo, cuando los costos proyectados superen el cupo presupuestal disponible, las entidades deberán priorizar las acciones de mayor relevancia para el cumplimiento de los objetivos y gestionar recursos presupuestales de otras fuentes.

Para el caso del Polígono 1, lo anterior permite sustentar que las fichas priorizadas deben ser entendidas como acciones susceptibles de articulación con los instrumentos de inversión y gestión de las entidades distritales competentes, especialmente aquellas relacionadas con gestión del riesgo, restauración ecológica, manejo de áreas protegidas, recuperación de áreas liberadas, drenaje sostenible, bioingeniería, control de incendios forestales y mejoramiento urbano de bajo impacto.

En consecuencia, las acciones propuestas no deben asumirse como intervenciones aisladas, sino como un portafolio de medidas que puede ser implementado de manera progresiva, de acuerdo con la disponibilidad presupuestal, la prioridad territorial, la competencia institucional y la posibilidad de concurrencia entre entidades. Esta aproximación permite orientar la toma de decisiones hacia intervenciones viables, escalables y sostenibles en el tiempo.

Tabla 6-3 Posibles fuentes o mecanismos de articulación y financiamiento

Línea de intervención priorizada	Posibles fuentes o mecanismos de articulación
Restauración ecológica y rehabilitación forestal de ladera	Recursos de inversión de entidades ambientales, programas de restauración ecológica, manejo de Estructura Ecológica Principal y áreas protegidas.
Manejo de áreas liberadas y control de reinvasión	Recursos asociados a gestión del riesgo, reasentamiento, recuperación de suelo de protección y apropiación ciudadana.
Obras verdes, azules o híbridas para manejo de escorrentía y erosión	Recursos de gestión del riesgo, FONDIGER, proyectos de adaptación climática y obras con criterios SbN.
Estrategias de mitigación de incendios forestales	Programas de gestión del riesgo por incendio forestal, restauración ecológica, manejo de coberturas y control de especies invasoras.
SUDS y mejoramiento urbano de bajo impacto	Proyectos de espacio público, infraestructura local, drenaje sostenible, ecobarrios o mejoramiento integral con criterios de adaptación climática.
Separación y manejo de residuos sólidos	Programas de cultura ciudadana, gestión ambiental local, economía circular, UAESP, alcaldías locales y apropiación comunitaria.

Fuente: Elaboración propia a partir del PAC 2020-2050

7 DISEÑOS

7.1 DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA A RESOLVER

7.1.1 METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO Y EXPLORACIÓN

Para la definición del modelo geológico–geotécnico del sitio de estudio y la evaluación de su condición actual, el diagnóstico inicial se fundamentó en la inspección visual detallada en campo, complementada con el análisis de registro fotográfico, el contraste de información topográfica disponible y la interpretación de resultados de exploración indirecta y directa.

A partir de la comparación de superficies topográficas, se identificaron modificaciones antrópicas en la morfología original del terreno, permitiendo delimitar la zona intervenida mediante rellenos. Esta interpretación fue verificada mediante la ejecución de tres (3) sondeos exploratorios puntuales, a partir de los cuales se estimaron los espesores del material de relleno.

De manera complementaria, se integraron los resultados de una (1) tomografía eléctrica y una (1) línea sísmica de refracción, lo que permitió mejorar la definición del subsuelo en profundidad, identificar variaciones laterales de los materiales y obtener una aproximación continua del perfil estratigráfico. La integración de estas actividades permitió establecer un modelo conceptual del sitio, definiendo la geometría del talud, la extensión del relleno antrópico.

7.1.2 CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO Y FACTORES DETONANTES

Con base en el reconocimiento de campo, se determinó que la problemática del sitio está asociada a condiciones de inestabilidad local relacionada con la presencia de rellenos antrópicos.

El mecanismo de inestabilidad identificado corresponde a procesos superficiales asociados a pérdida de soporte en la banca y degradación progresiva del material. Como factores detonantes se reconocen principalmente:

- La presencia de rellenos antrópicos con baja compacidad y heterogeneidad
- La posible infiltración de agua, que favorece la saturación del material y la reducción

de su resistencia al corte

7.1.3 CARACTERÍSTICAS MORFODINÁMICAS DEL PROCESO IDENTIFICADO

- **Escarpe principal:** Se identifica en el talud inferior un depósito de relleno antrópico, con presencia de cobertura vegetal y una inclinación aproximada de 30°.
- **Cuerpo desplazado:** Corresponde al material de relleno antrópico que conforma la banca inferior del talud.
- **Superficie de falla:** El mecanismo identificado es de carácter superficial, desarrollado dentro del relleno antrópico, con profundidades estimadas de 2,0m a partir de la exploración directa.

Figura 7-1. Sitio crítico Polígono 1

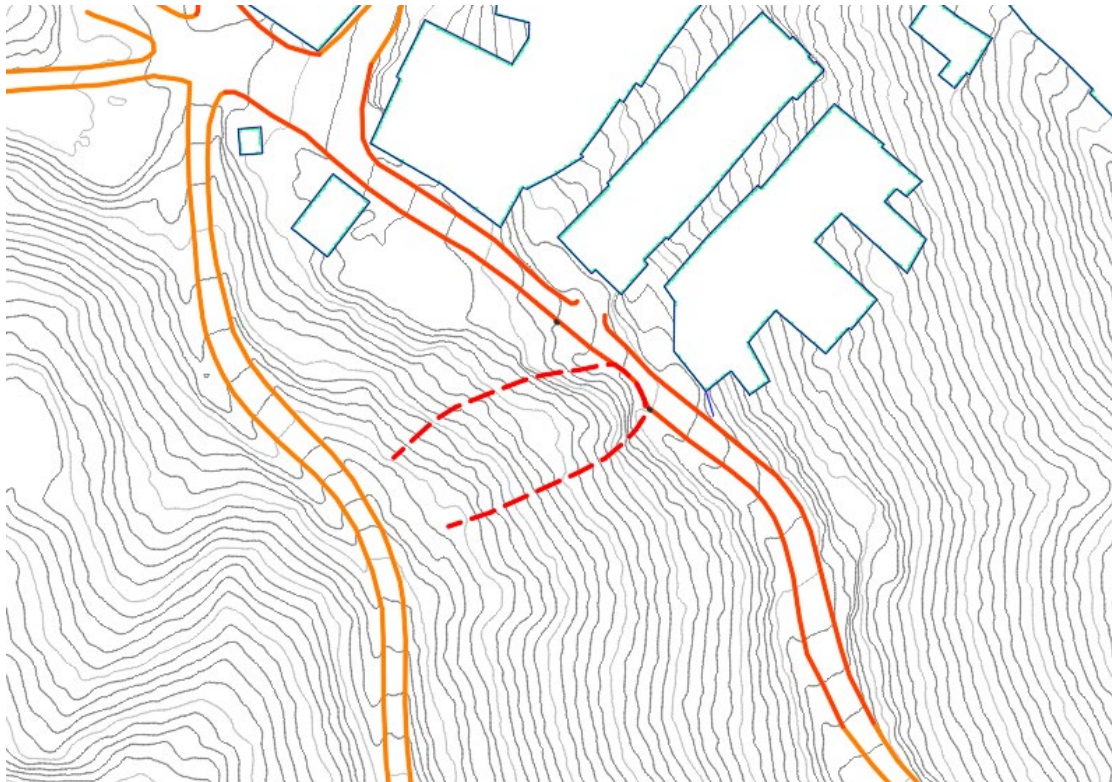


Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta el proceso del sitio crítico sobre la topografía del año

2026.

Figura 7-2 Proceso sobre la topografía



Fuente: Elaboración propia

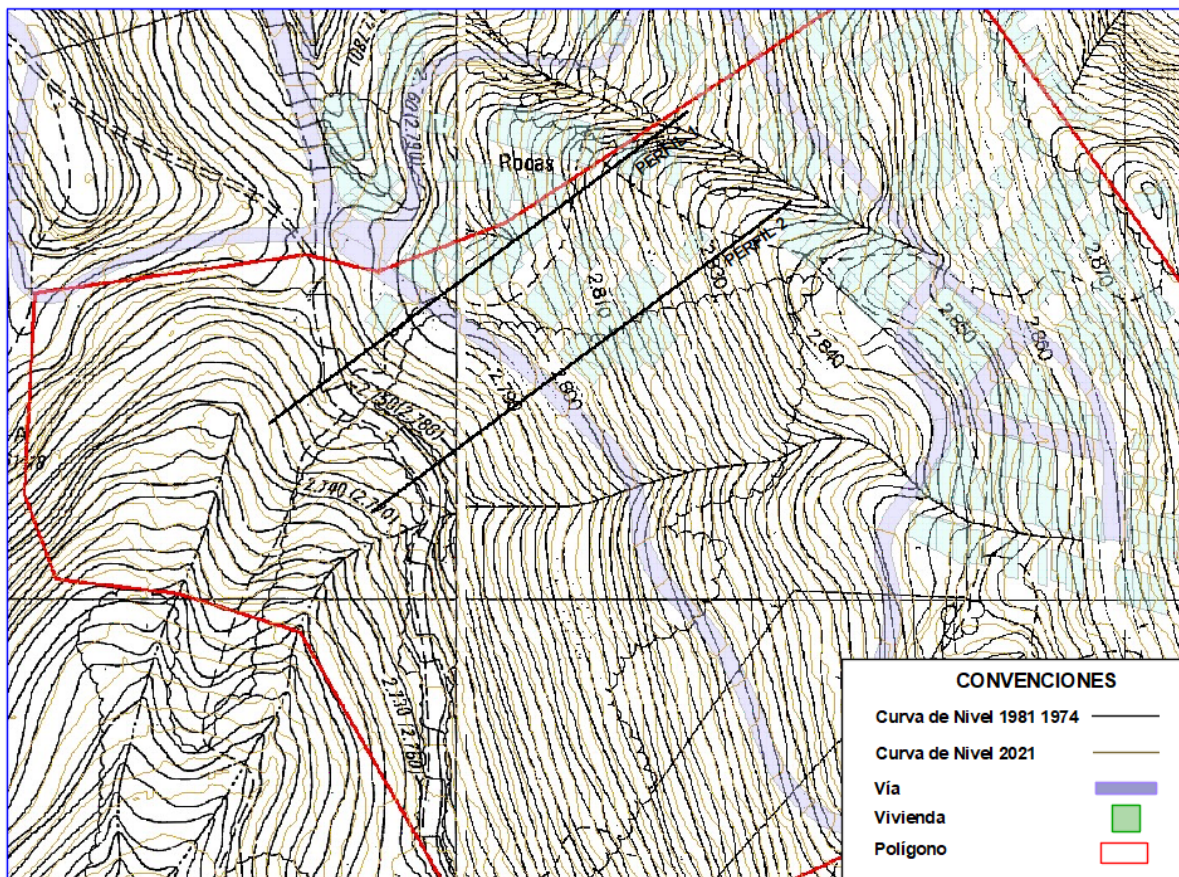
7.2 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO LOCAL

7.2.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Con el propósito de establecer la evolución geomorfológica del sector y cuantificar la incidencia del material antrópico en la inestabilidad identificada, se realizó un análisis multitemporal a partir de la comparación de modelos topográficos correspondientes a los años 1981-1974, 2021 y 2026. La topografía de 1981-1974 representa condiciones previas a la intervención antrópica significativa, en las cuales no se evidencia la presencia del relleno actualmente inestable. En contraste, la topografía de 2021 refleja la configuración del terreno, incluyendo la acumulación de material antrópico sobre la ladera. La topografía año 2026 fue ejecutada por esta consultoría y muestra las condiciones actuales del sitio, y permite determinar los cambios morfométricos y los niveles de relleno antrópico, así como la delimitación de procesos inestables.

A partir de la superposición y contraste de las tres superficies, se definieron dos perfiles representativos en la zona de estudio, mediante los cuales fue posible identificar y estimar el espesor del relleno antrópico. Este análisis permitió diferenciar claramente entre el terreno natural y los materiales adicionados, constituyéndose en un insumo fundamental para la definición de los parámetros y criterios del diseño geotécnico orientado a la estabilización del sitio. En la Figura 7-3 se presenta la topográfica del sitio crítico y la ubicación de los perfiles.

Figura 7-3 Contrastación topográfica año 1981-1974 y 2021

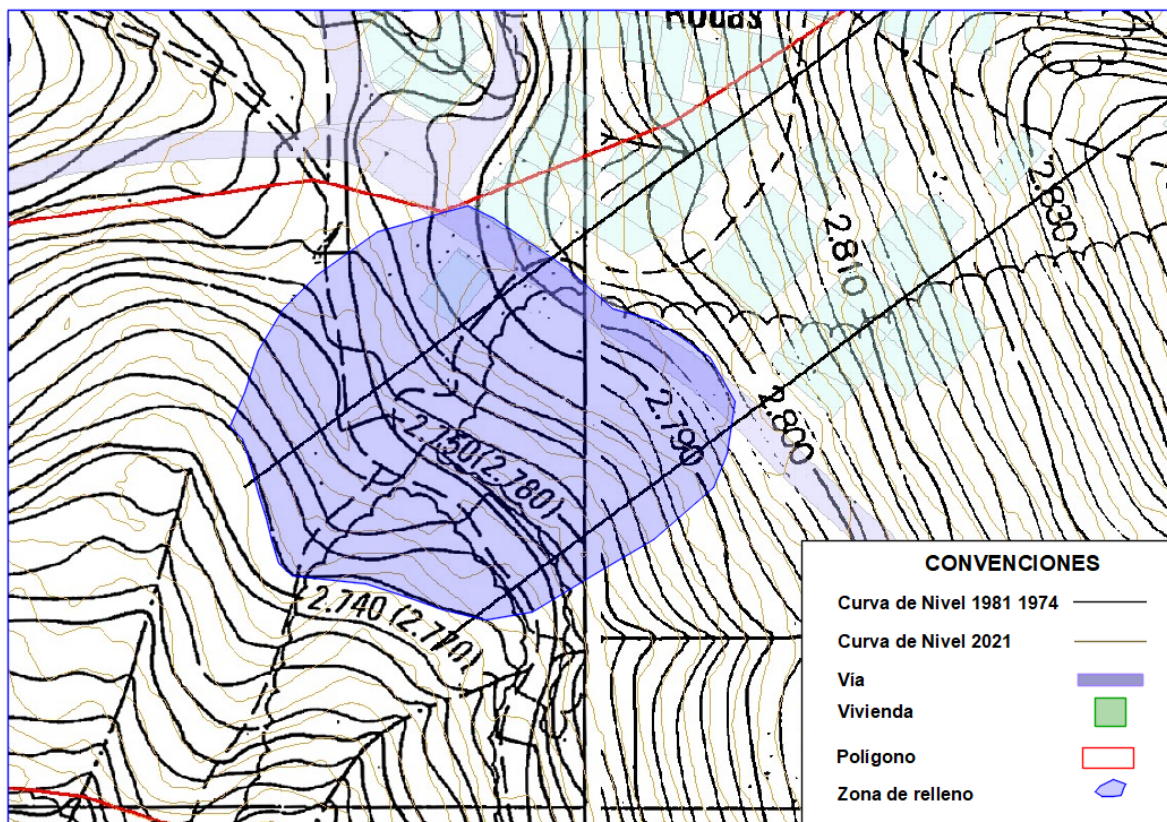


Fuente: Elaboración propia

Con base en la figura presentada y en el contraste realizado entre las superficies topográficas, se definió la extensión del relleno antrópico en el área de estudio. Este análisis permitió identificar las modificaciones en la morfología original del terreno, evidenciando sectores donde se han generado aportes de material ajeno al perfil natural.

La interpretación obtenida a partir de esta comparación fue complementada con las observaciones de campo y la información derivada de los sondeos exploratorios, lo que permitió validar la presencia del relleno, así como estimar su distribución espacial y variabilidad en espesor.

Figura 7-4. Localización zona de relleno

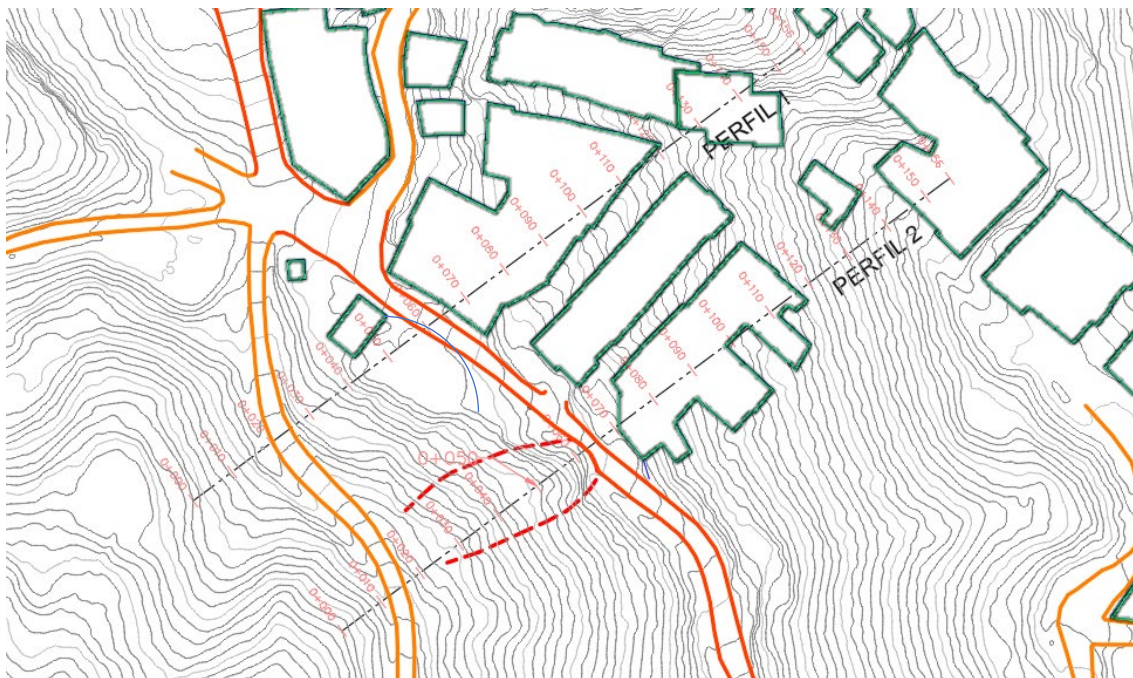


Fuente: Elaboración propia

En los perfiles presentados a continuación se observa el contraste de la topografía del terreno. En estos se incluyen dos (2) perfiles longitudinales construidos a partir de la información topográfica correspondiente a los años 1960, 2021 y 2026, lo que permite evidenciar las modificaciones en la morfología original del sitio a lo largo del tiempo.

A partir de esta comparación, se identifica claramente la zona intervenida mediante relleno antrópico, la cual se manifiesta como una variación significativa entre ambas superficies. Esta zona coincide espacialmente con la delimitación del relleno previamente definida en planta. A continuación, se presenta la ubicación de los perfiles sobre la topografía año 2026 y las respectivas secciones de trabajo.

Figura 7-5 Ubicación perfiles de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Para el Perfil 1, se concluye que los espesores de relleno antrópico están por el orden de los 3.0 m de espesor y fueron implantados para la conformación de la vía y de las edificaciones en la zona inferior del talud.

Figura 7-6. Perfil 1 de contrastación topográfica



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-7. Perfil 2 de contrastación topográfica

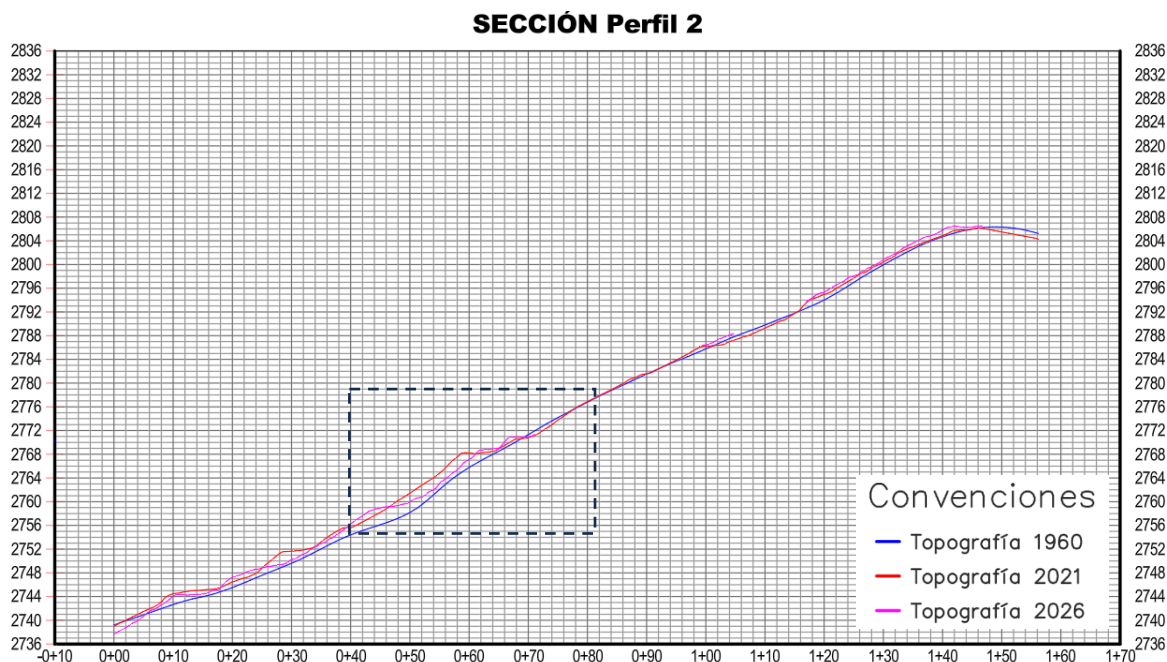
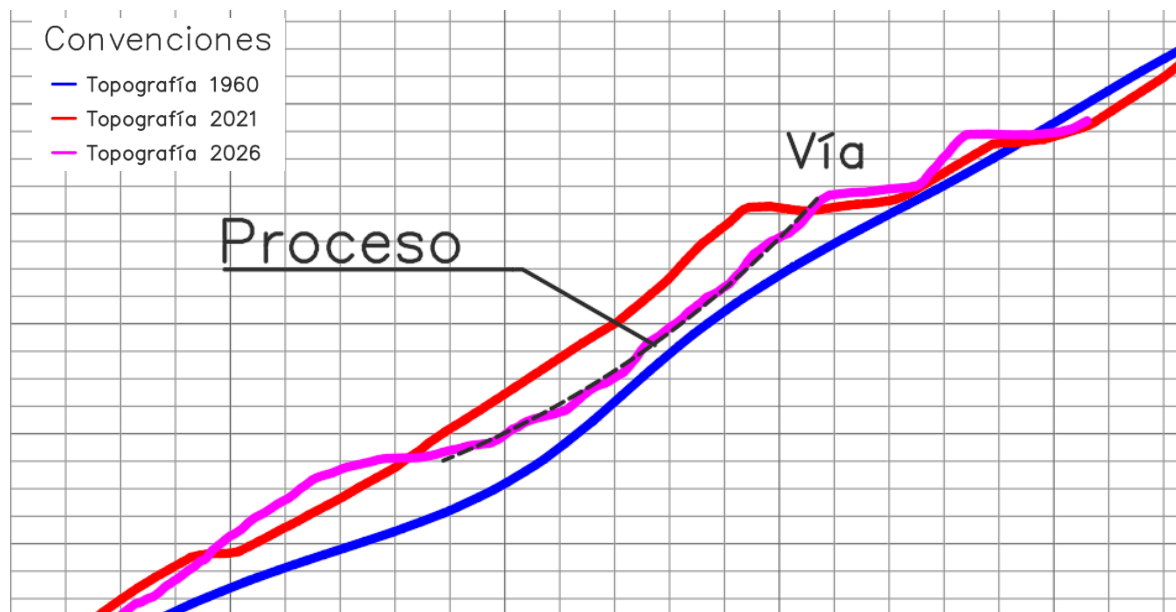


Figura 7-8 Detalle proceso por contrastación topográfica



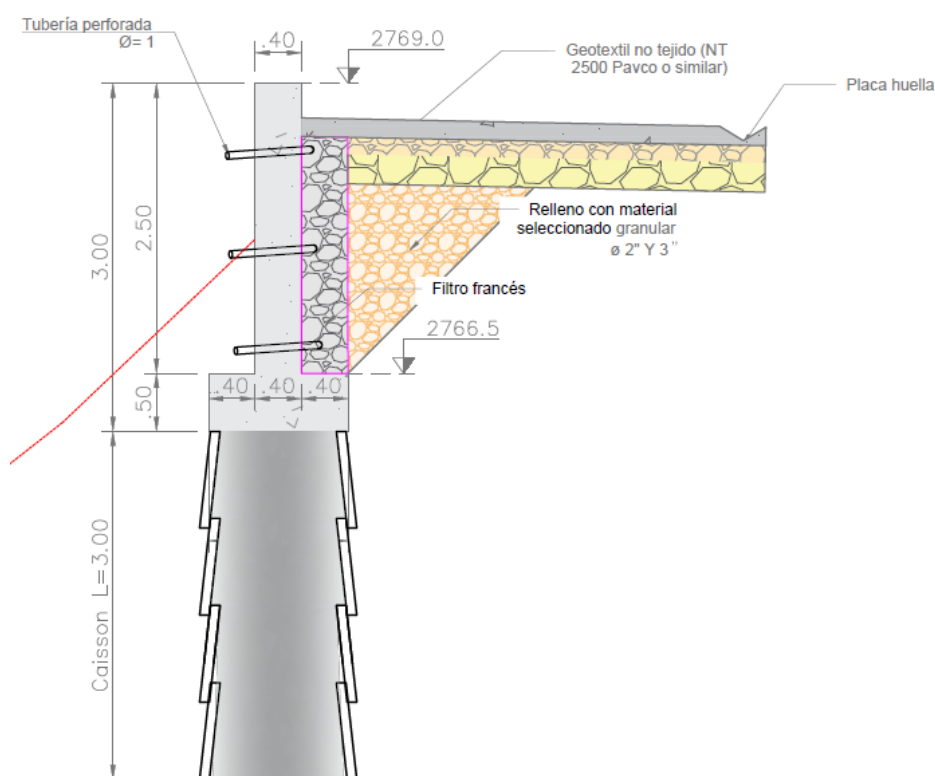
En el Perfil 2 se evidencia el proceso de pérdida de banca sobre el relleno antrópico.

7.3 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN

7.3.1 MURO DE CONTENCIÓN APOYADO EN CAISSON

El muro de contención cimentado sobre Caisson corresponde a la estructura principal de contención, localizada en el talud exterior. Esta alternativa se encuentra implantada geométricamente sobre la topografía real del sitio crítico, garantizando la estabilidad de la vía. Está conformada por un muro en voladizo de 3.0m de altura y Caissons de 1.0 m de diámetro y 3 m de longitud, con una separación entre ejes equivalente a 3 veces el diámetro (3.0 m) conectados mediante la zarpa del muro de contención.

Figura 7-9 Esquema sistema de contención



Fuente: Elaboración propia

7.3.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

La obra principal estará acompañada de la reconfiguración del terreno en los sectores donde se identificó la presencia de relleno antrópico. Estas zonas serán previamente perfiladas y adecuadas mediante cortes controlados, con el fin de definir una geometría

estable y acorde con las condiciones del talud.

Sobre estas superficies se implementará un sistema de terrazas confinadas mediante trinchos de madera, los cuales permitirán estabilizar el material superficial, mejorar el control de la erosión y reducir la ocurrencia de movimientos superficiales. Este sistema estará conformado por elementos en madera, dispuestos de manera escalonada, con relleno de material del sitio y elementos drenantes tipo biorrollo, favoreciendo además el establecimiento de cobertura vegetal.

Los trinchos de bioingeniería analizados corresponden a muros de contención escalonados, contruidos con elementos de madera o guadua dispuestos en dos funciones claramente diferenciadas:

a) Pared horizontal: rollizos horizontales que reciben directamente la presión del suelo retenido y la transfieren por apoyo a los pilotes.

b) Pilotes verticales: elementos hincados en el terreno que actúan como la cimentación de la estructura. Son los encargados de resistir la presión lateral y transmitirla al suelo de fundación.

7.4 ANÁLISIS TÉCNICOS

7.4.1 ANÁLISIS RETROGRESIVO (BACK ANALYSIS)

La definición de los parámetros geotécnicos de los materiales involucrados en el proceso de inestabilidad se fundamentó en la información obtenida mediante inspección de campo y criterios de caracterización geomecánica. En el caso del macizo rocoso, correspondiente a areniscas y arcillolitas, los parámetros fueron estimados a partir del índice GSI determinado mediante evaluación visual en sitio. Por su parte, para el relleno antrópico, debido a su naturaleza heterogénea y baja consolidación, se adoptaron parámetros asumidos, sobre los cuales se desarrolló un análisis de sensibilidad enfocado principalmente en la variación de la cohesión.

Con el fin de reproducir el mecanismo de falla observado y validar los parámetros adoptados, se llevó a cabo un análisis retrogresivo (back analysis) considerando la geometría actual del talud definida a partir de la topografía reciente, así como la configuración del relleno identificada en el análisis multitemporal. La modelación de estabilidad se realizó mediante el software Slide, empleando el criterio de falla de Mohr-Coulomb y métodos de equilibrio límite, evaluando diferentes escenarios de resistencia del material antrópico hasta obtener condiciones cercanas al estado de falla. Este procedimiento permite identificar una superficie de falla compatible con la evidencia observada en campo.

Figura 7-10 Parámetros ingresados a slide (Pgrsa) Arenisca

(Pgrsa) Arenisca

Name: (Pgrsa) Arenisca Colour: Hatch:

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

Strength Type: Gen. Hoek-Brown $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d((m_b \sigma_3 / \sigma_d) + s)^a$

Strength Parameters

UCS (intact): 258000 kN/m2 mb: 4.870581

s: 0.020468 a: 0.501975

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Fuente: Elaboración propia

Figura 7-11 Parámetros ingresados a slide (Pgrsar) Arcillolita

(Pgrsar) Arcillolita

Name: (Pgrsar) Arcillolita Colour: Hatch:

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

Strength Type: Gen. Hoek-Brown $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d((m_b \sigma_3 / \sigma_d) + s)^a$

Strength Parameters

UCS (intact): 258000 kN/m2 mb: 1.958166

s: 0.108368 a: 0.500592

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Fuente: Elaboración propia

Figura 7-12. Parámetros ingresados a slide relleno

Relleno

Name: Colour: Hatch:

Unit Weight: kN/m3 ☐ Saturated U.W. kN/m3

Strength Type: $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: kN/m2 Phi: degrees

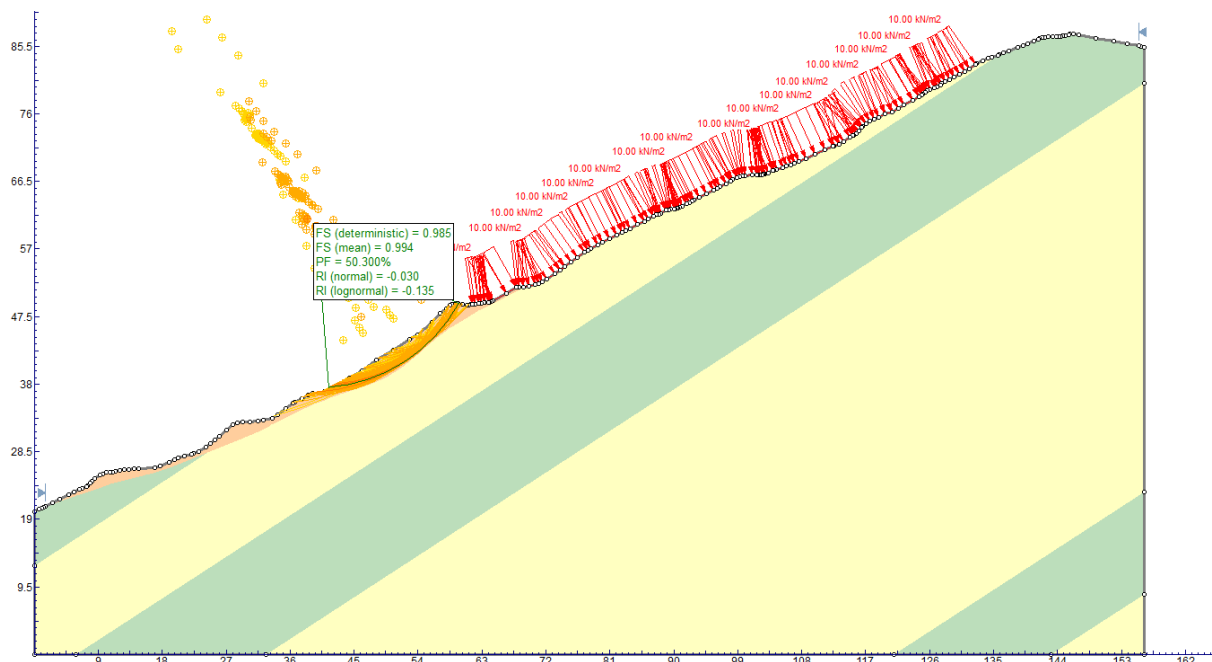
Water Parameters

Water Surface: Ru Value:

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de refinar los parámetros geomecánicos del material inestable, se llevó a cabo el Back Analysis. Utilizando la superficie definida, se modeló el movimiento en el software SLIDE 6.0 de la casa Rocscience mediante el principio de equilibrio límite. En la Figura 7-13 se presenta el modelo con la superficie de falla.

Figura 7-13. Modelo Back Analysis



Fuente: Elaboración propia

En el presente caso, el análisis retrogresivo se desarrolló considerando una condición de saturación, representada mediante un coeficiente de presión de poros $R_u = 0.2$ aplicado al material de relleno antrópico.

Para el Back Analysis, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad de los parámetros de resistencia de Mohr Coulomb (cohesión y ángulo de fricción), considerando una distribución normal 3σ . Se empleó una cohesión promedio de 10 kN/m² con una desviación estándar de 3, y un ángulo de fricción promedio de 20° con una desviación estándar de 5, como se ilustra a continuación.

Figura 7-14. Parámetros utilizados en el modelo

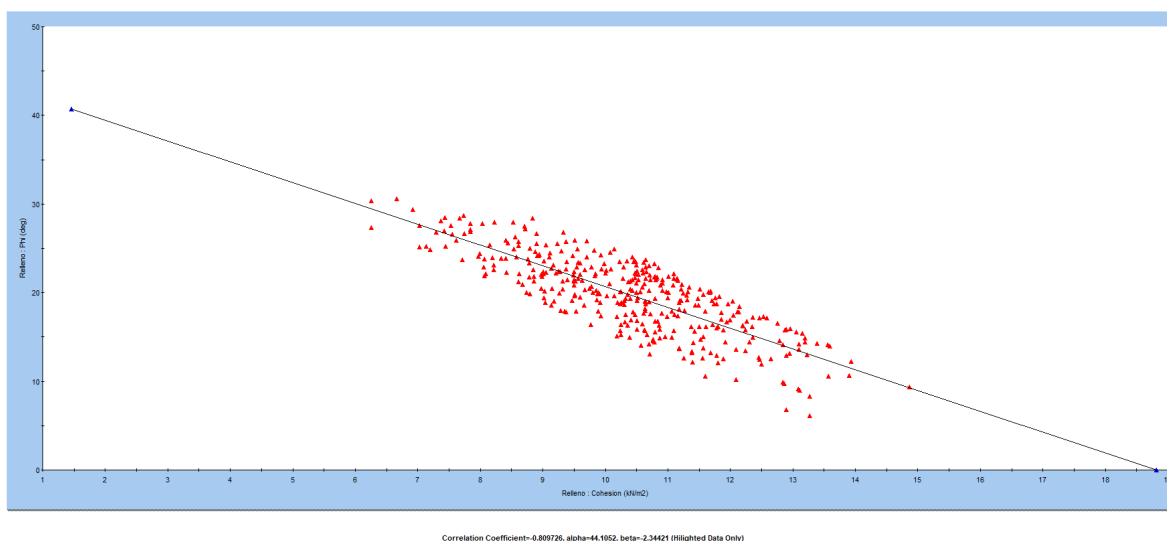
#	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Relleno	Cohesion	Normal	10	3	9	9
2	Relleno	Phi	Normal	20	5	15	15

Fuente: Elaboración propia

Mediante el análisis de sensibilidad de parámetros, se generó una gráfica que muestra la

combinación de parámetros necesaria para lograr un factor de seguridad de 1.0, es decir, alcanzar el equilibrio límite. A continuación, se presenta la gráfica obtenida para la condición 1, que corresponde al nivel freático identificado en la exploración geotécnica (ver Figura 7-15).

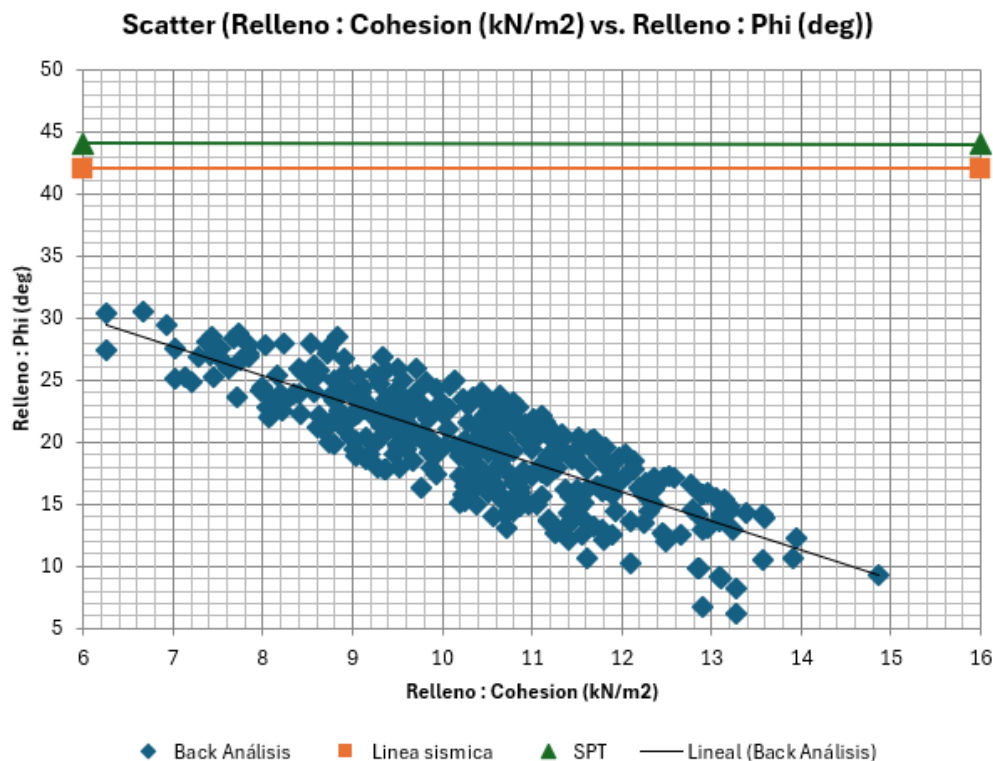
Figura 7-15. Análisis paramétrico



Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis paramétrico, se seleccionaron los parámetros obtenidos mediante el SPT como los atributos representativos del material Qan, los cuales equivalen a los parámetros residuales del material Qan. Es importante destacar que estos parámetros definidos se basan en una condición de saturación analizada $R_u=0.2$ y se corresponden con aquellos que llevaron al fallo.

Figura 7-16. Variación de parámetros mecánicos



Fuente: Elaboración propia

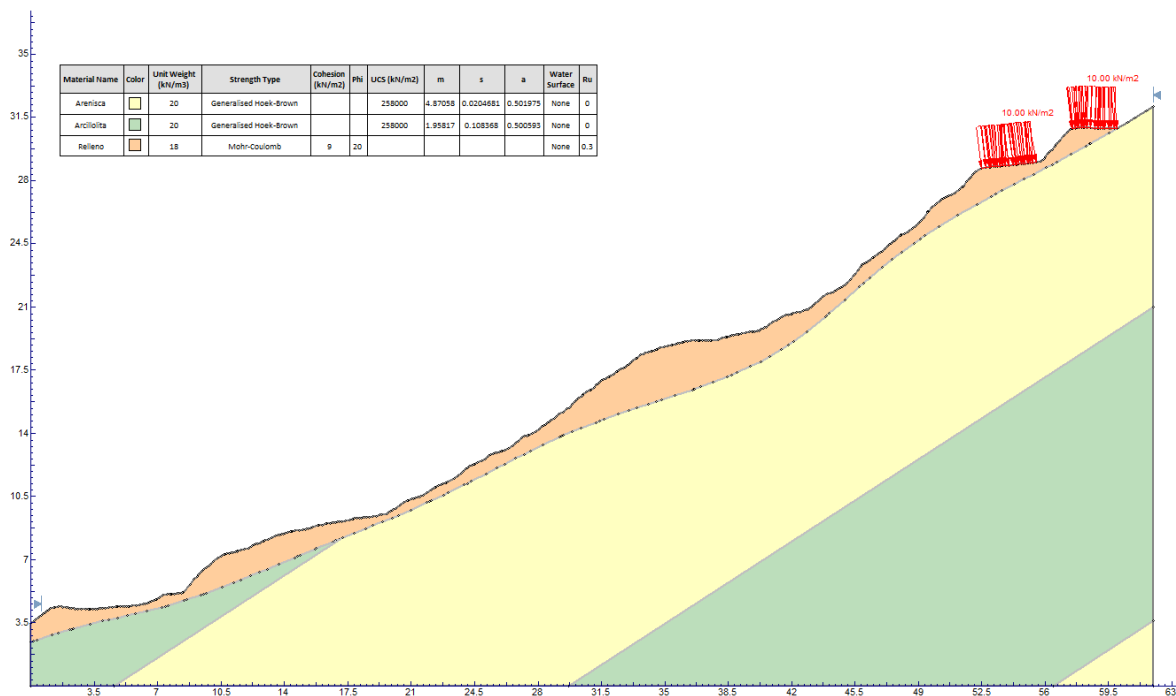
De acuerdo con los resultados del Back Analysis, se toman los siguientes valores para realizar el análisis de estabilidad actual del talud.

- Angulo de fricción: 20°
- Cohesión: 0.9 t/m²

7.4.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL

En el presente capítulo se recopilan los análisis de estabilidad por equilibrio limite realizados para la sección crítica del sitio. En la Figura 7-17 se presenta el modelo geotécnico con los parámetros ingresados en el software Slide V6.0.

Figura 7-17 Modelo geotécnico y parámetros sitio crítico



Fuente: Elaboración propia

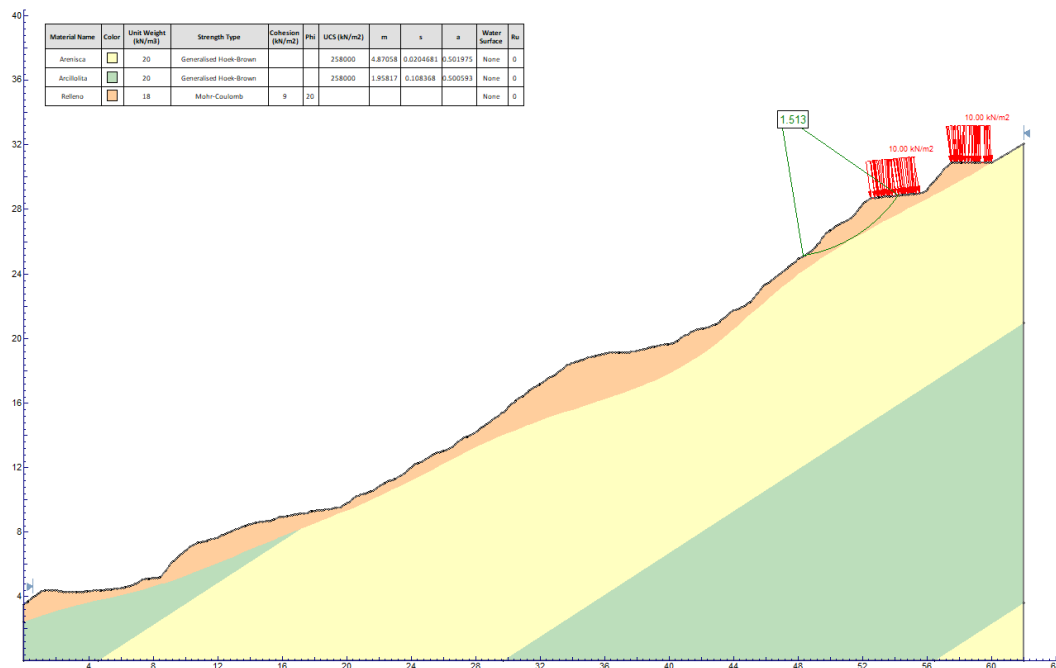
Se analizaron cuatro escenarios:

- Escenario 1: Condición estática en condición seca.
- Escenario 2: Condición estática en condición saturada.
- Escenario 3: Condición pseudoestática en condición seca.
- Escenario 4: Condición pseudoestática en condición saturada.

En cuanto a los criterios para evaluar la estabilidad, se tomó como referencia los enunciados en el título H de la NSR-10, teniendo que para condiciones estáticas el talud es estable si presenta factor de seguridad >1.5 y para condiciones pseudoestáticas >1.05 .

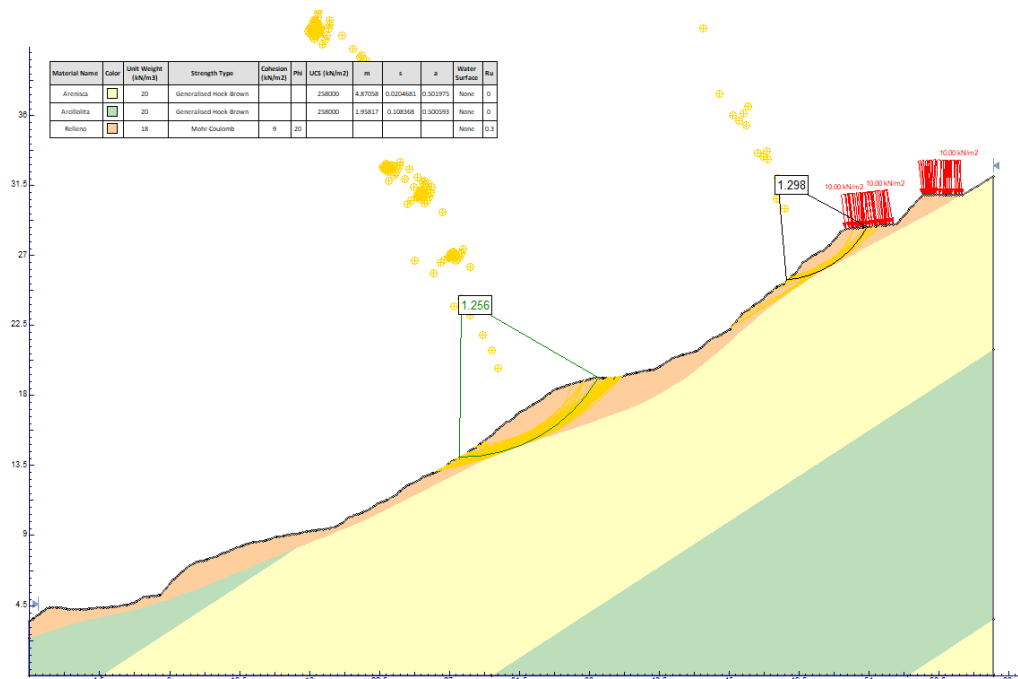
Desde la Figura 7-18 hasta la Figura 7-21 se presentan los análisis de estabilidad para la condición actual considerando los cuatro escenarios de análisis.

Figura 7-18 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + seco



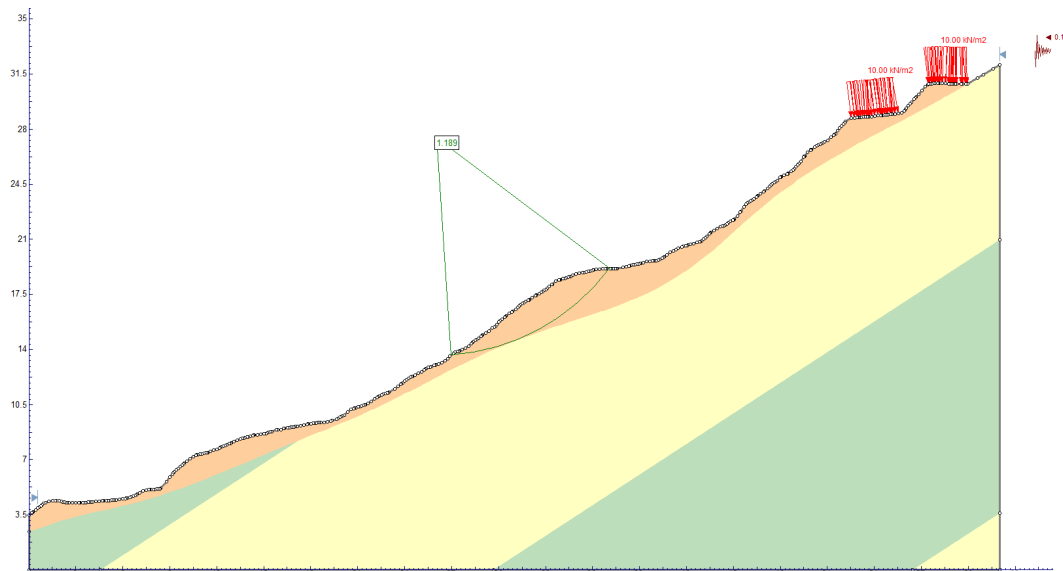
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-19 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + saturado



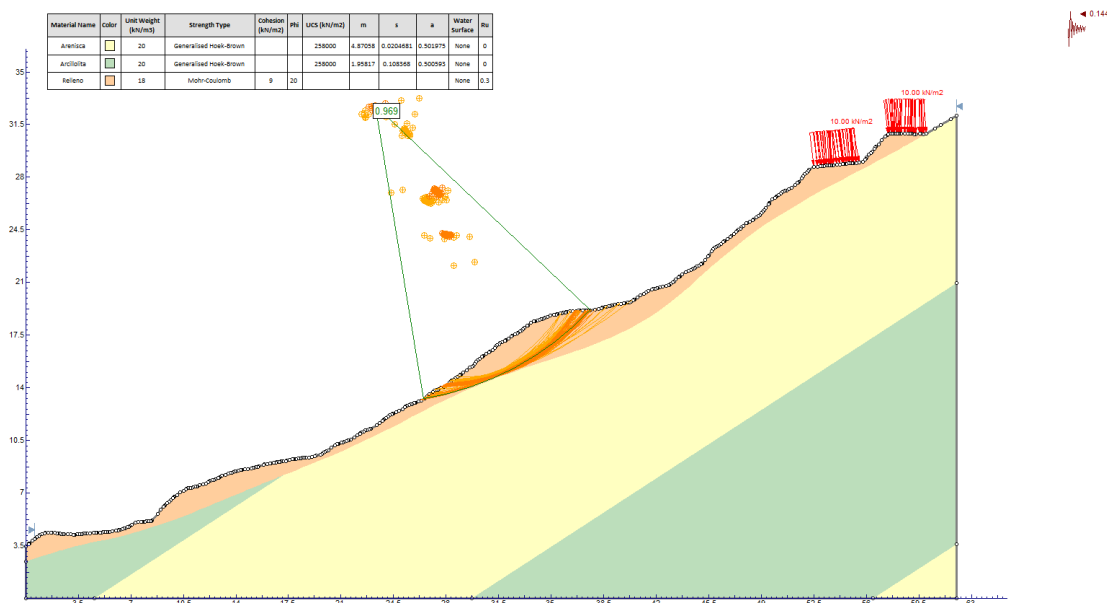
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-20 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudostático + seco



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-21 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudoestático + saturado



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados del factor de seguridad (FS) obtenidos para la sección analizada, considerando las condiciones estática y pseudoestática. Los resultados incluyen la evaluación del FS actual y del FS actual con

relación de ($RU = 0.3$), junto con la correspondiente clasificación de la condición de amenaza.

Tabla 7-1 Resumen condición de inestabilidad

Escenario	Agua	Sismo	Factor de seguridad
1	Seco	Estático	1.5
2	Saturado	Estático	1.298
3	Seco	Pseudoestático	1.189
4	Saturado	Pseudoestático	0.969

Fuente: Elaboración propia

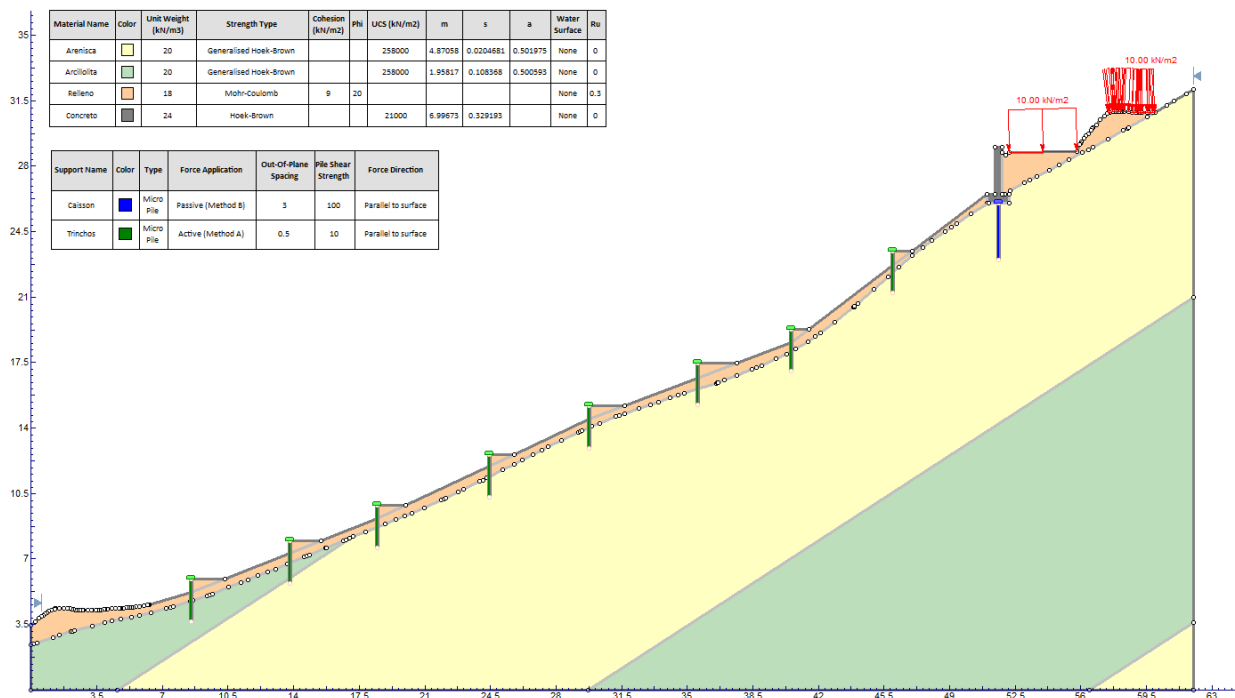
De los análisis de estabilidad del talud se concluye que se generan fallas con espesor de aproximadamente 2.0 metros y en ningún escenario se cumple con los factores de seguridad mínimos establecidos por la norma.

7.4.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRA

7.4.3.1 Alternativa 1

En el presente capítulo se recopilan los análisis de estabilidad por equilibrio limite realizados para la sección crítica del sitio con obra. En la Figura 7-22 se presenta el modelo geotécnico con los parámetros ingresados en el software Slide V6.0.

Figura 7-22 Modelo geotécnico y parámetros sitio crítico



Fuente: Elaboración propia

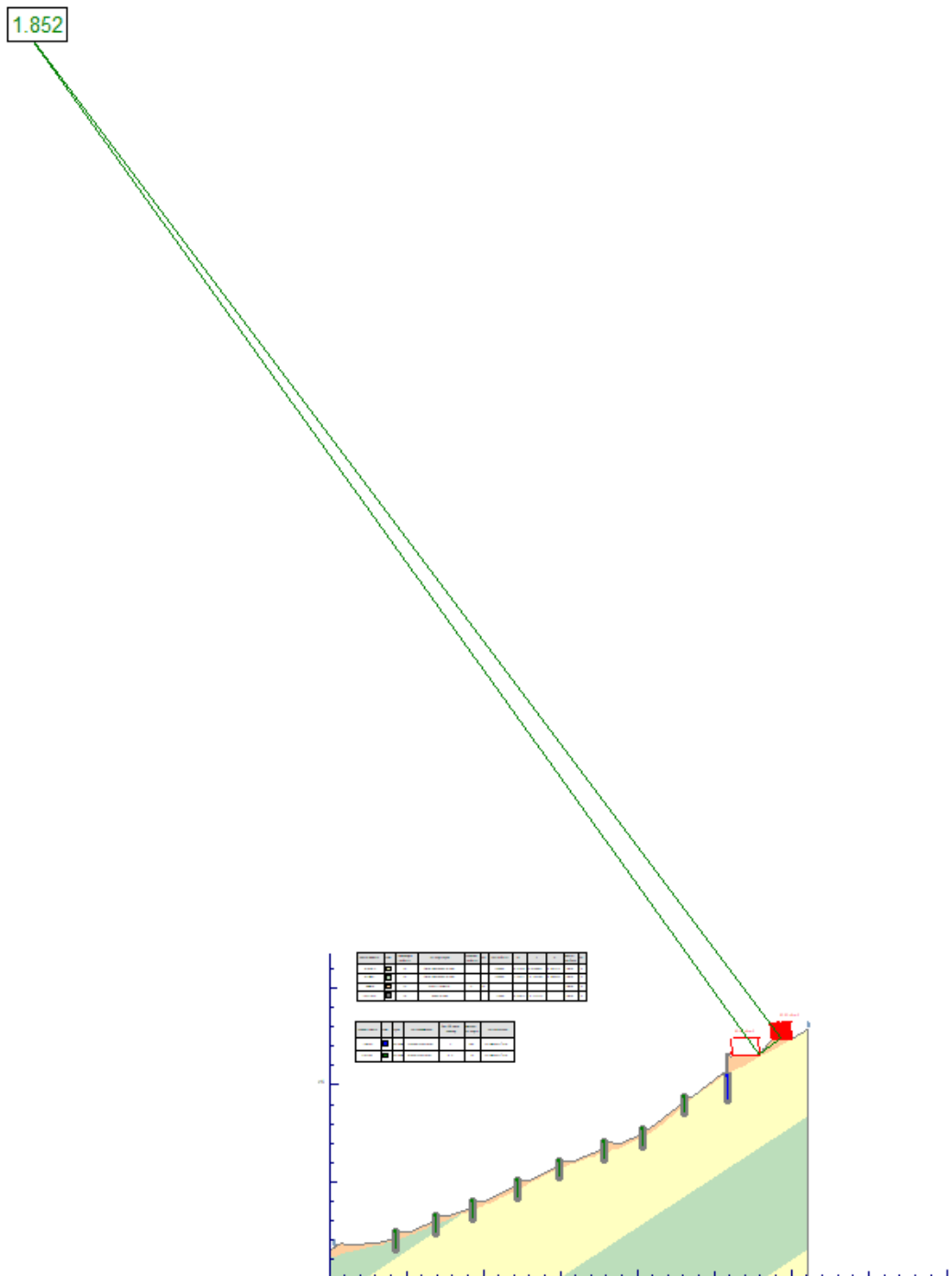
Se analizaron cuatro escenarios:

- Escenario 1: Condición estática en condición seca.
- Escenario 2: Condición estática en condición saturada.
- Escenario 3: Condición pseudoestática en condición seca.
- Escenario 4: Condición pseudoestática en condición saturada.

En cuanto a los criterios para evaluar la estabilidad, se tomó como referencia los enunciados en el título H de la NSR-10, teniendo que para condiciones estáticas el talud es estable si presenta factor de seguridad >1.5 y para condiciones pseudoestáticas >1.05.

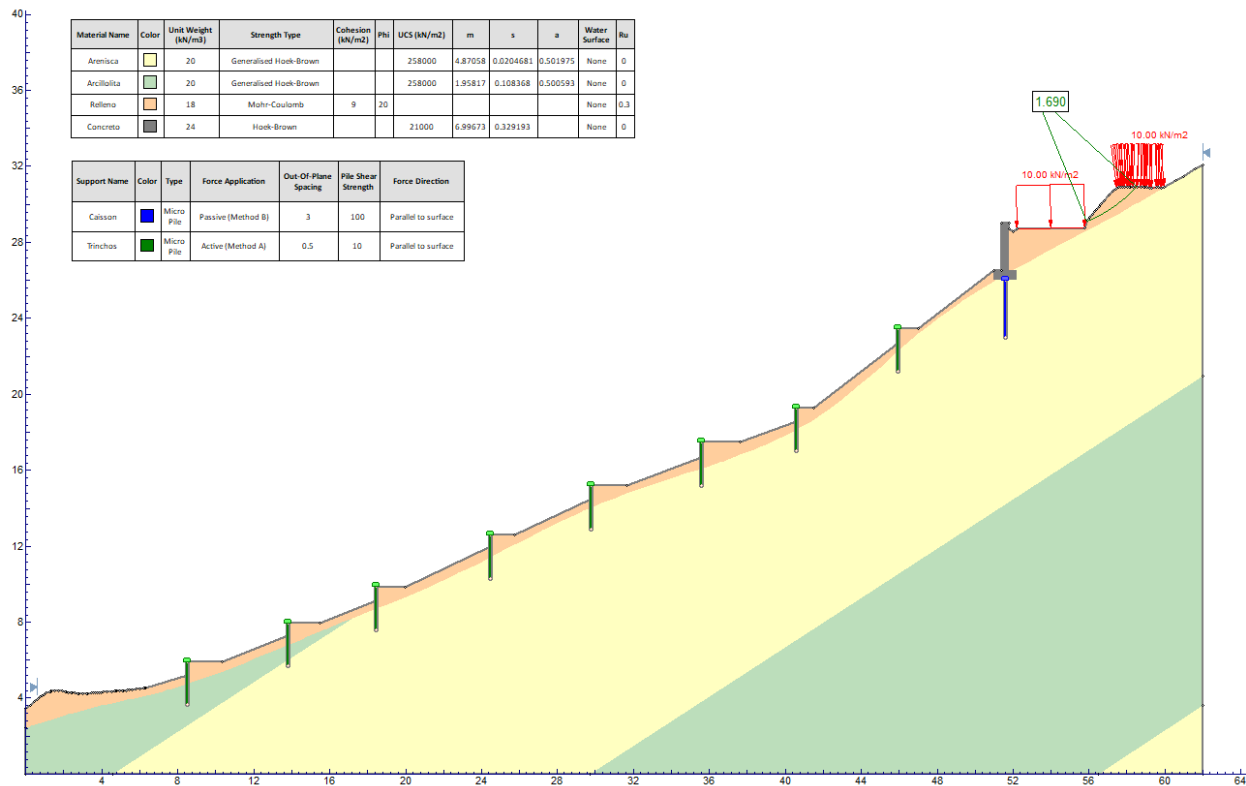
Desde la Figura 7-23 hasta la Figura 7-26 se presentan los análisis de estabilidad para la condición actual considerando los cuatro escenarios de análisis.

Figura 7-23 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + seco



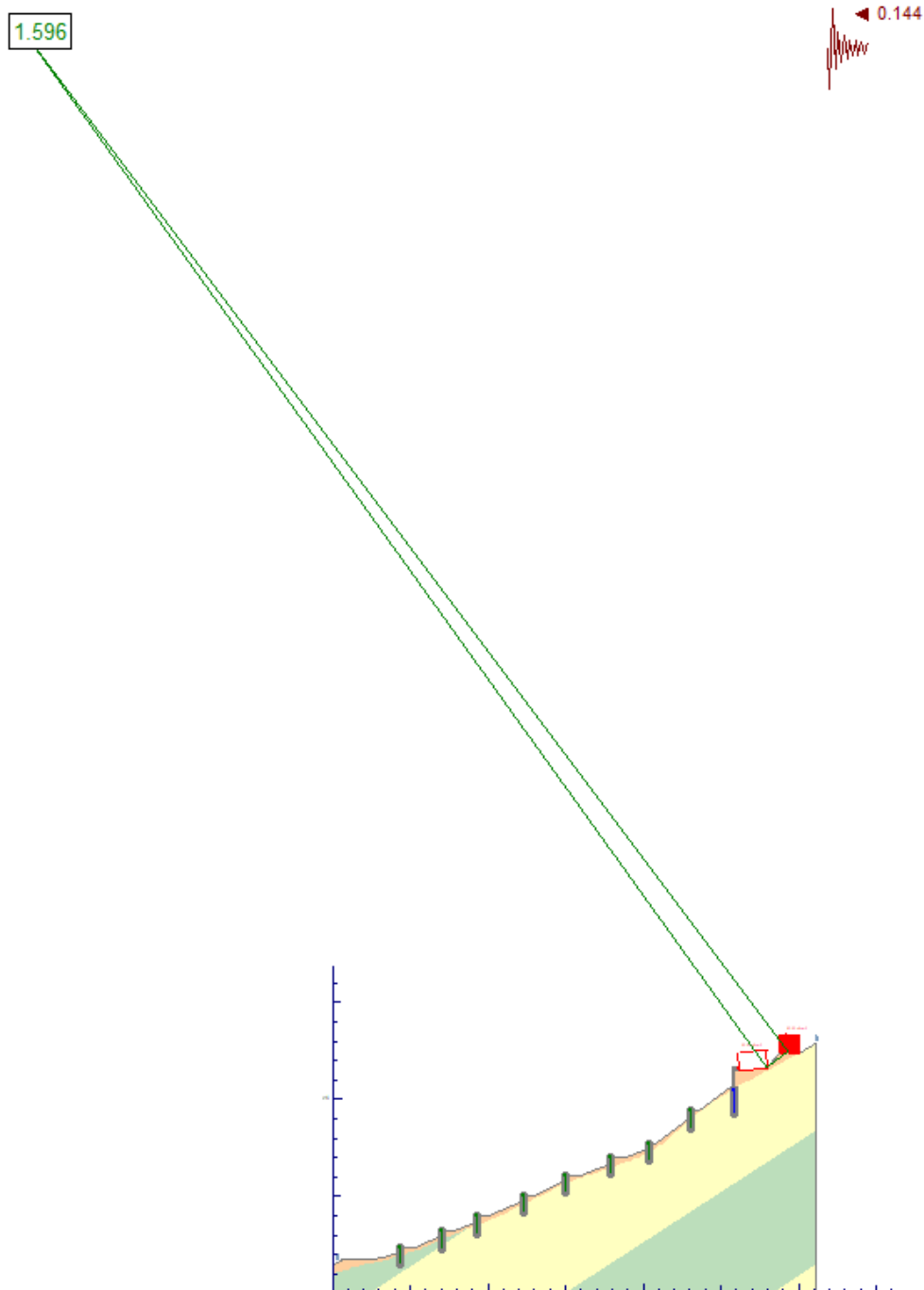
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-24 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + saturado



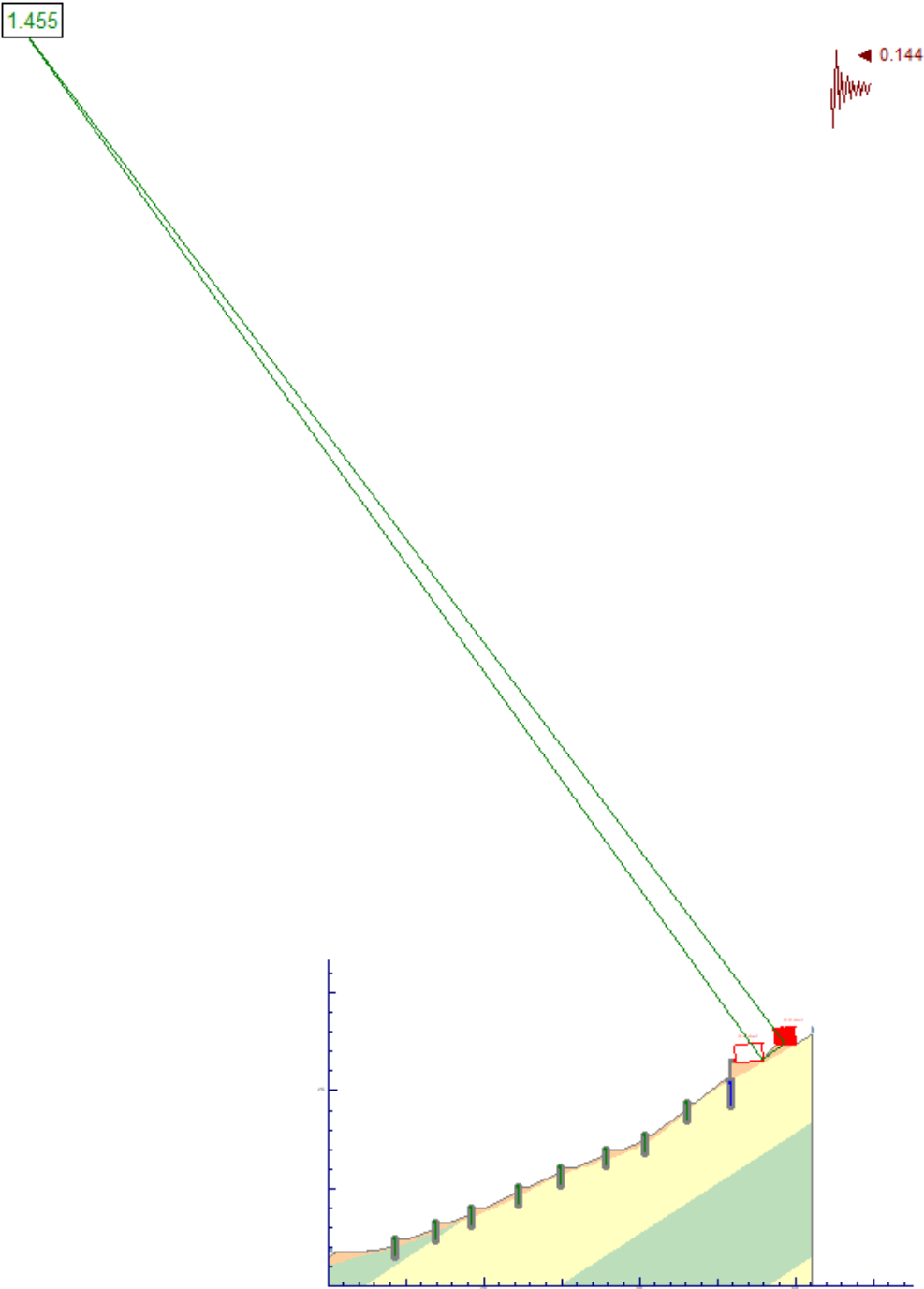
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-25 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudostático + seco



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-26 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudoestático + saturado



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados del factor de seguridad

(FS) obtenidos para la sección analizada, considerando las condiciones estática y pseudoestática. Los resultados incluyen la evaluación del FS actual y del FS actual con relación de ($RU = 0.3$), junto con la correspondiente clasificación de la condición de amenaza.

Tabla 7-2 Resumen factores de seguridad

Escenario	Agua	Sismo	Factor de seguridad
1	Seco	Estático	1.852
2	Saturado	Estático	1.69
3	Seco	Pseudoestático	1.596
4	Saturado	Pseudoestático	1.455

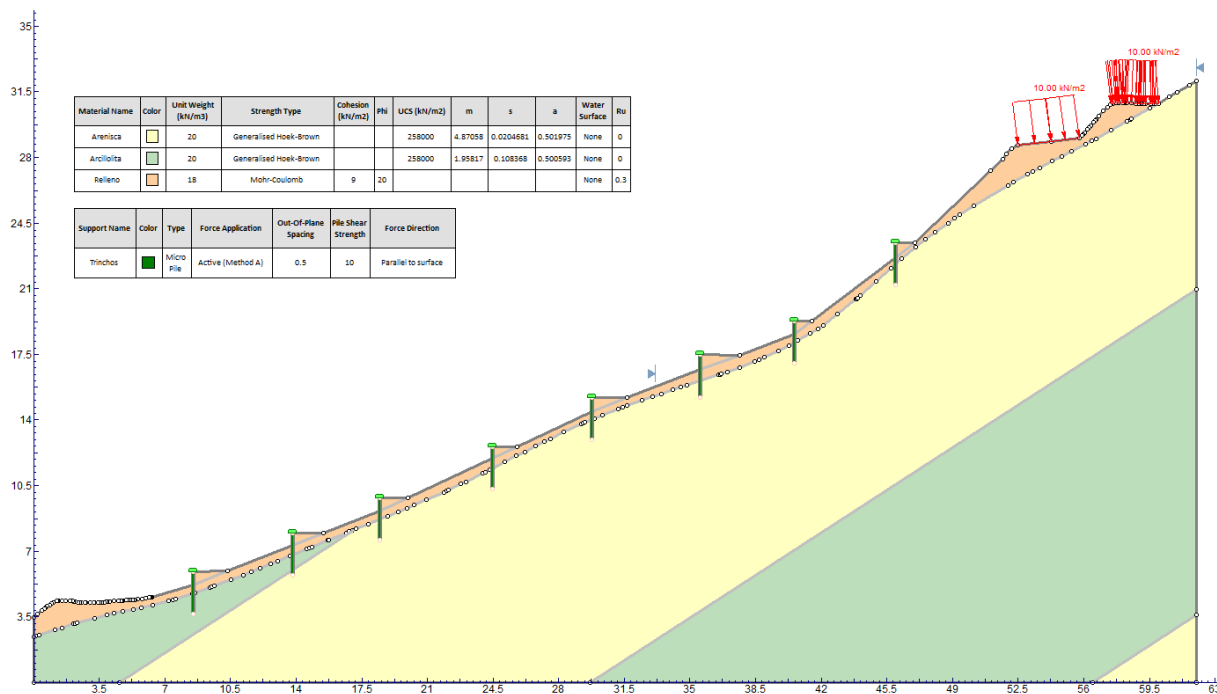
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que el talud presenta condiciones de estabilidad adecuadas, alcanzando factores de seguridad superiores a los mínimos requeridos para los estados analizados.

7.4.3.2 Alternativa 2

En el presente capítulo se recopilan los análisis de estabilidad por equilibrio limite realizados para la sección crítica del sitio con obra. En la Figura 7-27 se presenta el modelo geotécnico con los parámetros ingresados en el software Slide V6.0.

Figura 7-27 Modelo geotécnico y parámetros sitio crítico



Fuente: Elaboración propia

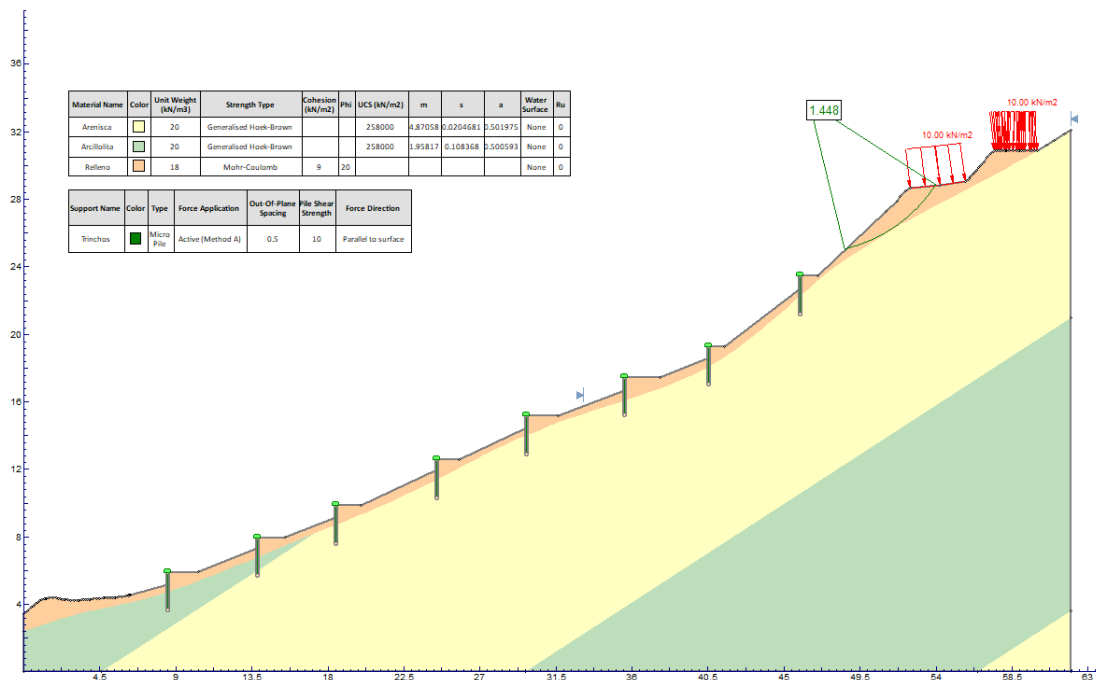
Se analizaron cuatro escenarios:

- Escenario 1: Condición estática en condición seca.
- Escenario 2: Condición estática en condición saturada.
- Escenario 3: Condición pseudoestática en condición seca.
- Escenario 4: Condición pseudoestática en condición saturada.

En cuanto a los criterios para evaluar la estabilidad, se tomó como referencia los enunciados en el título H de la NSR-10, teniendo que para condiciones estáticas el talud es estable si presenta factor de seguridad >1.5 y para condiciones pseudoestáticas >1.05.

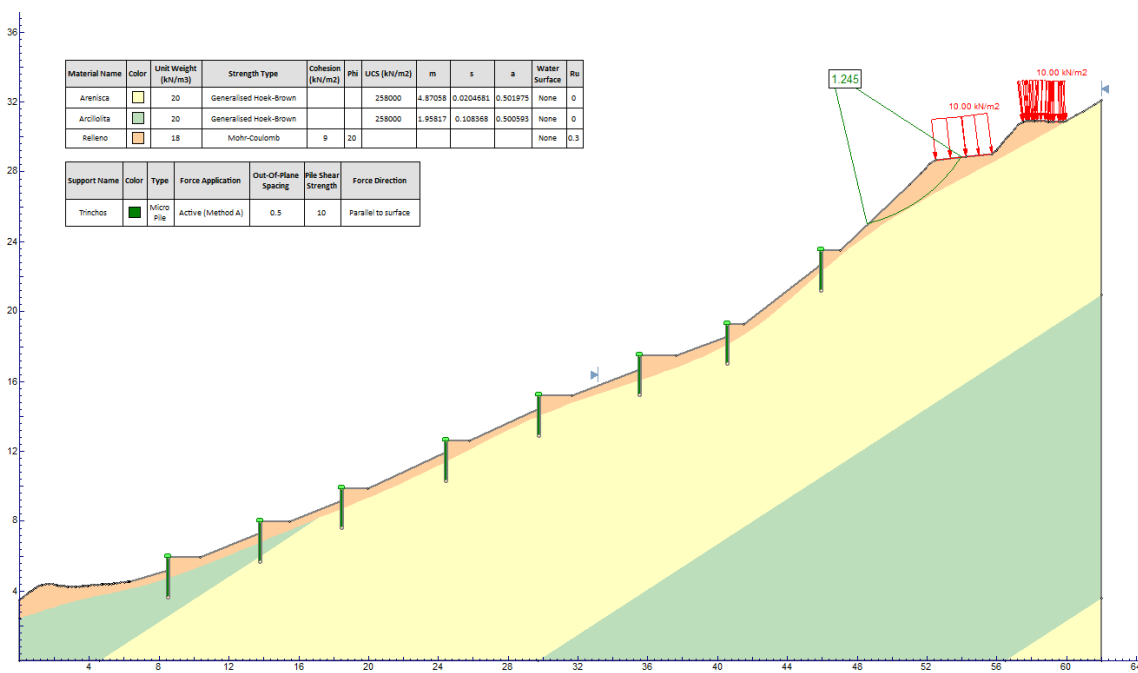
Desde la Figura 7-28 hasta la Figura 7-31 se presentan los análisis de estabilidad para la condición actual considerando los cuatro escenarios de análisis.

Figura 7-28 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + seco



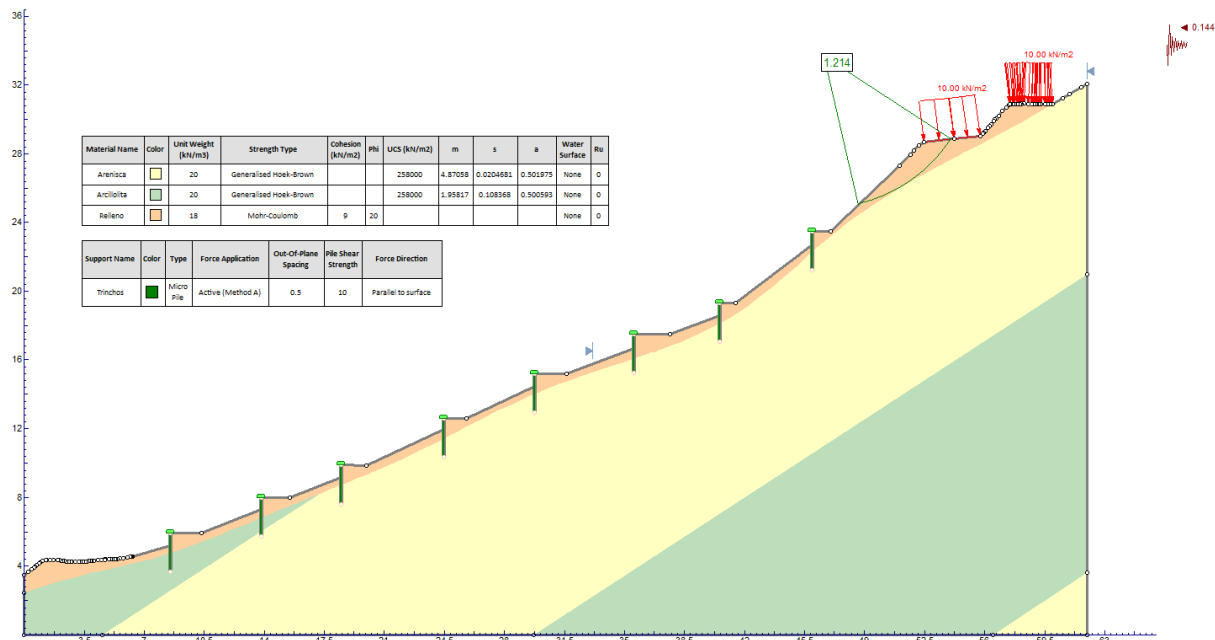
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-29 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Estático + saturado



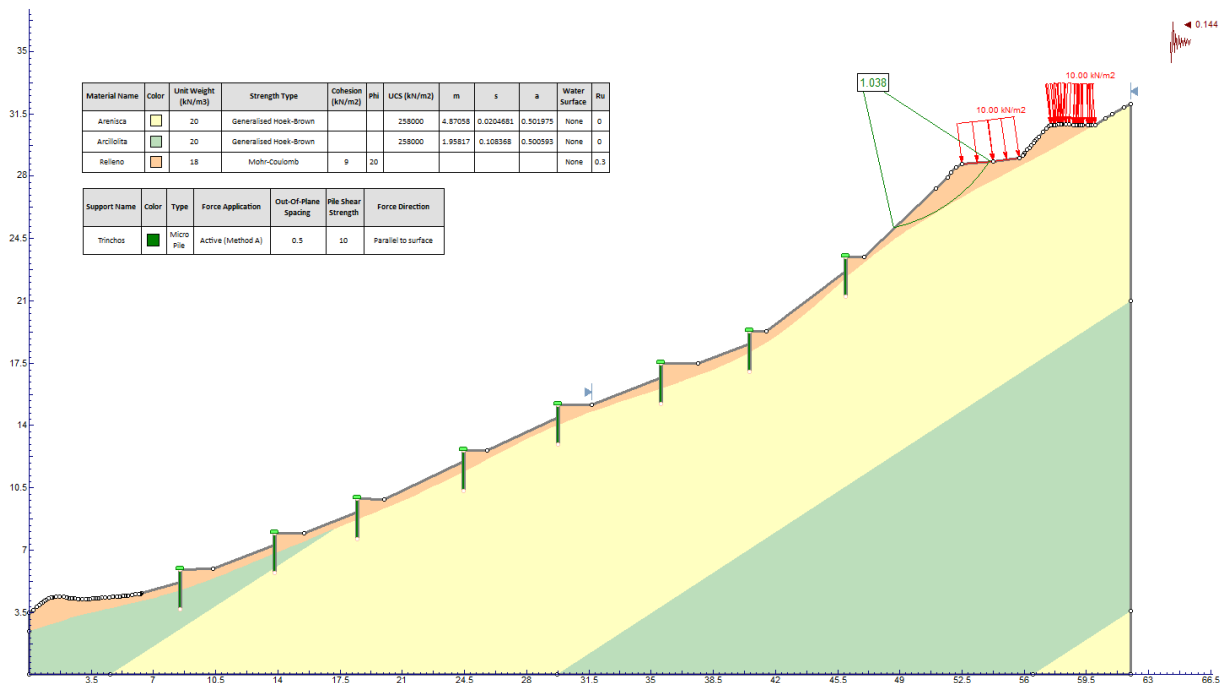
Fuente: Elaboración propia

Figura 7-30 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudostático + seco



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-31 Condición de inestabilidad- Escenario 1: Pseudoestático + saturado



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados del factor de seguridad (FS) obtenidos para la sección analizada, considerando las condiciones estática y pseudoestática. Los resultados incluyen la evaluación del FS actual y del FS actual con relación de ($RU = 0.3$), junto con la correspondiente clasificación de la condición de amenaza.

Tabla 7-3 Resumen factores de seguridad

Escenario	Agua	Sismo	Factor de seguridad
1	Seco	Estático	1.448
2	Saturado	Estático	1.245
3	Seco	Pseudoestático	1.214
4	Saturado	Pseudoestático	1.038

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que el talud presenta condiciones de estabilidad adecuadas, alcanzando factores de seguridad superiores a los mínimos requeridos para los estados analizados.

La Tabla H.2.4-1 del Título H de la NSR-10 establece los factores de seguridad básicos mínimos directos (FS) aplicables a la estabilidad de taludes, fijando un valor de **1.50** para la condición estática con nivel freático normal, y de **1.05** para la condición pseudoestática con coeficiente sísmico de diseño. Estos umbrales constituyen el criterio de verificación para la evaluación de las alternativas planteadas.

La Alternativa 2 incumple el criterio normativo en tres de los cuatro escenarios analizados. De manera particular, resulta significativo que el incumplimiento se presente ya en la condición estática seca ($FS = 1.448 < 1.50$), es decir, en el escenario de menor exigencia hidráulica y sin solicitud sísmica. Esto indica que la capacidad de estabilización aportada exclusivamente por los trinchos es insuficiente para garantizar la estabilidad del talud superior donde se localiza la vía.

Con base en lo anterior, se selecciona la Alternativa 1 como la solución técnicamente viable, dado que el sistema conformado por el muro de contención sobre caisson con obras complementarias de trinchos garantiza el cumplimiento de los factores de seguridad mínimos establecidos en la Tabla H.2.4-1 de la NSR-10 en la totalidad de los escenarios

evaluados, incluyendo las combinaciones más desfavorables de saturación y solicitud sísmica.

7.4.4 ANEXOS

- SLIDE
 - DWG 2
 - PERFIL 2
- CARTA DE ESTABILIDAD
- Roclab arenisca Fm Regadera

7.5 DISEÑOS DETALLADOS - GEOTECNIA

7.5.1 DISEÑO OBRAS DE CONTENCIÓN

7.5.1.1 Determinación de empujes

Los empujes actuantes sobre el sistema de contención se calcularon empleando la teoría de Coulomb modificada, asumiendo una condición de desconfinamiento posterior y un comportamiento tipo voladizo para el estado estático. Para el caso pseudoestático, se utilizó la formulación de Mononobe–Okabe, considerando las condiciones sísmicas definidas para el sitio.

Tabla 7-4 Parámetros de entrada del suelo SC

Material	γ_t t/m ³	Phi [°]	[C] t/m ²
Relleno	1.8	20	0.9
Prga	1.98	39.6	1881.9

Fuente: Elaboración propia

La distribución de esfuerzos obtenida se presenta en la Figura 7-32. Para su determinación se adoptaron los siguientes criterios específicos del proyecto:

- La sobrecarga de la vía corresponde a 10 kN/m²
- Altura libre del sistema: 3.0 m (correspondiente a la altura del muro de contención).
- Longitud total del Caisson: 3.0 m.
- Profundidad de empotramiento: 3.0 m (porción del Caisson por debajo del nivel de la superficie de falla).
- De acuerdo con el modelo geotécnico caracterizado en campo, al material de relleno corresponde al encontrado in situ, mientras que el suelo portante corresponde al estrato de suelo arenisca (Prga).
- El factor de seguridad se tuvo en cuenta la reducción del esfuerzo pasivo del material utilizando un coeficiente de 1.8, siguiendo criterios de diseño conservadores.

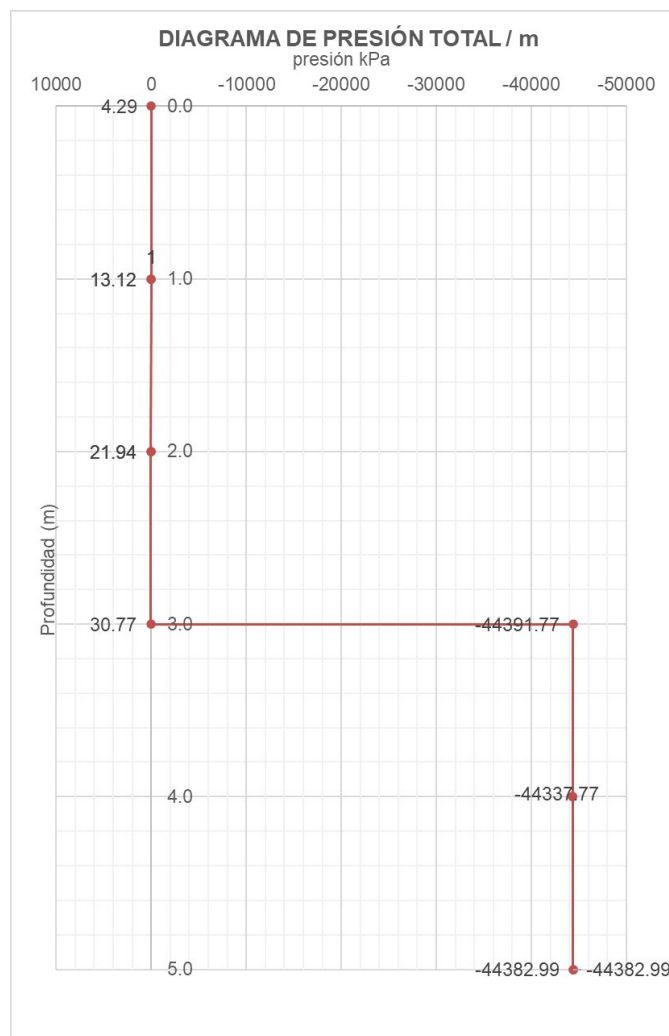
Para verificar la estabilidad del sistema, se estableció el equilibrio mediante la sumatoria de

momentos. En esta verificación, se exigió que el momento resistente (pasivo) fuera mayor al momento generado por los empujes activos.

Para efectos del análisis estructural, el pilote se idealiza como una viga en voladizo empotrada en el suelo, solicitada por la resultante de la presión activa de Rankine. La sección crítica de cortante se ubica en el nivel de empotramiento efectivo, y es la que se verifica en el presente cálculo.

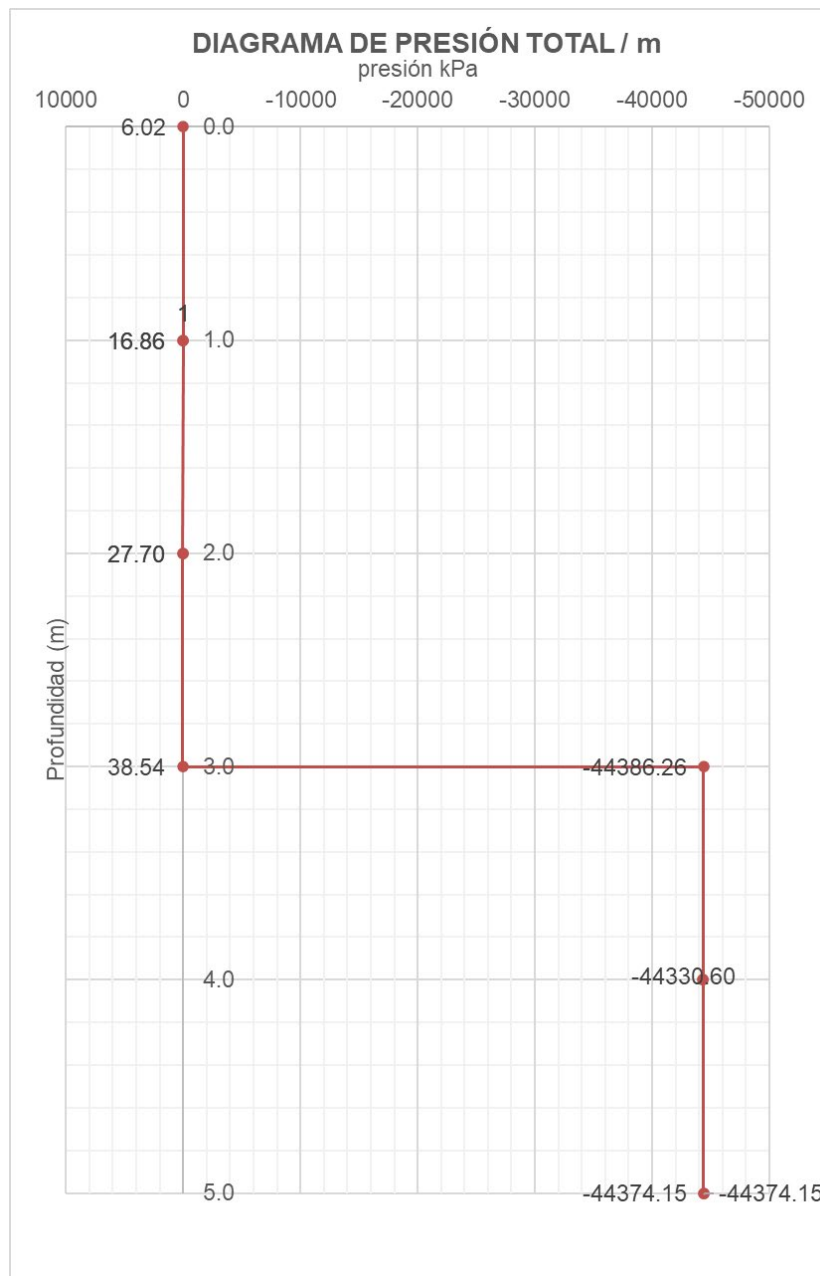
A continuación, se presentan los resultados del análisis con los factores de seguridad de los momentos y las fuerzas.

Figura 7-32 Diagrama de presiones totales Muro cimentado en cortina de Caisson estático



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-33 Diagrama de presiones totales Muro cimentado en cortina de Caisson pseudoestático



Fuente: Elaboración propia

7.5.1.2 Módulo de reacción horizontal

El módulo de reacción horizontal se determinó a partir de correlaciones empíricas, para este material se seleccionó el método de Terzaghi, 1955, en la siguiente ecuación se presenta la expresión matemática:

$$k_s = n_h \frac{z}{b}$$

Tabla 7-5 Módulos de reacción horizontal Caisson

Módulo de reacción horizontal		
Longitud(m)	nh (kN/m3)	kh (kN/m3)
1	18000	18000
2	18000	36000
3	18000	54000

Fuente: Elaboración propia

7.5.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

7.5.2.1 Trinchos

- **Parámetros de material**

La NSR-10, en la Tabla G.2.2-1, define los esfuerzos admisibles a cortante paralelo a la fibra (F_v) por grupo estructural, para un contenido de humedad de referencia del 12%:

Tabla 7-6 Esfuerzos admisibles a cortante paralelo a la fibra según NSR-10 (2010), Tabla G.2.2-1

Grupo NSR-10	F_v (MPa) CH = 12 %	F_v (kgf/cm²) CH = 12 %	Maderas representativas (Apéndice G-B, NSR-10)
ES1	1,90	19,4	Cativo, Abarco, Guayacán
ES2	1,60	16,3	Cedro, Otobo, Canelo
ES3	1,30	13,3	Eucalipto, Pino patula
ES4	1,10	11,2	Maderas locales sin clasificar
ES5	0,90	9,2	Especies de baja densidad

Fuente: Elaboración propia

- **Coeficientes de modificación (condiciones de campo)**

En aplicaciones de bioingeniería, los pilotes del trincho operan en condición húmeda de manera permanente, por lo que se aplican los siguientes coeficientes de modificación según el Capítulo G.2.2.3 de la NSR-10:

Tabla 7-7 Coeficientes de modificación aplicados para condiciones de campo

Coeficiente	Concepto	Valor	Fuente
Cm (humedad)	Contenido de humedad ≥ 19 % (madera verde en campo)	0,875	NSR-10, Tabla G.2.2-5
CD (duración carga)	Carga permanente (empuje de suelo)	0,90	NSR-10, Tabla G.2.2-3

Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo admisible modificado se calcula como:

$$F'v = Fv \times Cm \times CD$$

- Geometría de la sección transversal**

El pilote consiste en un rollizo macizo de sección circular de diámetro nominal $D = 10$ cm.

El área transversal bruta es:

$$A = \pi \times D^2 / 4 = \pi \times (10)^2 / 4 = 78,54 \text{ cm}^2$$

En sección circular maciza, la distribución del esfuerzo cortante es parabólica, con un valor máximo en el eje neutro de 4/3 veces el esfuerzo nominal. Por tanto, la verificación de cortante se realiza con la expresión de la NSR-10 (G.3.4, G.4.6):

$$fv_{max} = (4/3) \times V / A$$

y despejando la fuerza cortante admisible:

$$V_{adm} = F'v \times A \times (3/4)$$

- Resultados Grupo Estructural ES3**

Para maderas sin clasificación específica o de especie no determinada (eucalipto, pino, maderas locales de montaña), se recomienda adoptar el Grupo ES3 como criterio conservador:

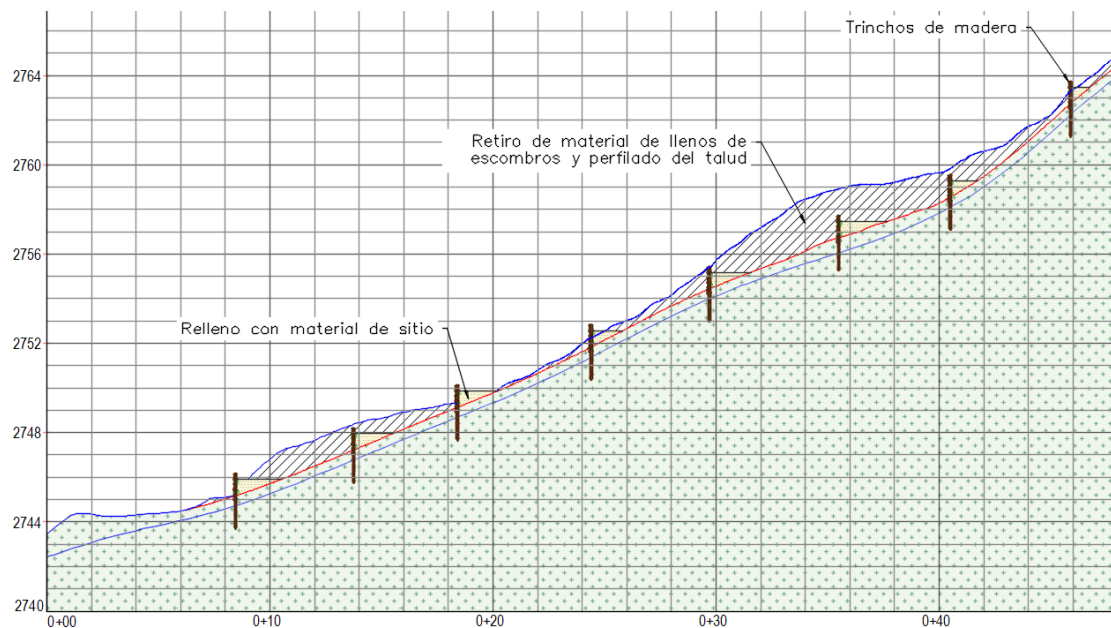
Grupo	Fv (MPa)	F'v (MPa)	A (cm ²)	V _{adm} (kN)	V _{adm} (kgf)
ES3	1,30	1,02	78,54	6,01	613

Tabla 3. Resistencia cortante admisible por pilote de madera rolliza $\varnothing 10$ cm en condición húmeda permanente.

$$F'v = 1,30 \times 0,875 \times 0,90 = 1,02 \text{ MPa}$$

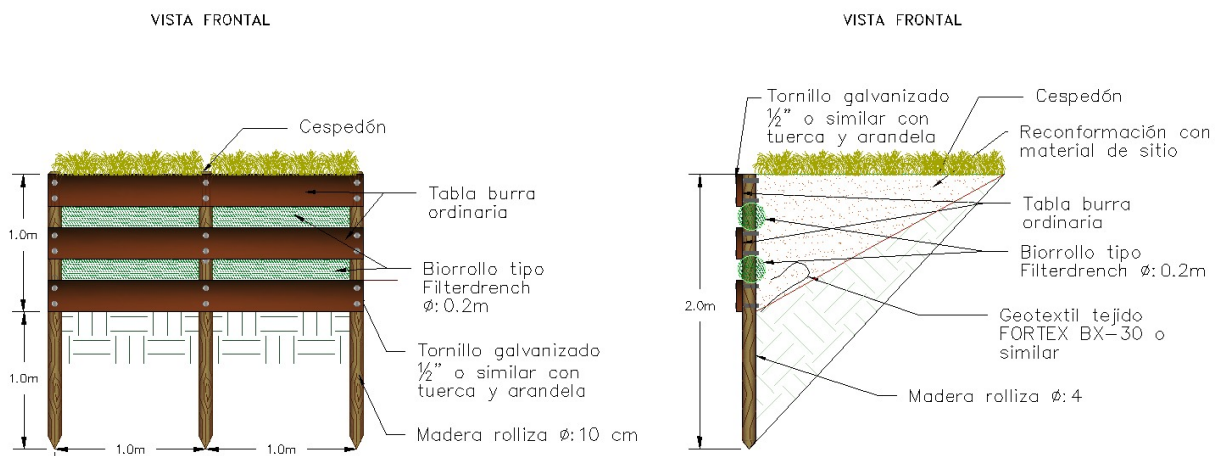
$$V_{adm} = 1,02 \text{ N/mm}^2 \times (3/4) \times 785,4 \text{ mm}^2 = 601 \text{ N} \approx 6,01 \text{ kN}$$

Figura 7-34 Esquema de cortes en obras complementarias



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-35 Vista en perfil trincho en madera



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-36 Imágenes de referencia obra complementaria trincho en madera



Fuente: Elaboración propia

7.5.2.2 Diseño de pavimentos

Se recomienda implementar una estructura de pavimento tipo placa huella sobre la calle 60 sur, de forma que se garantice el tránsito cómodo y seguro para los agentes viales, así como asegurar el correcto manejo de aguas en la zona aledaña al sitio crítico.

Con base en los lineamientos de la Cartilla de Colombia Rural del Instituto Nacional de vías (INVIAS) y en función de las características del tráfico esperado en el proyecto y las condiciones del suelo de subrasante, se presenta en este capítulo la estructura de placa huella propuesta.

Vehículo de diseño

Con base en las condiciones de operación del sector, el vehículo de diseño es el camión C3.

Características de la subrasante

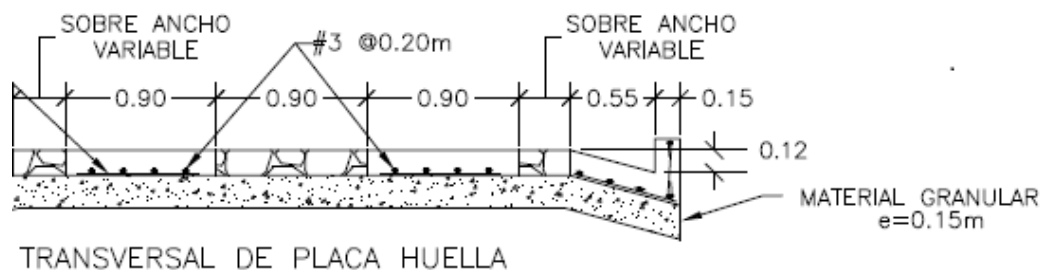
El material de subrasante corresponde al relleno antrópico Qan conformado por materiales no consolidados, por tanto, no se recomienda implantar la estructura de pavimento sobre este material. Se propone incluir una capa de mejoramiento de mínimo 25 cm de espesor con material tipo recebo, debe cumplir con los lineamientos del Artículo 610 – 22.

Estructura de placa huella

Se propone una estructura de placa huella conformada por placas de concreto de 15 cm

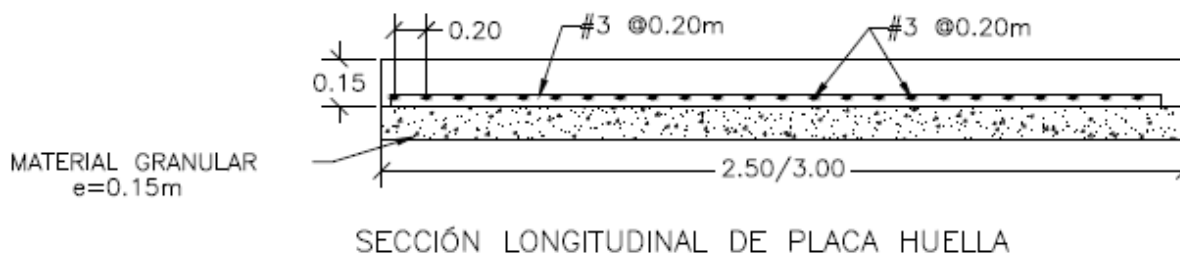
reforzada con varilla No. 3 en ambas direcciones, apoyada sobre una capa de subbase granular de 15 cm, tal como se presenta en la siguiente figura.

Figura 7-37 Sección transversal placa huella



Fuente: Cartilla Colombia Rural

Figura 7-38 Sección longitudinal placa huella



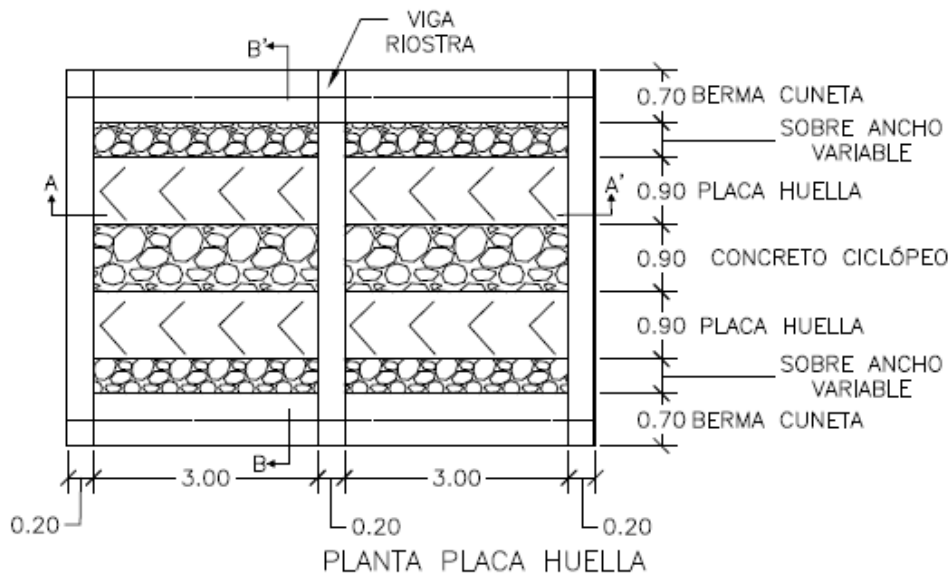
Fuente: Cartilla Colombia Rural

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se debe incluir una capa de mejoramiento de mínimo 25 cm de espesor con material tipo recebo, debe cumplir con los lineamientos del Artículo 610 – 22.

Modulación y detalles constructivos

La modulación se realiza mediante placas de 3.0 m de espesor, separadas con vigas riostras de 20 cm, tal como se muestra en la siguiente figura.

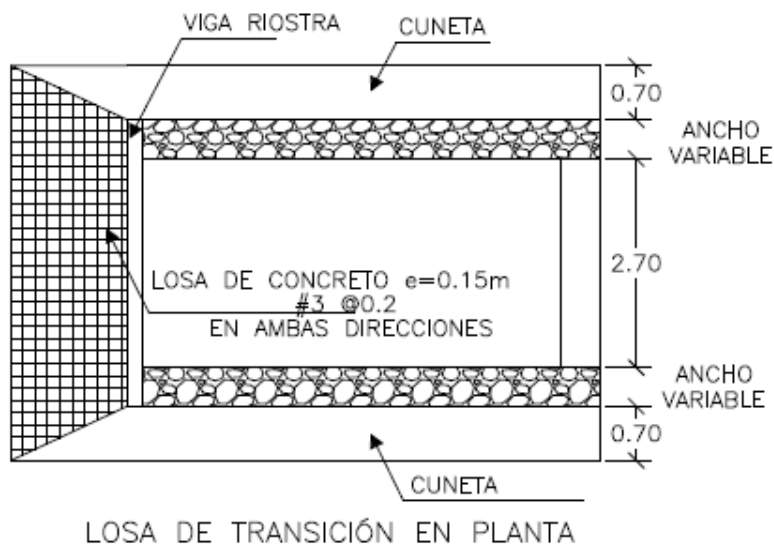
Figura 7-39 Modulación de placa huella



Fuente: Cartilla Colombia Rural

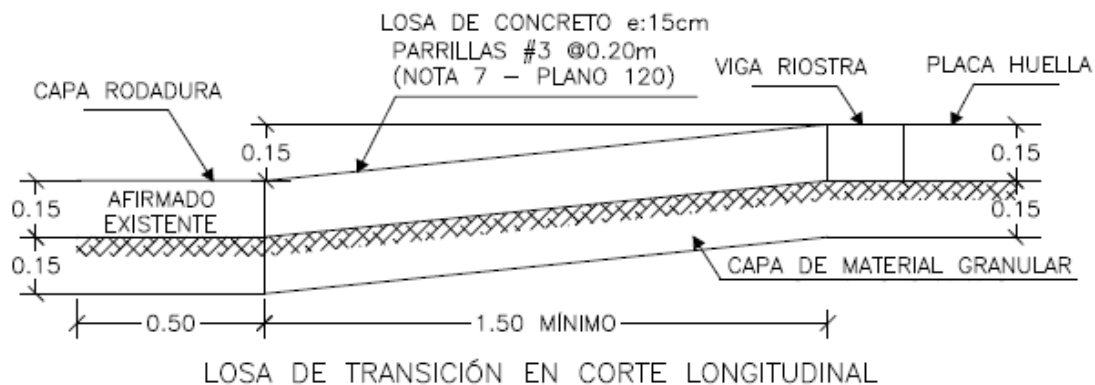
El empalme con las vías existentes se realizará con una placa de concreto de 15 cm de espesor y longitud de mínimo 1.50 m, reforzadas con parrilla No. 3 con separación de 20 cm.

Figura 7-40 Planta losa de transición



Fuente: Cartilla Colombia Rural

Figura 7-41 Sección viga de transición

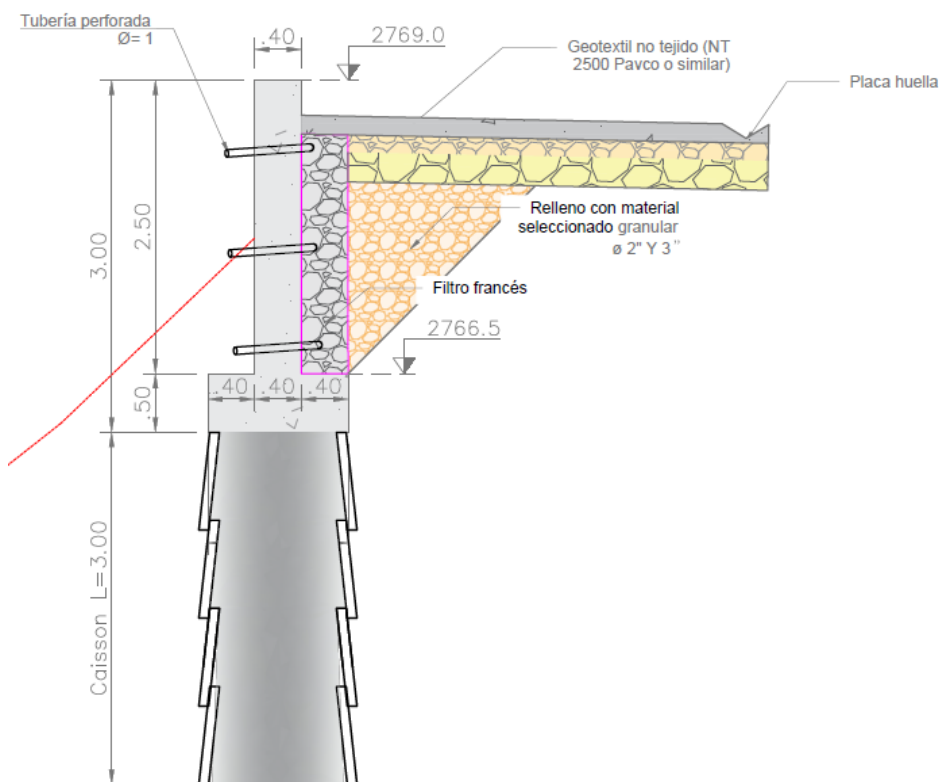


Fuente: Cartilla Colombia Rural

7.5.3 IMPLANTACIÓN FINAL DE OBRAS

En la siguiente figura se presenta la implantación de la obra de contención.

Figura 7-42 Implantación obra de contención

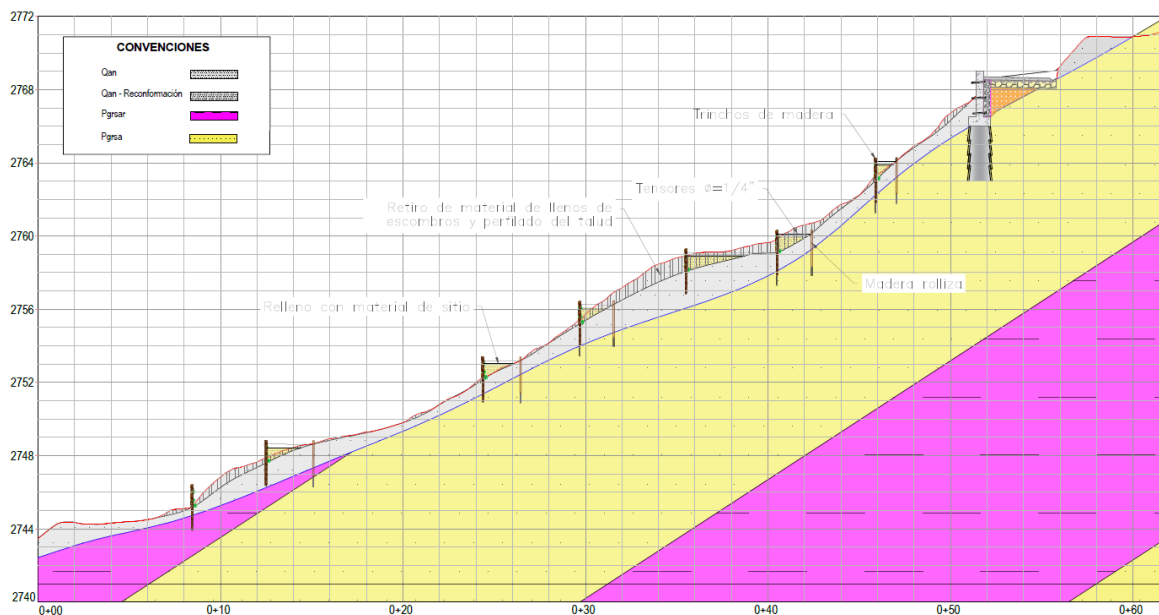


Fuente: Elaboración propia

Con base en las condiciones de pendiente del talud y con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de la obra, se propone que los Caisson sean de 3.0 m de longitud.

En la siguiente figura se presenta la implantación general del proyecto, la misma que puede ser revisada en los planos anexos.

Figura 7-43 Implantación general del proyecto



Fuente: Elaboración propia

7.5.4 ANEXOS

- Planos
- Cap. lateral NO COHESIVOS SC1
- Carta de estabilidad
- Empujes

7.6 DISEÑOS DETALLADOS - ESTRUCTURAS

7.6.1 OBRAS PROPUESTAS

Dado que la afectación en el área de estudio está relacionada con un factor de inestabilidad, se construirán cuatro módulos con muros de concreto reforzado. Estos muros tendrán zarpas de 1.20 metros y un espesor de entre 0.5 metros. El vástago de los módulos variará en altura, desde 2 metros hasta 3 metros, con un espesor de 0.40 metros en la parte superior y 0.50 metros en la base. La función principal de la estructura de contención será retener el material superficial, para lo cual se diseñarán los módulos cimentados sobre Caissons de 1 metro de diámetro y una profundidad de 3 metros.

7.6.2 DIMENSIONAMIENTO

7.6.2.1 Materiales

En el diseño se utilizaron las siguientes resistencias para los materiales:

Muro de contención: $f_c = 28.0 \text{ MPa}$

Pilotes y Caisson: $f_c = 28.0 \text{ MPa}$

Zarpas: $f_c = 28.0 \text{ MPa}$

Refuerzo:

Barras $\leq \Phi 3/8"$: $F_y = 420,0 \text{ MPa}$

Barras $\geq \Phi 1/2"$: $F_y = 420,0 \text{ MPa}$

7.6.2.2 Normas

El diseño de la estructura, y todos sus elementos constitutivos, fue realizada cumpliendo con los requerimientos establecidos por las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTES, Correspondientes a:

- Código Colombiano de Puentes – 2014. (CCP-14). Adoptado mediante Resolución N° 0000108, del 26 de enero de 2015 por el Ministerio de Transporte.
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

7.6.2.3 Análisis de cargas

El análisis se efectuó a partir de las condiciones geológicas del sitio, considerando las solicitaciones impuestas por las cargas permanentes y transitorias, conforme los requisitos establecidos en el CCP14.

Para el análisis estructural se consideraron las siguientes cargas:

Cargas permanentes

- Peso propio (DC): Corresponde al peso de la estructura.
- Presión del terreno (EH y EV): Corresponde a la presión horizontal y/o vertical inducida por el material de relleno.

Cargas transitorias

- Carga viva (LL): Corresponde a las Cargas generadas de acuerdo con el uso que tendrá la estructura.
- Sobrecarga de carga viva (LS): Debe aplicarse donde se espere carga vehicular sobre la superficie del relleno dentro de una distancia igual a la mitad de la altura del estribo o muro desde el respaldo de este.
- Presión del agua (WA): Corresponde a la presión vertical inducida por el nivel de agua máximo dentro de la estructura.
- Efectos sísmicos (EQ): De acuerdo con lo establecido en el código Colombiano de Puentes CCP-14 y a la información contenida en el informe geológico-geotécnico, se determinan los valores para los efectos sísmicos de la zona. Para la evaluación de las cargas sísmicas se tuvo en cuenta el efecto inercial de la estructura, y se empleó la teoría de Mononobe-Okabe para determinar el empuje dinámico del terreno, el cual se relaciona en el capítulo diseño estructural.

7.6.2.4 Combinaciones de diseño

Para el análisis y diseño estructural se han tenido en cuenta las combinaciones y factores de mayoraciones presentadas en las tablas 3.4.1-1 y 3.4.1-2 del CCP-14.

Tabla 7-8 Combinaciones y factores 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 0	-	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 0	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 0	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 0	-	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Tabla 3.4.1-1, CCP-14

Tabla 7-9 Factores para cargas permanentes.

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC : Componentes y Accesorios		1.25	0.90
DC : Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35
DIW : Superficie de rodadura e instalaciones		1.50	0.65
EH : Presión horizontal de suelo			
• Activa		1.50	0.90
• En reposo		1.35	0.90
• AEP para muros anclados		1.35	N/A
EL : Tensiones residuales de Construcción		1.00	1.00
EV : Presión vertical de suelo			
• Estabilidad general		1.00	N/A
• Muros de Contención y Estribos		1.35	1.00
• Estructuras Rígidas Enterradas		1.30	0.90
• Marcos Rígidos		1.35	0.90
• Estructuras Flexibles Enterradas			
○ Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugas Profundas		1.5	0.9
○ Alcantarillas Termoplásticas		1.3	0.9
○ Todas las demás		1.95	0.9
ES : Sobrecarga de suelo		1.50	0.75

Fuente: Tabla 3.4.1-2, CCP-14

7.6.2.5 Planos estructuras propuestas

Los planos de las estructuras propuestas se encuentran en el Anexo.

7.6.2.6 Procesos constructivos y/o de montaje

Previamente al inicio de las actividades de construcción, se deberá realizar una visita de reconocimiento y diagnóstico de las zonas de trabajado, con lo cual se podrá identificar y plantear de forma preliminar, las rutas de acceso, sitios de acopio de materiales, sitios de parqueo y maniobra de maquinaria, así como la necesidad de realizar intervenciones para el acceso (ampliar caminos y bermas, conformar rampas, etc.).

Posteriormente una cuadrilla topográfica deberá realizar el replanteo y la demarcación de los ejes de los muros, así como los centros de los pilotes y de los demás elementos constructivos. Las labores de excavación y construcción se realizarán por etapas, comenzando por la franja baja y avanzando por, con trincheras intercaladas, con longitudes iguales a las de los módulos de los muros, excavando y construyendo cada tramo de muro de forma continua, evitando desconfinar grandes tramos del talud por largos periodos de tiempo.

Una vez se finalice la construcción de los muros de contención se podrá continuar con la conformación de las terrazas con los trinchos y la instalación de los cespedones, con los cuales se recuperará la cobertura vegetal

Recomendaciones constructivas

Los rellenos constructivos se realizarán con una mezcla de material de sitio y material seleccionado, en proporción 50/50, garantizando siempre que se encuentre de materia orgánica y de residuos y basuras.

Los materiales de corte deberán disponerse temporalmente en un sitio de acopio, localizado lejos de la corona de los taludes y protegerse de cualquier fuente de saturación.

Los procesos de disposición y compactación de rellenos deberán controlarse en campo verificando continuamente la humedad óptima y la densidad máxima. Los rellenos se dispondrán y compactarán en capas no mayores de 0.25 metros, al 95% del Proctor modificado.

Se recomienda que los procesos de disposición y compactación de materiales se realicen en temporada seca para facilitar la manejabilidad de los materiales y garantizar su humedad óptima. Así mismo, se recomienda que la ejecución de cortes se realice en temporada seca, con el fin de evitar que la estabilidad de los taludes pueda afectarse debido a las lluvias, al efecto del flujo de agua y al aumento de presiones de poros.

Se deberá contar con equipos de bombeo para extraer las aguas lluvias y evitar enpozamientos durante los procesos de excavación.

En la medida de lo posible los taludes se excavarán de manera continua, avanzando por trincheras intercaladas (una si, dos no), conformando las pendientes recomendadas y construyendo las estructuras de contención que garantizaran la estabilidad a largo plazo de la zona de intervención.

Al llegar a los niveles de trabajo se recomienda cubrir la base, con una capa de concreto pobre no mayor a 5.0 cm, con el fin de evitar una alteración mayor de las zonas de trabajo.

Se debe evitar la acumulación de materiales de obra en la periferia de la corona de los taludes de corte, con el fin de no generar sobrecargas que afecten su estabilidad.

El material proveniente de los procesos de excavación, que no sea aprovechado para la construcción de los rellenos, se deberá retirar del sitio por vías existentes y disponerse de forma adecuada en un sitio destinado para tal fin.

Los pilotes llevarán acero de refuerzo en toda su longitud el cual deberá corresponder con el diseño de estructural, realizado para tipo de pilote en función de su diámetro y longitud.

Los elementos individuales de cimentación deberán enlazarse por medio de vigas de dados o vigas de amarre, para garantizar su funcionamiento como sistema.

El geotecnista deberá aprobar el suelo de fundación de los pilotes y no se descarta que durante los procesos de construcción se requiera aumentar o disminuir la cota de excavación para encontrar el estrato portante. Por lo anterior, la longitud definitiva de los pilotes se establecerá en el terreno a partir de la estratigrafía detectada.

Con el fin de impedir la sobreposición de bulbos de esfuerzos, y evitar la eficiencia de los elementos de cimentación, se diseñarán y construirán respetando un distanciamiento mínimo entre pilotes de 2.5 diámetros.

Plan de instrumentación

Teniendo en cuenta que no se prevén excavaciones profundas, se considera suficiente el realizar un monitoreo con equipos topográficos, para lo cual se demarcaran puntos de control en la parte alta del talud, donde se localiza un parque de bolsillo. Se realizarán lecturas quincenalmente y se remitirán a esta consultoría para verificar que no se presenten comportamientos anómalos.

Simultáneamente, durante las labores de construcción, los trabajadores deberán prestar especial atención a la aparición de fisuras, grietas o deformaciones en la periferia de las zonas de trabajo, las cuales podrían indicar evidencias de inestabilidad de los taludes de excavación, o en general de la zona de trabajo. En caso de identificar situaciones de este tipo, deberán informar inmediatamente al residente de obra para que el analice la situación y defina si se deben suspender las actividades de obra, e informar a esta consultoría, para realizar una visita al sitio, en la que se pueda identificar las acciones pertinentes, para controlar la problemática detectada.

7.6.2.7 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas se presentan en el capítulo de Presupuesto.

7.6.2.8 Cantidades

Las cantidades se presentan en el capítulo de Presupuesto.

7.6.2.9 Conclusiones

Como medida de estabilización, se ha propuesto la construcción de un muro de concreto reforzado con una altura 3 metros. La cimentación será de tipo profundo, utilizando Caisson de 1.0 metro de diámetro, con el objetivo de reducir los cortes en el material de relleno y asegurar la estabilidad del talud durante la obra. Además, el muro estará acompañado por la reconformación del Terreno mediante la creación de terrazas confinadas con trinchos de madera, lo que permitirá controlar los movimientos superficiales del material de relleno. Adicionalmente se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Verificar y asegurar la longitud, separación y diámetro de los Caissons según lo estipulado.
- Garantizar que las dimensiones propuestas para los muros cumplan con el confinamiento de los volúmenes de material calculados.
- Monitorear continuamente los taludes intervenidos y la vía afectada por la construcción, para identificar posibles deformaciones no previstas.
- Durante el proceso constructivo, es esencial controlar y verificar el estado del agua superficial y subsuperficial para mantener la estabilidad tanto de los taludes como de la zona de estudio en general.
- Llevar un registro continuo de la perforación de cada Caisson, documentando tanto la profundidad como la calidad del terreno.
- La profundidad final del Caisson indicada en los planos estructurales podrá ajustarse si, durante la construcción, se determina que el material de fundación no corresponde al suelo residual.
- Inspeccionar el fondo de cada pozo para asegurar que el material excavado no exceda los 4cm de sobreexcavación.

	<p>Estudio y diseño de acciones y medidas adaptativas a los efectos del cambio climático y reducción del riesgo en zonas priorizadas del Distrito Capital</p>	 <p>INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO</p>
	<p>INFORME PARCIAL 2 – POLÍGONO I</p>	

7.6.3 ANEXOS

- Despiece estructura SBN

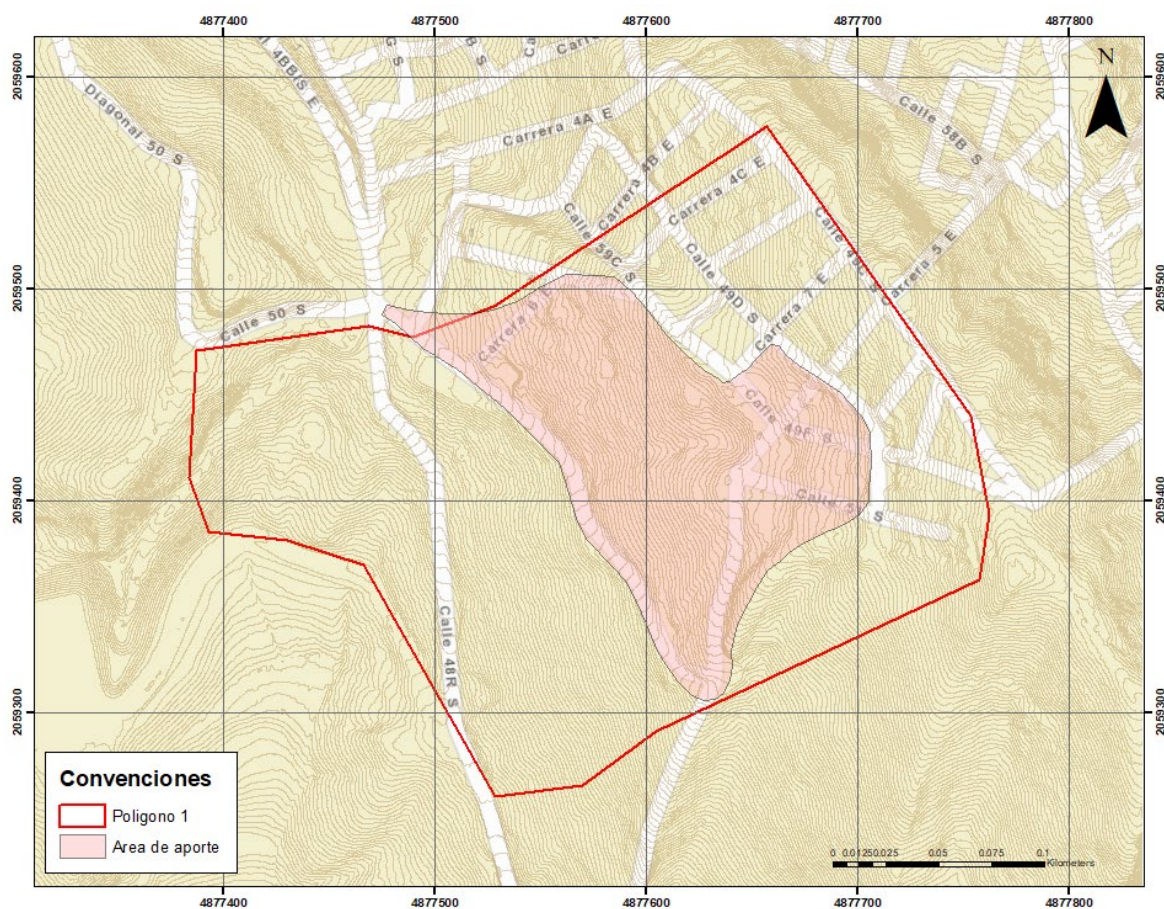
7.7 DISEÑOS DETALLADOS - HIDRÁULICA

7.7.1 COMPONENTE HIDROLOGÍA

7.7.1.1 Localización de área de aporte

Se identifica que la zona estudiada presenta influencia de la ladera, de la cual se genera el flujo de escorrentía que llega a la Calle 50 sur, esta escorrentía se encuentra en el área delimitada que se presenta en la Figura 7-44, donde se observa que la parte alta de dicha área de aporte se encuentra justo en la Calle 49 F Sur.

Figura 7-44 Ubicación área de aporte Polígono 1



Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

Esta delimitación se obtuvo teniendo en cuenta las pendientes de la ladera y de las vías que se encuentran allí, determinando que la parte más alta del polígono no llega a la vía

analizada, debido a la influencia de la calle 59c sur

Con el ánimo de realizar una estimación cuantitativa de la morfología del Área de aporte del Polígono 1, y de esta forma tener un entendimiento aproximado de la variación espacial de los elementos del régimen hidrológico (Monsalve Sáenz, 1995), primero se determinan algunos parámetros característicos de esta área a partir del levantamiento topográfico, los cuales se presentan en la Tabla 7-10.

Tabla 7-10 Parámetros morfométricos del área de aporte

Parámetro	Valor
Área (ha)	2.011
Área (km ²)	0.02
Perímetro P (km)	0.69
Longitud principal (m)	229.2
Longitud principal (km)	0.23
Cota alta (msnm)	3133
Cota baja (msnm)	2755.03
Pendiente S (%)	32.83%

Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

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

7.7.1.2 Tiempo de concentración

A partir de los parámetros presentados en la Tabla 7-10, se puede estimar el tiempo de concentración para tener en cuenta en los cálculos hidrológicos, estos se describen a continuación.

- **Ecuación de Kirpich**

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

Donde,

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

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.

- **Ecuación de Témez**

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

Donde,

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

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.

- **Ecuación de V. T. Chow**

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

Donde,

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

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.

- **USACE**

$$T_C = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.76}$$

Donde,

T_C = Tiempo de concentración, en horas.

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.

A continuación, se presentan los valores de tiempo de concentración para cada metodología:

Tabla 7-11 Tiempos de concentración para el área de aporte

Ecuación empírica	Horas	Minutos
Kirpich	0.033	1.96
Témez	0.121	7.26
V.T. Chow	0.152	9.11
USACE	0.113	6.78

Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

Como se observa, dado que cada uno de los resultados tiene un valor menor a 15 minutos, se adoptará el Tiempo de concentración de 15 minutos, según recomendación del Manual de Drenaje para Carreteras, INVIAS (2011)

7.7.1.3 Cobertura vegetal

Se realiza un análisis de la distribución espacial de los diferentes tipos de cobertura presentes en el área de aporte, con el fin de obtener un valor para el coeficiente de escorrentía y así poder determinar los caudales generados en diferentes periodos de retorno.

La metodología que se emplea para el análisis mencionado anteriormente corresponde al método Racional, lo anterior debido al tamaño del área de aporte.

Para determinar el valor del coeficiente de escorrentía C , se realiza una ponderación de los valores correspondientes a cada cobertura vegetal que se encuentren presentes al interior del área de aporte, así:

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

Donde,

C = Coeficiente de escorrentía ponderado.

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

A_T = Área total de aporte.

A_i = Área correspondiente al tipo de cobertura i .

Como resultado se tiene la información de la Tabla 7-12 en la cual se presenta el análisis para el cálculo del número curva ponderado del área de aporte.

Tabla 7-12. Coeficiente de escorrentía

Cobertura	Área (m ²)	C	Área * C
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	7548.26	0.60	4528.96
1.1.1. Tejido urbano continuo	12566.47	0.90	11309.82
Total	20114.73		15838.78

Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

Al usar la ecuación previamente mostrada, el coeficiente del área de aporte es:

$$C = \frac{15838.78}{20114.73} = 0.79$$

El cual será empleado para la determinación del caudal.

7.7.1.4 Curva IDF

Para obtener la curva IDF se tuvo en cuenta la ecuación suministrada en los datos consultados en la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá en donde a su vez también se indicaban los valores de intensidad, duración y constantes para periodos de retorno de 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

La ecuación por utilizar 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 por EAAB (Tabla 7-13).

Tabla 7-13 Coeficientes curvas IDF para los sitios de estudio.

PARÁMETRO	Tr 3 Años	Tr 5 Años	Tr 10 Años	Tr 25 Años	Tr 50 Años	Tr 100 Años
C1	1364.94	1707.06	2125.28	2758.84	3202.25	3602.58
Xo	12.9	11.9	11.1	10.8	10.6	10.3
C2	0.92067	0.93421	0.94414	0.96045	0.96689	0.97003

Fuente: EAAB, 2026

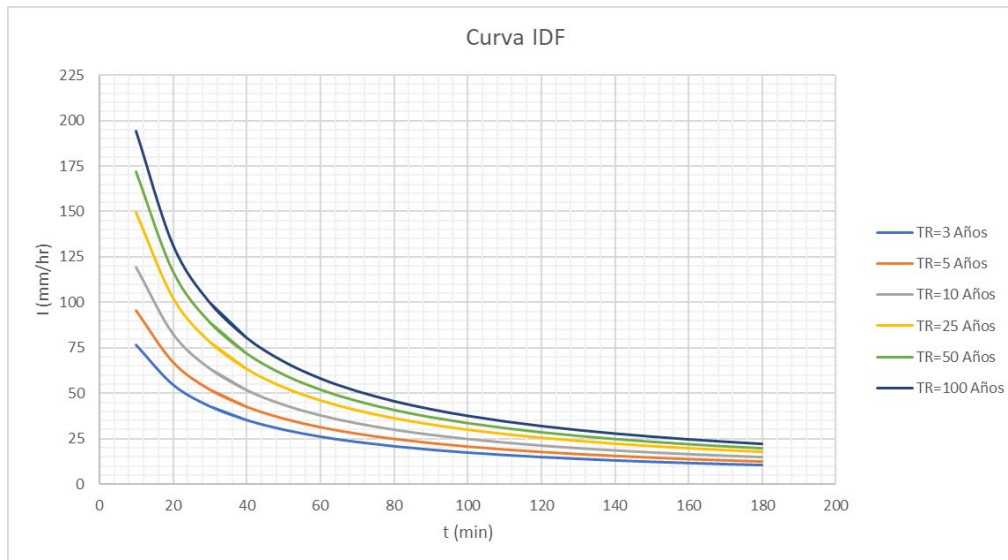
A continuación, se presenta el cálculo de las intensidades para diferentes duraciones (Tabla 7-14) y las curvas IDF (Figura 7-45).

Tabla 7-14 Valores de intensidad en mm/h para zona de estudio.

Tiempo (minutos)	Periodo de retorno (Años)					
	3	5	10	25	50	100
10	76.41	95.50	119.43	149.55	171.83	194.22
20	54.74	67.20	82.80	102.58	117.20	131.70
30	42.87	52.09	63.64	78.30	89.16	99.87
40	35.35	42.65	51.81	63.44	72.07	80.55
50	30.14	36.18	43.77	53.38	60.53	67.55
60	26.31	31.45	37.93	46.12	52.22	58.21
70	23.38	27.85	33.50	40.62	45.95	51.17
80	21.05	25.01	30.02	36.31	41.03	45.66
90	19.16	22.71	27.21	32.85	37.08	41.24
100	17.59	20.81	24.89	29.99	33.84	37.61
110	16.27	19.21	22.94	27.61	31.12	34.57
120	15.14	17.84	21.29	25.58	28.81	31.99
130	14.16	16.67	19.86	23.83	26.83	29.78
140	13.30	15.64	18.62	22.31	25.10	27.85
150	12.55	14.73	17.52	20.97	23.59	26.17
160	11.88	13.93	16.55	19.79	22.25	24.68
170	11.28	13.22	15.69	18.74	21.06	23.35
180	10.74	12.57	14.91	17.80	19.99	22.16

Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

Figura 7-45 Curva IDF para la zona de estudio



Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

7.7.1.5 Caudal estimado Polígono 1

Para el cálculo de los caudales máximos que se producen en las áreas de aporte se emplea el método racional, debido a que el área de esta área de aporte es inferior a 2.5 km².

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Donde,

Q =Caudal estimado (m³/s)

C =Coeficiente de escorrentía según cobertura del suelo, (adimensional)

i =Intensidad de la lluvia, (mm/h)

A =Area de aporte, (km²)

Con los parámetros del método racional determinados, se resuelve la expresión para cada periodo de retorno.

Tabla 7-15 Valores de intensidad en mm/h para coordenada del paso vehicular.

Área de aporte (Km2)	C racional	Intensidad (mm/hr)						Caudales (m3/s)					
		3	5	10	25	50	100	3	5	10	25	50	100
0.02	0.79	63.71	78.81	97.70	121.60	139.26	156.87	0.28	0.35	0.43	0.54	0.61	0.69

Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

7.7.2 COMPONENTE HIDRÁULICA

7.7.2.1 Consideraciones generales

El objeto de los Estudios Hidráulicos es dimensionar las obras hidráulicas nuevas que se requieran para optimizar el sistema de drenaje de la vía, de manera que se garantice su funcionamiento integral.

De acuerdo con el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, se adoptan los siguientes periodos de retorno en el diseño de cada uno de los elementos de drenaje:

Tabla 7-16 Periodos de Retorno Tipo de Obra INVIAS

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación*	10
Estructuras de Caída ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras – INVIAS, 2011

La obra hidráulica de interés para la gestión correcta de la escorrentía que se forma en la ladera, y que llega a la calle 50 sur, es la cuneta; para la definición y cálculo de la capacidad hidráulica de esta, se utilizan los caudales definidos en el estudio hidrológico para su respectivo periodo de retorno.

En el presente numeral se presenta el dimensionamiento de la cuneta.

Cuneta

Dada las características de la vía, el drenaje aferente será manejado por medio de cuneta; esta cuneta recogerá el agua de la ladera aferente a la vía y la propia escorrentía superficial

de las calzadas, y desaguarán a las corrientes de agua, cajas y/o alcantarillas. La verificación de su cálculo se realiza con el método Racional, con una intensidad de lluvia correspondiente a un tiempo de concentración de 15 minutos, un período de retorno de 5 años, y coeficientes de escorrentía acorde con la superficie del terreno.

Se identificaron las principales variaciones de pendiente longitudinal de la vía, y se tuvo en cuenta este cambio para el análisis de la cuneta, ya que de este parámetro dependerá la capacidad de la obra longitudinal a diseñar

Los caudales aferentes a cada uno de los tramos de cuneta se presentaron en el capítulo de hidrología.

Tabla 7-17 Características geométricas de cuenta a lo largo de la vía

ABSCISAS		ÁREA	INFORMACIÓN HIDROLÓGICA				GEOMETRÍA DE LA CUNETA					
Abscisa Inicial	Abscisa Final	Talud	Intensidad	Caudal Diseño		Talud Izq. (z1)	Talud Der. (z1)	Ancho Inferior (B)	Altura Total (H)	Sc	Lc	Coefficiente de Rugosidad de Manning
		(m2)	(mm/h)	(m3/s)	(Lt/s)	(-)	(-)	m	m	(%)	(m)	n
K0+000.00	K0+018.00	1488.08	78.81	0.03	25.67	4.67	0.00	0.70	0.15	20.50%	18.000	0.015
K0+018.00	K0+046.04	2318.10	78.81	0.07	65.66	4.67	0.00	0.70	0.15	12.34%	28.040	0.015
K0+046.04	K0+072.57	2193.27	78.81	0.10	103.50	4.67	0.00	0.70	0.15	16.96%	26.530	0.015
K0+072.57	K0+089.15	1370.69	78.81	0.13	127.14	4.67	0.00	0.70	0.15	13.93%	16.580	0.015
K0+089.15	K0+114.75	2116.38	78.81	0.16	163.65	4.67	0.00	0.70	0.15	14.49%	25.600	0.015
K0+114.75	K0+140.64	2140.36	78.81	0.20	200.57	4.67	0.00	0.70	0.15	11.63%	25.890	0.015
K0+140.64	K0+160.54	1645.16	78.81	0.23	228.95	4.67	0.00	0.70	0.15	14.07%	19.900	0.015
K0+160.54	K0+186.75	2166.81	78.81	0.27	266.33	4.67	0.00	0.70	0.15	14.77%	26.210	0.015
K0+186.75	K0+243.31	4675.88	78.81	0.35	347.00	4.67	0.00	0.70	0.15	12.85%	56.560	0.015

Fuente: Elaboración propia, 2026.

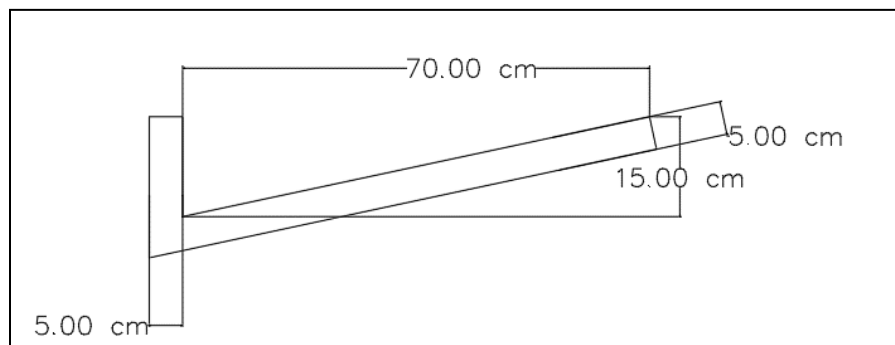
Tabla 7-18 Resultados hidráulicos de la cuneta

ABSCISAS					HIDRÁULICA DE LA CUNETA								
Abscisa Inicial	Abscisa Final	Altura Agua (y)	Área Mojada (A)	Perímetro Mojado (P)	Caudal calculado	Lámina de Agua (T)	Radio Hidráulico (Rh)	Profundidad Hidráulica (D)	Velocidad (V)	Número de Froude (Fr)	Borde Libre Calculado	Borde Libre Requerido	Tipo de Flujo
		m	m ²	m	m ³ /s	m	m	m	m/s	(-)	m	m	
K0+000.00	K0+018.00	0.018	0.01	0.80	0.025692	0.78	0.0164	0.017	1.95	4.80	0.13	0.05	Supercrítico
K0+018.00	K0+046.04	0.036	0.03	0.91	0.065679	0.87	0.0312	0.033	2.32	4.10	0.11	0.05	Supercrítico
K0+046.04	K0+072.57	0.043	0.03	0.95	0.103514	0.90	0.0363	0.038	3.01	4.92	0.11	0.05	Supercrítico
K0+072.57	K0+089.15	0.051	0.04	1.00	0.127167	0.94	0.0423	0.045	3.02	4.55	0.10	0.05	Supercrítico
K0+089.15	K0+114.75	0.059	0.05	1.04	0.163687	0.97	0.0474	0.051	3.32	4.72	0.09	0.05	Supercrítico
K0+114.75	K0+140.64	0.071	0.06	1.11	0.200612	1.03	0.0551	0.059	3.29	4.32	0.08	0.05	Supercrítico
K0+140.64	K0+160.54	0.072	0.06	1.12	0.229001	1.04	0.0560	0.060	3.66	4.76	0.08	0.05	Supercrítico
K0+160.54	K0+186.75	0.077	0.07	1.15	0.266389	1.06	0.0595	0.064	3.90	4.92	0.07	0.05	Supercrítico
K0+186.75	K0+243.31	0.094	0.09	1.24	0.347063	1.14	0.0693	0.076	4.03	4.68	0.06	0.05	Supercrítico

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Como resultado del análisis hidráulico de la cuneta analiza, se determinó que aquella sección que cumple con recibir toda la escorrentía que aporta la ladera a la calle 50 sur, corresponde a la que se presenta en la Figura 7-46, donde tiene un ancho total de 0.7 m y una profundidad de 0.15m.

Figura 7-46 Curva IDF para la zona de estudio.



Fuente: Consorcio Adaptación, 2025

Esta sección cumple con la capacidad hidráulica, y con el borde libre requerido (este último determinado como el 30% de la altura total de la cuneta).

7.7.3 ANEXOS

- Cunetas_P1
- Morf_y_Q

7.8 ANÁLISIS PREDIAL

El análisis predial tiene como propósito identificar y caracterizar los predios que pueden estar relacionados con las áreas previstas para intervención, determinando su localización, extensión y condición dentro del área de estudio. Para ello, se realizó el análisis espacial de la información disponible mediante herramientas SIG, permitiendo establecer la relación entre las zonas de intervención y la estructura predial existente. Los resultados obtenidos constituyen un insumo para determinar los requerimientos prediales asociados al proyecto.

Para el desarrollo del análisis predial se utilizó información geográfica y catastral proveniente de fuentes oficiales del Distrito. La información base fue consultada y extraída de la plataforma geográfica del *Observatorio del Espacio Público de Bogotá – DADEP*, la cual integra información espacial de diferentes entidades distritales, incluyendo información de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD). Adicionalmente, se consultó el portal de *Datos Abiertos Bogotá* como fuente complementaria para la identificación y caracterización de los predios del área de estudio.

La información recopilada fue incorporada y procesada mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo realizar la delimitación, consulta y análisis espacial de los predios asociados a las áreas objeto de intervención. A partir de estas fuentes se obtuvieron variables como la identificación predial, localización y área, utilizadas como insumo para establecer los predios potencialmente involucrados en el desarrollo de las intervenciones propuestas.

Ahora bien, como resultado del análisis espacial realizado, se identificaron las diferentes categorías de propiedad presentes dentro del área correspondiente al Polígono 1. La distribución de las áreas según el tipo de propiedad se presenta en la Tabla 7-19.

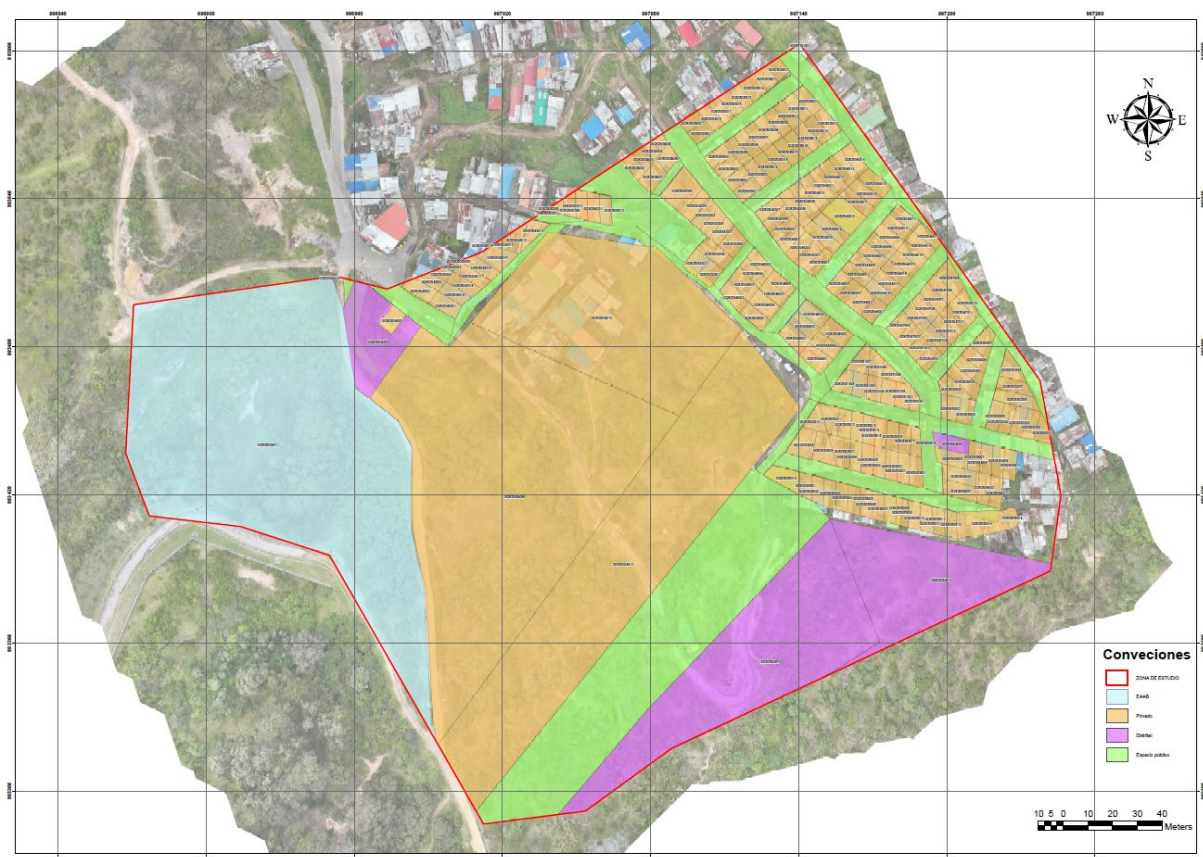
Tabla 7-19 Caracterización predial

Tipo de propiedad	Área (m²)	Participación
Distrital	7.397	11%
Privado	34.171	51%
EAAB	11.406	17%
Espacio público	12.827	19%
Subtotal con información	65.802	98%
Sin información	1.626	2%
Total, Polígono 1	67.427,32	100%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7-47 se presenta la distribución espacial de los predios identificados dentro del Polígono 1, diferenciados de acuerdo con su tipo de propiedad. La representación permite visualizar la localización y extensión de las áreas correspondientes a predios distritales, privados, de la EAAB y de espacio público, así como aquellas zonas para las cuales no se cuenta con información predial.

Figura 7-47 Análisis predial



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se realizó la verificación de las áreas del Polígono 1 respecto a su posible relación con áreas reconocidas dentro de la estructura ecológica distrital. Como resultado, se identificó que aproximadamente el 65 % del área total del polígono, equivalente a cerca de 43.880 m², se encuentra asociado espacialmente al Parque Distrital Ecológico de Montaña. Esta condición no implica que la totalidad del área corresponda a propiedad del parque, sino que presenta una relación o inclusión dentro de su ámbito espacial de referencia.

En la Figura 7-48 se presenta la localización del área asociada al Parque Distrital Ecológico de Montaña respecto al área total del Polígono 1, permitiendo visualizar espacialmente la relación entre ambas delimitaciones.

Figura 7-48 Área del Polígono 1 asociada al Parque Distrital Ecológico de Montaña (PDEM)



Fuente: Elaboración propia

7.8.1 AFECTACIÓN PREDIAL

Con el fin de determinar la condición predial asociada a las obras proyectadas, se realizó el cruce espacial entre las intervenciones propuestas y la información predial disponible para el Polígono 1. Este análisis permitió establecer la distribución de las obras de acuerdo con el tipo de propiedad y determinar el número de predios que presentan intervención.

La distribución porcentual de las obras según el tipo de propiedad se presenta en la Tabla 7-20.

Tabla 7-20 Distribución porcentual de las obras según tipo de propiedad

OBRAS	ESPACIO PÚBLICO	PRIVADO	DISTRITAL
PLACA HUELLA	26,8%	73,2%	-
RECONFORMACIÓN	-	78,9%	21,1%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados, la placa huella se desarrolla principalmente sobre predios privados, con una participación del 73,2 %, mientras que el 26,8 % corresponde a espacio público. Por su parte, la reconformación presenta una participación del 78,9 % sobre predios privados y del 21,1 % sobre predios de propiedad distrital.

Asimismo, se determinó el número de predios que presentan intervención para cada una de las obras analizadas:

Tabla 7-21 Número de predios intervenidos según tipo de propiedad

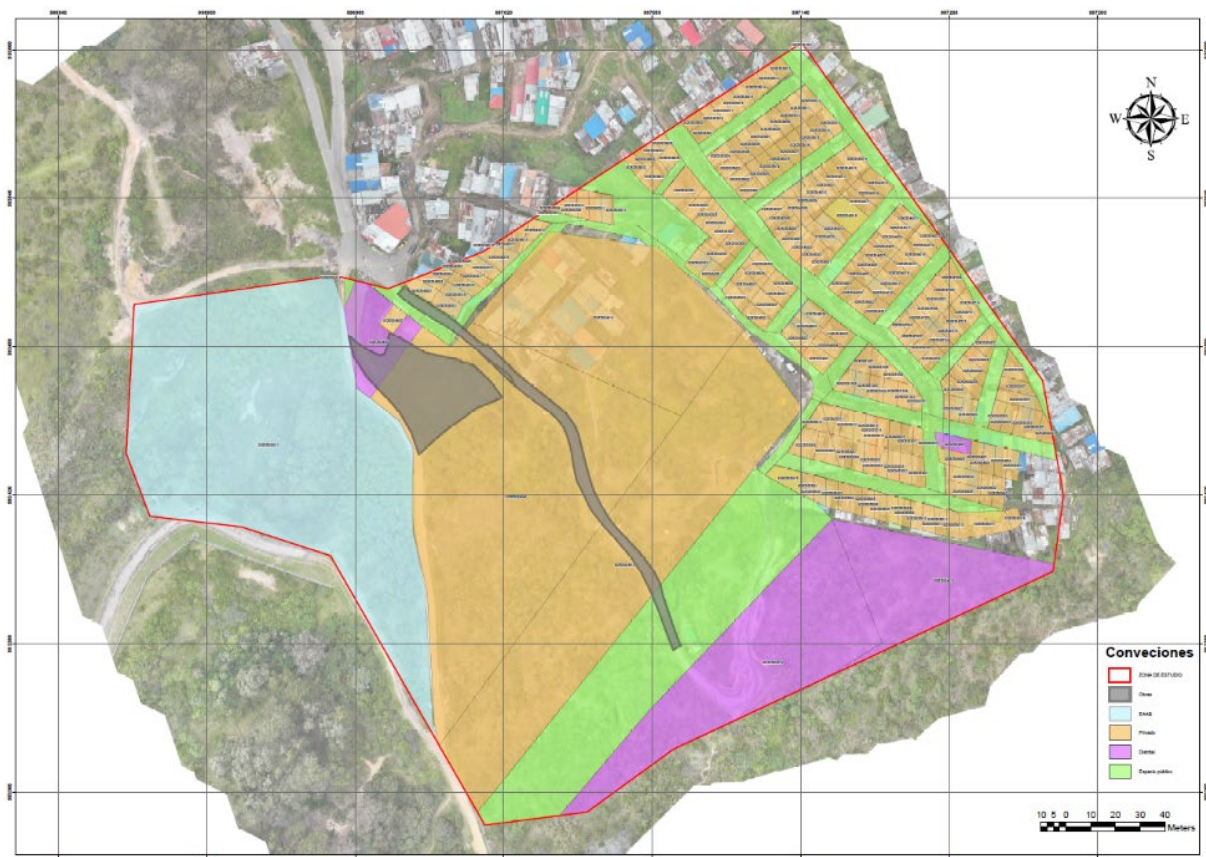
OBRAS	ESPACIO PÚBLICO	PRIVADO	DISTRITAL	TOTAL
PLACA HUELLA	3	3	0	6
RECONFORMACIÓN	0	1	1	2

Fuente: Elaboración propia

En términos de cantidad de predios, la placa huella involucra un total de seis (6) predios, distribuidos entre tres (3) predios de espacio público y tres (3) predios privados. La reconformación, por su parte, involucra dos (2) predios, uno (1) de carácter privado y uno (1) de propiedad distrital. En conjunto, las obras analizadas presentan intervención sobre ocho (8) predios.

En la Figura 7-49 se presenta la localización espacial de las obras proyectadas y su relación con los diferentes tipos de propiedad identificados dentro del área de estudio. La ilustración permite visualizar los predios involucrados en las intervenciones de placa huella y reconformación, diferenciando su condición predial.

Figura 7-49 Afectación predial



Fuente: Elaboración propia

7.8.2 ANEXOS

- Figura de Afectación Predial.
- Figura de Análisis Predial
- Figura de Área del Polígono 1 asociada al Parque Distrital Ecológico de Montaña (PDEM).

7.9 PRESUPUESTO

7.9.1 OBJETIVOS

7.9.1.1 Objetivo general

Estructurar el presupuesto detallado del Polígono 1, mediante la consolidación de las cantidades de obra, los Análisis de Precios Unitarios, las especificaciones técnico-constructivas y el análisis de AIU, de forma que se garantice la coherencia técnica y económica entre el diseño geotécnico-estructural aprobado y el valor de ejecución de las obras de estabilización y bioingeniería propuestas para el sector La Fiscala — Parque Entrenubes.

7.9.1.2 Objetivos específicos

- Estructurar el presupuesto de obra por capítulos constructivos homogéneos (actividades preliminares, movimientos de tierra, obras de contención, placa huella, bioingeniería y transporte), garantizando trazabilidad entre cada ítem de pago y su respectivo diseño técnico.
- Formular y verificar los Análisis de Precios Unitarios (APU) de cada actividad, con desagregación de equipos, materiales, transporte y mano de obra, identificando y corrigiendo inconsistencias técnicas en la conformación de los recursos de cada partida.
- Desarrollar las memorias de cantidades de obra a partir del dimensionamiento geotécnico y estructural definido para el muro sobre Caisson, las obras complementarias en guadua y la placa huella, asegurando correspondencia directa con los planos constructivos del proyecto.
- Estructurar el análisis de Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU) considerando las condiciones tributarias distritales aplicables a Bogotá D.C., las particularidades logísticas de la localidad de Usme y la naturaleza geotécnica del riesgo asociado al proyecto.
- Describir el proceso constructivo general de las obras, de forma que sirva de soporte a los rendimientos adoptados en los APU y como insumo para la programación de obra y el control de ejecución en campo.

7.9.2 ALCANCE

El alcance del presente componente comprende la estructuración y consolidación del presupuesto detallado de obra para el Polígono 1, dando cumplimiento a los entregables técnico-económicos exigidos dentro del Contrato de Consultoría IDIGER-294 de 2025. En el componente económico, abarca la formulación de un presupuesto por capítulos constructivos, soportado en memorias de cantidades de obra y en Análisis de Precios Unitarios (APU) que garanticen los principios de detalle, claridad y consistencia técnica en la asignación de materiales, equipos, mano de obra y transporte.

El alcance normativo y de entrega técnica incluye igualmente la revisión de la coherencia interna de los APU entregados, la verificación de razonabilidad de precios frente a referencias de mercado disponibles, y la estructuración de un análisis de AIU propio para las condiciones tributarias del Distrito Capital de Bogotá y las condiciones logísticas particulares de la localidad de Usme, donde se ubica el polígono de intervención.

El alcance incluye, adicionalmente, un esbozo de cronograma de obra en barras de Gantt (Anexo 07). No hace parte del alcance de este componente la programación detallada de obra mediante diagramas de red (PERT) ni el control de avance físico-financiero durante la ejecución, los cuales se desarrollan, de ser requeridos, como componentes independientes de planificación y control del proyecto.

7.9.3 METODOLOGÍA

La metodología empleada para la elaboración del presupuesto del Polígono 1 se fundamentó en la revisión detallada de los diseños geotécnicos, estructurales e hidráulicos desarrollados para el proyecto, con el propósito de identificar el alcance físico real de las intervenciones proyectadas — el muro de contención sobre Caisson, las obras complementarias de bioingeniería y la placa huella — y garantizar correspondencia entre dichos diseños y la estructuración económica de la obra.

A partir de esta revisión se identificaron y clasificaron las actividades constructivas requeridas, organizándolas en seis capítulos homogéneos según su naturaleza técnica y secuencia constructiva: actividades preliminares, movimientos de tierra, obras de contención, obras de placa huella, obras de bioingeniería y transporte. Esta estructuración permite trazabilidad directa entre cada ítem de pago, su Análisis de Precio Unitario y el diseño técnico que lo origina.

Sobre la matriz de presupuesto y los APU entregados por el proyecto se aplicó, adicionalmente, un proceso de verificación técnica orientado a tres objetivos:

- (i) confirmar la coherencia aritmética interna de cada APU
- (ii) verificar la coherencia entre los insumos de equipos y materiales declarados en

- cada partida;
- (iii) (contrastar la razonabilidad de los precios adoptados frente a referencias de mercado disponibles para insumos como el acero de refuerzo, el concreto premezclado y los anclajes o rellenos de consolidación de estructuras en guadua. Sobre el análisis de AIU se aplicó, adicionalmente, una verificación de la consistencia entre cada fórmula y su propia etiqueta descriptiva, que permitió identificar que los costos de personal y de administración no se estaban proyectando sobre el término real de ejecución de la obra, hallazgo que se desarrolla en el numeral de AIU. El detalle completo de los hallazgos identificados y los ajustes aplicados se presenta en el numeral de Análisis de Precios Unitarios.

7.9.3.1 Clasificación y precisión del presupuesto

De acuerdo con la clasificación de costos estimados de la Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE), el presupuesto estructurado para el Polígono 1 corresponde a la Tipología 2 — Definitivo, dado que el proyecto cuenta con diseños geotécnicos y estructurales de detalle, planos constructivos, memorias de cálculo de cantidades y Análisis de Precios Unitarios individualizados por actividad, lo cual sitúa el nivel de definición del proyecto entre el 30% y el 70%, propio de presupuestos orientados a procesos de contratación y con un grado de precisión esperado entre -15% y +20% respecto del valor final de ejecución.

Tabla 7-22 Clasificación de precisión de presupuestos de construcción

TIPO	NOMBRE DEL PRESUPUESTO	NIVEL DE DEFINICION DEL PROYECTO –ESTADO DE AVANCE DE ESTUDIOS Y DISEÑOS	PROPÓSITO DE UTILIZACIÓN	METODOLOGÍA PARA PRESUPUESTAR	GRADO DE PRECISIÓN ESPERADO
5	ORDEN DE MAGNITUD	0%-2%	<ul style="list-style-type: none"> REVISIÓN CONCEPTUAL ORDEN DE MAGNITUD PRE INVERSION 	<ul style="list-style-type: none"> CAPACIDAD FACTORIZADA MODELOS PARAMETRICOS ANALOGIAS CRITERIO DE ESPECIALISTAS EXPERIENCIA 	-20%-50% 30% A 100%
4	ESTIMADO	1%-15%	<ul style="list-style-type: none"> EVALUACIÓN CONCEPTUAL ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD APROBACIÓN PRELIMINAR 	<ul style="list-style-type: none"> EQUIPOS FACTORIZADOS MODELOS PARAMETRICOS 	-15% A -30% 20% A 50%
3	PRELIMINAR	10%-40%	<ul style="list-style-type: none"> ESTIMATIVO PARA LICITAR INICIO DE INGENIERÍA BÁSICO ANTEPROYECTOS 	<ul style="list-style-type: none"> COSTOS UNITARIOS MAYORES ESTUDIO CAPITULOS E ITEMS REPRESENTATIVOS 	-10% A -20% 10% A 30%
2	DEFINITIVO	30%-70%	<ul style="list-style-type: none"> COTIZACIÓN Y LICITACIÓN PRESUPUESTO BASICO PARA 	<ul style="list-style-type: none"> ESTUDIO DETALLADO DE PRECIOS ESTUDIO POR ACTIVIDADES 	-5% A -15% 5% A 20%

TIPO	NOMBRE DEL PRESUPUESTO	NIVEL DE DEFINICION DEL PROYECTO –ESTADO DE AVANCE DE ESTUDIOS Y DISEÑOS	PROPÓSITO DE UTILIZACIÓN	METODOLOGÍA PARA PRESUPUESTAR	GRADO DE PRECISIÓN ESPERADO
			PROCESO DE CONTRATACION		
1	EJECUCION	50%-100%	<ul style="list-style-type: none"> DETALLADO PARA COMPRAS Y EJECUCION DEFINITIVA 	<ul style="list-style-type: none"> DISEÑOS FINALES DESPUÉS DE RECONSTRUCCIÓN COTIZACIONES DEFINITIVAS LISTADO DE INSUMOS PARA COMPRAS 	-3% A -10% +3%A 15%

Fuente: Clasificación AACE International, Recommended Practice 18R-97.

7.9.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS Y PROCESO CONSTRUCTIVO

El presupuesto del Polígono 1 cuantifica la ejecución de tres frentes de obra articulados entre sí:

- (i) el sistema de contención principal, conformado por un muro en concreto reforzado cimentado sobre Caisson;
- (ii) las obras complementarias de bioingeniería, conformadas por terrazas confinadas mediante trinchos y el muro de borde de vía inferior en guadua;
- (iii) la reposición de la placa huella sobre la calle 60 Sur. A continuación se describe el alcance técnico de cada frente y la secuencia constructiva general que sustenta los rendimientos adoptados en los respectivos APU.

7.9.4.1 Sistema de contención principal — muro sobre Caisson

El sistema de contención corresponde a un muro en voladizo de concreto reforzado, cimentado sobre Caisson de 1,0 m de diámetro y 3,0 m de longitud, con una separación entre ejes de 3,0 m (3 diámetros), unidos entre sí mediante viga cabezal.

El vástago del muro varía en altura entre 2,0 m y 3,0 m, con espesor de 0,50 m en la base y 0,40 m en la parte superior, y zarpa de 1,20 m. Se construyen cuatro módulos independientes de muro, ejecutados por tramos para evitar el desconfinamiento prolongado del talud.

Los empujes de diseño se determinaron mediante la teoría de Coulomb modificada para condición estática y la formulación de Mononobe-Okabe para condición pseudoestática, con el Caisson idealizado como una viga en voladizo empotrada en el suelo portante (arenisca Prga).

7.9.4.2 Obras complementarias de bioingeniería

Las zonas de relleno antrópico perfiladas alrededor del muro de contención se estabilizan mediante un sistema de terrazas en guadua con anclaje estructural (ítem 5.1), conformadas por postes rollizos de 12 a 15 cm de diámetro y tabla burra en madera ordinaria, ancladas al terreno mediante varilla de acero No. 8 embebida con epóxico de alta resistencia, con biorrollo geosintético fotodegradable como elemento de retención de finos y empradización en cespedón como cobertura vegetal definitiva.

Complementariamente, se identificó en los planos de detalle el muro de borde de vía inferior (ítem 5.2), estructura tipo pantalla de guadua empotrada en el terreno mediante un haz consolidado con relleno de concreto en la zona embebida, que retiene el talud existente al borde de la calzada y para la cual se ajustó y verificó el Análisis de Precio Unitario correspondiente (ver numeral de Análisis de Precios Unitarios).

7.9.4.3 Placa huella

Sobre la calle 60 Sur se propone una estructura de placa huella conformada por placas de concreto de 15 cm de espesor, reforzadas con varilla No. 3 en ambas direcciones, apoyadas sobre subbase granular de 15 cm y capa de mejoramiento de subrasante de mínimo 25 cm en material tipo recebo, en atención a que el material de subrasante corresponde a relleno antrópico no consolidado.

La modulación se desarrolla en placas de 3,0 m separadas por vigas riostras de 20 cm, con losas de transición de 15 cm de espesor y 1,50 m de longitud mínima en el empalme con la vía existente, siguiendo los lineamientos de la Cartilla de Colombia Rural del INVIAS.

7.9.4.4 Proceso constructivo general

La secuencia constructiva descrita a continuación sustenta los rendimientos de cuadrilla adoptados en los Análisis de Precios Unitarios y constituye el criterio técnico de referencia para la programación de obra y el control de ejecución en campo:

7.9.4.4.1 Reconocimiento y adecuación de accesos

Visita de reconocimiento y diagnóstico de las zonas de trabajo, identificación de rutas de acceso, sitios de acopio de materiales y áreas de parqueo y maniobra de maquinaria; intervención de caminos y bermas donde se requiera.

7.9.4.4.2 Localización y replanteo

Cuadrilla topográfica encargada del replanteo y demarcación de los ejes de los muros, los centros de los Caisson y los demás elementos constructivos (ítem 1.1).

7.9.4.4.3 Descapote y perfilado preliminar

Descapote a máquina en material común y recomposición/perfilado de taludes en las zonas de intervención (ítems 1.2 y 1.3).

7.9.4.4.4 Excavación general y relleno de nivelación

Excavación mecánica en material común para la conformación de zanjas y superficies de fundación, seguida del suministro e instalación de relleno con material seleccionado, compactado en capas no mayores de 0,25 m al 95% del Próctor modificado, preferentemente en temporada seca (ítems 2.1 y 2.2).

7.9.4.4.5 Excavación y construcción de Caisson por tramos alternos

Ejecución por trincheras intercaladas (una sí, dos no), con longitudes iguales a los módulos de muro, excavando y fundiendo cada Caisson de forma continua para evitar el desconfinamiento prolongado del talud; control permanente de bombeo de aguas de infiltración y verificación geotécnica del fondo de cada perforación antes de fundir (ítem 3.1).

7.9.4.4.6 Armado y fundida de viga cabezal y muro

Instalación del acero de refuerzo, formaleta metálica y fundida de la viga cabezal sobre los Caisson, seguida de la fundida del muro en voladizo sobre la viga cabezal, garantizando el enlace estructural entre los elementos de cimentación (ítems 3.2, 3.3 y 3.6).

7.9.4.4.7 Instalación de filtro drenante y subdrenaje

Colocación del filtro drenante en material pétreo seleccionado con geotextil y de la tubería de dren horizontal PVC ø1" del muro, previo al relleno definitivo (ítems 3.4 y 3.5).

7.9.4.4.8 Conformación de terrazas con anclaje estructural

Una vez finalizada la construcción del muro de contención, conformación de las terrazas en guadua con anclaje mediante varilla y epóxico de alta resistencia, poste rollizo y tabla burra, con biorrollo geosintético y empradización en cespedón, ejecutada en paralelo con la placa huella por tratarse de un frente de trabajo independiente (ítem 5.1).

7.9.4.4.9 Construcción del muro de borde de vía inferior

Excavación de la zanja de empotramiento, hincado del haz de guadua, entramado horizontal y relleno de consolidación en la zona embebida, según el detalle específico del plano (ítem 5.2).

7.9.4.4.10 Ejecución de placa huella

Mejoramiento de subrasante, subbase granular, armado y fundida de las placas de concreto moduladas, vigas riostras y losas de transición de empalme con la vía existente (ítems 4.1 a 4.4).

7.9.4.4.11 Empradización y disposición final

Instalación de cespedón y recuperación de cobertura vegetal sobre las superficies intervenidas; retiro y disposición final de escombros y material sobrante de excavación en sitio autorizado (ítem 6.1).

7.9.4.5 Recomendaciones constructivas y control en obra

- Ejecutar los cortes y los procesos de disposición y compactación de rellenos preferentemente en temporada seca, controlando en campo la humedad óptima y la densidad máxima de los materiales.
- Disponer de equipos de bombeo permanentes durante las excavaciones para evitar el empozamiento de aguas lluvias.
- Evitar la acumulación de materiales de obra en la periferia de la corona de los taludes de corte, para no generar sobrecargas que afecten su estabilidad.
- Respetar un distanciamiento mínimo entre Caisson de 2,5 diámetros, con el fin de evitar la superposición de bulbos de esfuerzo.
- Documentar en campo la profundidad y calidad del terreno de cada perforación, dado que la longitud definitiva de los Caisson puede ajustarse según la estratigrafía encontrada, previa aprobación del geotecnista.

- Implementar el plan de instrumentación topográfica con lecturas quincenales en la parte alta del talud, para verificar la ausencia de comportamientos anómalos durante y después de la construcción.

7.9.5 COSTOS DIRECTOS DE OBRA

La estructura de costos directos de obra del Polígono 1 se consolidó mediante la definición de seis capítulos presupuestales, organizados bajo criterios técnicos, funcionales y de secuencia constructiva: actividades preliminares, movimientos de tierra, obras de contención, obras de placa huella, obras de bioingeniería y transporte. Esta organización permite identificar de manera clara y trazable los componentes principales de la intervención y constituye una herramienta para el control técnico, administrativo y financiero durante la etapa de ejecución.

Tabla 7-23 Estructura de costos directos de obra por capítulo, Polígono 1.

Capítulo	Descripción	Valor total
1	Actividades preliminares	\$ 22.541.747
2	Movimientos de tierra	\$ 8.667.948
3	Obras de contención	\$ 96.355.995
4	Obras de placa huella	\$ 156.651.552
5	Obras de bioingeniería	\$ 125.824.446
6	Transporte	\$ 5.430.960
	TOTAL I. COSTOS DIRECTOS DE OBRA	\$ 415.472.648

Fuente: Elaboración propia

7.9.6 ÍTEMS DE PAGO

El Anexo 01 — Presupuesto del Proyecto contiene el listado detallado y estructurado de las actividades definidas como ítems de pago para la ejecución de las obras del Polígono 1. Cada actividad incluye su unidad de medida conforme al Sistema Internacional de Unidades (SI), el precio unitario resultante del respectivo Análisis de Precio Unitario, la cantidad de obra calculada a partir de los diseños técnicos y el valor total obtenido del producto entre la cantidad y el precio unitario.

La conformación del presupuesto permite identificar de manera trazable cada uno de los componentes constructivos requeridos para la ejecución de las obras, garantizando

consistencia entre las cantidades calculadas, los Análisis de Precios Unitarios y los alcances definidos en los diseños geotécnico, estructural e hidráulico del proyecto.

7.9.7 CANTIDADES DE OBRA

En el Anexo 02 — Memoria de Cantidades se presentan los resultados del proceso de cuantificación de obra desarrollado para el Polígono 1. Las cantidades de las estructuras principales (Caisson, viga cabezal, muro, acero de refuerzo) se determinaron a partir del dimensionamiento geométrico del sistema de contención: cuatro módulos de Caisson de 1,0 m de diámetro por 3,0 m de longitud, separados 3,0 m entre ejes, con vástago de muro entre 2,0 m y 3,0 m de altura, zarpa de 1,20 m y espesor entre 0,40 m y 0,50 m, consistentes con el diseño estructural presentado en el capítulo de Estructuras.

Las cantidades de las obras complementarias de bioingeniería (terrazas en guadua y muro de borde de vía inferior) se determinaron a partir de la lectura de los planos de detalle del proyecto — en particular los Cortes Transversales A y B del plano "Muro Borde de Vía Inferior", que definen un espesor del haz de guadua de 0,27 m, un empotramiento de 0,60 m y una altura expuesta de 0,90 m — y de la verificación fotográfica de campo, que permitió confirmar la correspondencia entre el detalle dibujado y la estructura efectivamente construida en tramos similares del proyecto.

Para la placa huella, las cantidades se determinaron a partir de la modulación de placas de 3,0 m con vigas riostras de 20 cm, sobre subbase granular de 15 cm y capa de mejoramiento de subrasante de 25 cm, conforme a los lineamientos de la Cartilla de Colombia Rural del INVIAS adoptados en el diseño.

7.9.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

En el Anexo 04 — Especificaciones Técnicas se relacionan las especificaciones aplicables a cada ítem de pago del presupuesto del Polígono 1. La selección de las especificaciones se realizó considerando criterios de compatibilidad técnica, aplicabilidad constructiva y vigencia normativa, adoptando como referencia principal las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS (2022) para las actividades de movimiento de tierras, concretos, placa huella y disposición de materiales, y la NSR-10, Título G, para las actividades de bioingeniería en madera y guadua.

7.9.9 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

En el Anexo 03 — Análisis de Precios Unitarios se presentan los estudios que sustentan técnicamente el valor unitario de cada una de las 18 actividades del presupuesto del Polígono 1. Cada APU se estructuró a partir de cuatro componentes —equipos, materiales, transporte y mano de obra—, con el costo de herramienta menor incorporado como porcentaje de la mano de obra y el rendimiento de cuadrilla explícito para cada recurso, insumo que a su vez sustenta la secuencia y duración adoptadas en el cronograma de obra (Anexo 07).

7.9.10 COTIZACIONES Y SOPORTE DE PRECIO

Para la estructuración del presente presupuesto se adoptó como fuente principal de referencia la matriz de precios unitarios de referencia del IDU, complementada mediante verificaciones puntuales de mercado para los insumos, cuyo fin es confirmar que los valores adoptados representen razonablemente las condiciones de mercado vigentes para Bogotá D.C.

7.9.11 AIU (ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD)

En el Anexo 05 — Análisis AIU se presenta el desglose de los costos de Administración, Imprevistos y Utilidad estructurado para el Polígono 1, considerando la naturaleza del contrato, la localización del proyecto en la localidad de Usme y la condición de entidad contratante distrital (IDIGER).

Dentro del componente de Administración se incluyen el personal administrativo y técnico de obra (director, residente, SISO/HSE, almacenista y topógrafo de control), los gastos de oficina y comunicaciones, las pólizas y garantías exigidas por el Decreto 1082 de 2015, las estampillas distritales aplicables a contratos suscritos con entidades del Distrito Capital — Pro Cultura (0,5%, Acuerdo 187 de 2005), Bienestar del Adulto Mayor (2,0%, Acuerdo 669 de 2017) y Universidad Distrital (1,0%, tarifa vigente de la Secretaría Distrital de Hacienda) —, los gastos financieros propios del manejo del anticipo, y un rubro adicional por sobrecosto logístico asociado a la localización del proyecto en ladera y zona rural de Usme, con accesibilidad restringida para la movilización de maquinaria y personal.

El componente de Imprevistos incorpora, además del margen general propio de toda obra

civil, un rubro adicional asociado a la incertidumbre geotécnica inherente a las obras de estabilización de taludes en zonas de amenaza por movimientos en masa, coherente con el objeto misional del contrato IDIGER-294 de 2025. El componente de Utilidad se adoptó dentro del rango de mercado observado para contratación pública distrital con nivel de competencia moderado.

7.9.12 RESULTADOS OBTENIDOS

El presupuesto de entrega del Polígono 1, una vez incorporadas las correcciones descritas en el numeral de Análisis de Precios Unitarios, asciende a un costo directo de obra de \$ 413.323.724, distribuido en los seis capítulos presupuestales descritos en el numeral de Costos Directos de Obra. Sobre este valor se aplicó el AIU estructurado en el numeral anterior bajo el Escenario Moderado (61,34% sobre el costo directo), equivalente a \$ 257.532.772, discriminado en Administración por \$ 228.733.349 (55,34%), Imprevistos por \$ 4.133.237 (1,00%) y Utilidad por \$ 20.666.186 (5,00%). El Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 19% aplicable exclusivamente sobre la Utilidad asciende a \$ 3.926.575.

En consecuencia, el presupuesto total de obra del Polígono 1 asciende a \$ 670.783.071, cifra que constituye la línea base económica del componente de presupuestos para el sector La Fiscala — Barrio San Martín — Parque Entrenubes, en la localidad de Usme. El valor incorpora de manera trazable la revisión técnica realizada sobre la matriz y el AIU de entrega, garantizando consistencia entre el alcance físico definido en los diseños geotécnico, estructural e hidráulico del proyecto y su estructuración económica. El cronograma de obra que sustenta este presupuesto (Anexo 07) proyecta una duración de 87 días calendario, aproximadamente 2,9 meses, dentro del rango de 3 a 4 meses definido para la ejecución del Polígono 1, con cuadrillas dobles en las actividades críticas de caisson, concreto de placa huella, acero de refuerzo y terrazas en guadua.

Tabla 7-24 consolidado del Anexo 01 — Presupuesto del Proyecto

Concepto	Valor	% sobre costo directo
I. Costos Directos de Obra	\$ 413.323.724	100,00%
Administración (A)	\$ 124.392.511	29,94%
Imprevistos (I)	\$ 4.133.237	1,00%
Utilidad (U)	\$ 16.618.906	4,00%
TOTAL COSTOS DE OBRA	\$ 560.638.791,	—

Fuente: Elaboración propia

7.9.13 ANEXOS

En cumplimiento del alcance descrito, el Componente de Presupuestos del Polígono 1 se entrega soportado en los siguientes anexos, consolidados en un único libro de cálculo con fórmulas activas, de forma que cualquier ajuste posterior en cantidades o precios unitarios se propague automáticamente a los subtotales y al valor total de obra:

Anexo 01 – Presupuesto del proyecto

Anexo 02 – Memoria de Cantidades

Anexo 03 – Análisis de Precios Unitarios

Anexo 04 – Especificaciones Técnicas

Anexo 05 – Análisis AIU

Anexo 06 – Cotizaciones

Anexo 07 – Cronograma

Anexo 08 – Editables

8 GESTIONES COMPLEMENTARIAS

8.1 APROPIACIÓN SOCIAL Y GOBERNANZA

Para garantizar la sostenibilidad a largo plazo y la funcionalidad socio ecológica de las SBN en el Polígono 1, se proponen acciones de Apropiación Social y Gobernanza Territorial, articulado directamente entre el IDIGER, la Secretaría Distrital de Ambiente, la Alcaldía Local de Usme y las redes comunitarias de San Martín:

8.1.1 PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL COMUNITARIA

- **Objetivo:** Erradicar el vertimiento ilegal de escombros (RCD) e inculcar buenas prácticas sobre el manejo de residuos domésticos y heces de mascotas en la franja del parque.
- **Acciones:** Campañas de pedagogía puerta a puerta con la JAC, señalización preventiva en puntos críticos de bote de escombros y talleres de economía circular (compostaje doméstico y huertas urbanas).

8.1.2 PROGRAMA DE FORMACIÓN TÉCNICA LOCAL

- **Objetivo:** Transferir capacidades técnicas a la comunidad para el mantenimiento autónomo de las obras de biotecnología.
- **Acciones:** Talleres prácticos sobre construcción y reparación de las obras que se propongan y técnicas de siembra de especies nativas estabilizadoras (gurrubo, arrayán, chilco).

8.1.3 PROGRAMA DE CONTRATACIÓN E INCLUSIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL

- **Objetivo:** Garantizar la vinculación económica de los habitantes del sector en la futura fase de ejecución de las obras.
- **Acciones:** Inclusión de cláusulas obligatorias en los pliegos de contratación de obra para priorizar la vinculación laboral no cualificada y semi-cualificada de los residentes de San Martín en las labores de despeje, siembra, armado de trinchos y adecuaciones paisajísticas.

8.1.4 PROGRAMA DE MONITOREO PARTICIPATIVO Y VIGÍAS COMUNITARIOS DEL RIESGO

- **Objetivo:** Establecer un sistema de alerta temprana de base comunitaria para vigilar movimientos en masa y la estabilidad de las obras.
- **Acciones:** Conformación de los *Vigías de San Martín*, capacitando a líderes para realizar lecturas de campo periódicas sobre los puntos críticos georreferenciados (avance de escarpados, inclinación de árboles/postes y nivel de filtración de escorrentías) reportando directamente al SIRE del IDIGER.

8.2 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

8.2.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Plan de Manejo Ambiental (PMA) para las obras de intervención del sitio crítico Polígono 1, en el marco del Contrato de Consultoría IDIGER-294-2025, cuyo objeto es el “Estudio y Diseño de Acciones y Medidas Adaptativas a los Efectos del Cambio Climático y Reducción del Riesgo en Zonas Priorizadas del Distrito Capital”. Este componente tiene como finalidad establecer los lineamientos, programas y acciones necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos socioambientales que se puedan generar durante la ejecución de las obras de reducción del riesgo, estabilización del terreno y manejo de procesos erosivos.

La formulación de este Plan de Manejo Ambiental se fundamenta en la integración de los análisis desarrollados durante las etapas previas del estudio, la caracterización de la línea base ambiental (componentes abiótico, biótico y socioeconómico), y las particularidades de los métodos constructivos definidos en los diseños técnicos. Estos insumos permiten identificar y evaluar de manera precisa las alteraciones o afectaciones potenciales sobre el entorno, así como definir los criterios para un manejo ambientalmente sostenible acorde con las condiciones específicas del área de influencia.

A partir de dicha información, se estructuran los programas y fichas de manejo ambiental requeridos para el sitio crítico, considerando criterios normativos, ecológicos, de seguridad industrial, técnicos y de participación comunitaria. Las medidas propuestas buscan garantizar la protección de los recursos naturales, minimizar las molestias y riesgos sobre la población aledaña, y asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente durante la materialización de las obras de mitigación y adaptación climática.

Finalmente, el presente documento consolida las estrategias de manejo, los protocolos de monitoreo y seguimiento, los costos asociados y demás elementos requeridos para sustentar la viabilidad ambiental de la alternativa de intervención propuesta, garantizando su coherencia con las actividades constructivas planificadas y con los objetivos integrales del contrato de consultoría.

8.2.2 OBJETIVOS

8.2.2.1 Objetivo General

Formular el Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la fase de construcción de las obras de reducción del riesgo y estabilización en el sitio crítico Polígono 1, estableciendo las medidas y estrategias necesarias para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos socioambientales generados por el proyecto, garantizando el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y la sostenibilidad de las intervenciones.

8.2.2.2 Objetivo Específicos

- Diseñar los programas y fichas de manejo ambiental orientados a la protección de los componentes abiótico (suelo, agua, aire), biótico (flora y fauna) y socioeconómico, en función de las actividades constructivas definidas en los diseños técnicos.
- Establecer los lineamientos técnicos para la gestión integral de residuos (sólidos, líquidos, especiales y peligrosos), el manejo de materiales de excavación y construcción, y el control de emisiones y ruido durante la ejecución de las obras.
- Formular estrategias de manejo social que permitan informar, prevenir y minimizar las afectaciones sobre la comunidad del área de influencia, promoviendo canales de comunicación efectivos, participación ciudadana y el manejo adecuado del tránsito y la infraestructura local.
- Estructurar el plan de seguimiento y monitoreo ambiental, definiendo indicadores, frecuencias y responsabilidades que permitan evaluar la efectividad de las medidas implementadas y realizar ajustes de manera oportuna.
- Determinar los costos socioambientales asociados a la implementación del PMA, integrándolos al presupuesto general de la obra para asegurar su viabilidad y correcta ejecución.

8.2.3 MARCO NORMATIVO

Para la realización de este Plan de Manejo Ambiental, se contempla la jerarquización del marco jurídico aplicable al proyecto, considerando la Norma constitucional, leyes, decretos y reglamentos desde el ámbito nacional, regional y local; de igual manera, las normas

vigentes permiten gestionar y obtener permisos, autorizaciones o concesiones según lo requiera el proyecto.

Tabla 25. Normatividad Ambiental y de Gestión de Riesgo Aplicable

Tema	Año	Norma	Orden	Entidad	Contenido
Normatividad General y de Cambio Climático	1991	Constitución Política de Colombia	Nacional	Presidencia de la República	En su artículo 79, 80, 82 y 95 promulga los derechos colectivos y del ambiente, destacando el derecho de todos los colombianos por un ambiente sano.
Normatividad General y de Cambio Climático	1993	Ley 99	Nacional	Congreso de Colombia	A través de esta norma se crea el Ministerio de 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, entre otras disposiciones.
Normatividad General y de Cambio Climático	2012	Ley 1523	Nacional	Congreso de Colombia	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, fundamental para las intervenciones de estabilización de laderas.
Normatividad General y de Cambio Climático	2015	Decreto 1076	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta versión incorpora las modificaciones y compila la normativa del sector ambiente a partir de la fecha de su expedición.
Normatividad General y de Cambio Climático	2018	Ley 1931	Nacional	Congreso de Colombia	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático (enfocado en las acciones y medidas adaptativas objeto de este contrato).
Normatividad General y de Cambio Climático	2020	Acuerdo 790	Distrital	Concejo de Bogotá	Por el cual se declara la emergencia climática en Bogotá y se definen los mandatos para la mitigación y adaptación.

Tema	Año	Norma	Orden	Entidad	Contenido
Flora y Silvicultura Urbana	2010	Decreto 531	Distrital	Alcaldía Mayor de Bogotá	Reglamenta el aprovechamiento de arbolado aislado, relacionado con la silvicultura urbana, las zonas verdes y la jardinería en el perímetro urbano de Bogotá, definiendo las competencias de las Entidades Distritales.
Flora y Silvicultura Urbana	2011	Resolución 5983	Distrital	Secretaría Distrital de Ambiente	Se establece el listado de las especies vegetales que no requieren permiso para tratamientos silviculturales.
Flora y Silvicultura Urbana	2018	Decreto 383	Distrital	Alcaldía Mayor de Bogotá	Modifica el Decreto 531 de 2010, relacionado con la silvicultura urbana, las zonas verdes y la jardinería en el perímetro urbano de Bogotá D.C.
Fauna	1978	Decreto 1608	Nacional	Presidencia de la República	Reglamenta el código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente en materia de fauna silvestre.
Fauna	2017	Resolución 1912	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional.
Aire y Ruido	2006	Resolución 627	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Aire y Ruido	2010	Resolución 6918	Distrital	Secretaría Distrital de Ambiente	Establece la metodología de medición y los estándares máximos permisibles de ruido ambiental en Bogotá D.C.
Aire y Ruido	2017	Resolución 2254	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire, ambiente y se dictan otras disposiciones.
Recurso Hídrico	2009	Resolución 3957	Distrital	Secretaría Distrital de Ambiente	Norma técnica que controla y maneja los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital.

Tema	Año	Norma	Orden	Entidad	Contenido
Recurso Hídrico	2015	Resolución 631	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
Residuos Sólidos y Peligrosos	2007	Resolución 1362	Nacional	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos.
Residuos Sólidos y Peligrosos	2019	Resolución 2184	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Establece el código de colores (blanco, negro y verde) para la separación de residuos en la fuente, con el objetivo de fomentar la cultura ciudadana en materia de separación de residuos.
Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	2017	Resolución 0472	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD.
Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	2021	Resolución 1257	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de RCD y se adoptan otras disposiciones.
Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	2023	Decreto 507	Distrital	Alcaldía Mayor de Bogotá	(Norma Vigente que deroga la Res. 1115 de 2012). Se adopta el modelo y los lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá D.C., buscando minimizar el impacto ambiental y maximizar la circularidad de los materiales.

Fuente: Elaboración propia

8.2.4 ALCANCE

El alcance de la formulación de este Plan de Manejo Ambiental (PMA) está determinado por los requerimientos técnicos del Contrato de Consultoría IDIGER-294-2025, enfocado

en las obras de estabilización, reducción del riesgo y adaptación climática para el sitio crítico Polígono 1.

Para dar cumplimiento a estos lineamientos, el alcance abarca las siguientes fases y componentes:

- **Línea Base e Identificación de Impactos:** En primera instancia, se desarrollará una caracterización de la línea base ambiental que establezca las condiciones iniciales del área de intervención desde los componentes abiótico, biótico y socioeconómico. A partir de este diagnóstico, se identificarán y evaluarán los principales impactos ambientales (benéficos y adversos) derivados de las actividades constructivas, resaltando las determinantes ambientales y restricciones presentes en el polígono.
- **Programas de Gestión Abiótica y Operativa:** El plan de manejo se establecerá mediante programas estructurados en fichas de manejo ambiental, las cuales describirán detalladamente las medidas a ejecutar para:
 - ✓ Adecuación y manejo de zonas de acopio temporal de materiales constructivos.
 - ✓ Sitios temporales para el almacenamiento de residuos sólidos convencionales y peligrosos (incluyendo zonas de acopio de hidrocarburos y/o sustancias químicas).
 - ✓ Manejo de aguas residuales domésticas (instalación y mantenimiento de unidades sanitarias portátiles).
 - ✓ Control y manejo de aguas de escorrentía superficial para evitar la reactivación de procesos erosivos durante la obra.
 - ✓ Estrategias de uso eficiente y ahorro de agua.
 - ✓ Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (PIN-RCD), dando estricto cumplimiento a la Resolución Nacional 1257 de 2021 y al Decreto Distrital 507 de 2023.
- **Manejo de Cobertura Vegetal y Paisaje:** Se elaborarán fichas específicas que indiquen las acciones para prevenir, reducir o mitigar el impacto sobre la flora local.

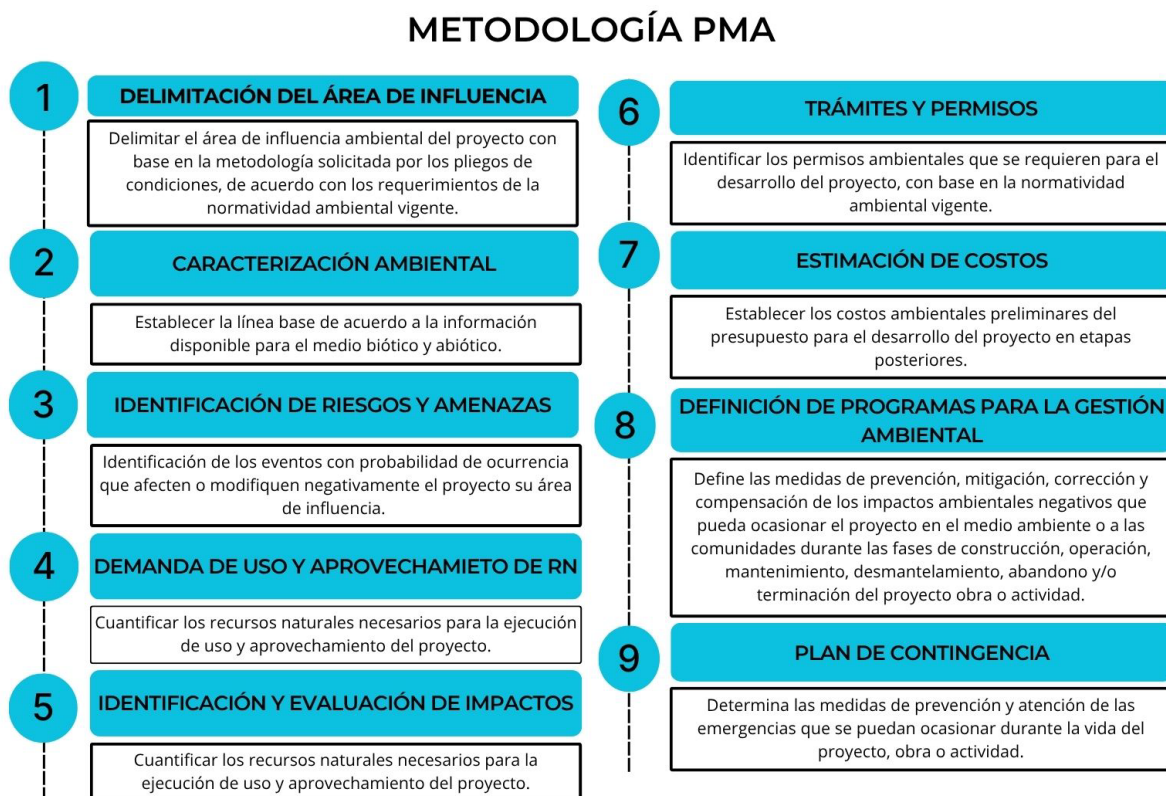
Esto incluye los protocolos para la protección de la cobertura existente que no deba ser intervenida, así como las medidas de revegetalización, control de erosión o paisajismo. Se identificarán las especies sugeridas conforme al Manual de Silvicultura Urbana de Bogotá y guías técnicas del Jardín Botánico, detallando los métodos de siembra, densidades, distancias y áreas (metros cuadrados) a intervenir para favorecer la estabilización de la ladera.

- **Manejo de Fauna Silvestre:** El alcance contempla los protocolos para la inspección previa de las áreas a intervenir con el fin de descartar o identificar la presencia de nidos, madrigueras o individuos de fauna silvestre que puedan verse afectados. Se estructurarán las fichas correspondientes para los procesos de ahuyentamiento, rescate y reubicación preventiva, en función de los impactos identificados y la sensibilidad ecológica del sitio crítico.

8.2.5 METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el desarrollo del presente Plan de Manejo Ambiental, se formula con base a la normatividad vigente para el país. De manera específica, durante su desarrollo se implementarán los siguientes temas de manera organizada con el fin de lograr el análisis detallado sobre la influencia del proyecto en las características ambientales del territorio en el que se llevarán a cabo. Los aspectos a desarrollarse se presentan en la siguiente figura:

Figura 50 Metodología para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental.



Fuente: Elaboración propia

8.2.6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de intervención en el sitio crítico Polígono 1 contempla la ejecución de un conjunto de obras civiles y biotecnológicas orientadas a la estabilización del terreno, la restitución de la infraestructura vial local y el control de procesos erosivos. Para efectos del presente Plan de Manejo Ambiental (PMA), el proyecto se divide en fases constructivas que permiten identificar los aspectos e impactos ambientales asociados a cada actividad, desde la preparación del terreno hasta la disposición final de los materiales sobrantes.

A continuación, se describen los componentes principales del proyecto desde la perspectiva operativa y ambiental:

8.2.6.1 Actividades Preliminares y Movimiento de Tierras

Esta fase abarca la preparación del área de intervención y la modificación inicial de la

morfología del terreno. Es una etapa crítica ambientalmente debido a la remoción de la cobertura vegetal y la alteración del suelo.

- **Localización y replanteo:** Demarcación de ejes y niveles mediante equipos topográficos, lo cual implica el ingreso inicial de personal al área.
- **Descapote y remoción de cobertura:** Retiro mecánico de la capa vegetal y material orgánico superficial en un espesor aproximado de 0.1 m. Esta actividad generará biomasa y suelo orgánico que deberá ser manejado adecuadamente.
- **Recomposición, perfilado y excavación:** Modificación geométrica de los taludes y excavación (principalmente manual, por restricciones topográficas) en la zona baja de la vía para el desplante de las estructuras. Esto generará volúmenes significativos de material de excavación (tierra y fragmentos rocosos) que requerirán acopio temporal y disposición final.
- **Rellenos estructurales:** Colocación y compactación mecánica (con equipo tipo rana) de material seleccionado para restituir los niveles de la banca, requiriendo el ingreso de materiales pétreos externos a la obra.

8.2.6.2 Obras de Contención (Infraestructura de Estabilización)

Consiste en la construcción del sistema estructural para contrarrestar los empujes de tierra. Esta fase implica un alto consumo de insumos de construcción (concreto, acero) y la necesidad de gestionar aguas de infiltración.

- **Cimentación profunda (Caissons):** Excavación manual de cilindros de 1.0 m de diámetro y vaciado de anillos de concreto de 10 cm de espesor (21 MPa).
- **Estructuras de concreto:** Armado de acero de refuerzo, formateado y vaciado de la viga cabezal y la pantalla del muro de contención en concreto premezclado (21 MPa). Estas labores requieren la gestión de residuos de construcción (formaletas, despuntes de acero) y el manejo de aguas de lavado de herramientas o mixers.
- **Sistemas de drenaje subsuperficial:** Instalación de filtros drenantes (material pétreo y geotextil) y tuberías de PVC de 1 pulgada (lloraderos) en el muro. Esto modificará positivamente la dinámica de las aguas subterráneas al aliviar presiones

hidrostáticas, pero requiere un manejo cuidadoso para evitar el arrastre de finos.

8.2.6.3 Obras de Pavimentación (Placa Huella)

Restitución de la superficie de rodadura paralela al muro de contención. Esta etapa sella la superficie del suelo, modificando la escorrentía superficial.

- **Estructura de soporte:** Suministro, extendido, humectación y compactación de material granular de adición y subbase. Requiere el uso de maquinaria menor, generando emisiones de ruido y material particulado.
- **Superficie de rodadura:** Vaciado de módulos intermitentes en concreto rígido (210 kg/cm² o 3000 psi) y tramos de piedra pegada en concreto ciclópeo de 0.15 m de espesor. Incluye la construcción de vigas riostras y dentellones de confinamiento.

8.2.6.4 Obras de Bioingeniería y Restauración Paisajística

Es el componente de mitigación y adaptación climática del proyecto, diseñado para controlar la degradación del suelo con un bajo impacto ambiental.

- **Construcción de terrazas drenantes:** Perfilado manual del terreno e hincado de postes de guadua inmunizada de 4 pulgadas (hasta 1.6 m de altura expuesta) para conformar trinchos. El uso de madera tratada requerirá un manejo seguro para evitar lixiviados contaminantes en el suelo.
- **Relleno y empradización:** Relleno de las terrazas con material granular para disipar energía del agua lluvia, culminando con la instalación de tapetes de cespedón. Esta actividad restituirá la cobertura vegetal, disminuirá la erosión laminar y mejorará la integración paisajística de la obra.

8.2.6.5 Transporte y Disposición Final de Materiales

Actividad transversal a todo el proyecto que involucra la logística externa de la obra.

- **Acarreo y disposición:** Cargue, transporte y disposición final de escombros, material de excavación sobrante y Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en sitios o botaderos legalmente autorizados. Esta actividad es la principal fuente de impactos sobre la movilidad local, generación de ruido y emisiones atmosféricas asociadas al tránsito de volquetas.

8.2.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIA

La definición del Área de Influencia (AI) para el presente Plan de Manejo Ambiental se fundamenta en los lineamientos metodológicos establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA, 2018). Bajo este enfoque, se prescinde de la división tradicional de "área de influencia directa e indirecta", y en su lugar se delimita el espacio geográfico en el cual se manifiestan de manera objetiva los impactos ambientales significativos derivados de las actividades de construcción de las obras de reducción del riesgo, estabilización y bioingeniería en el Polígono 1.

El Área de Influencia Definitiva del proyecto corresponde a la integración (superposición cartográfica) de las áreas de influencia identificadas para cada uno de los medios: Abiótico, Biótico y Socioeconómico. A continuación, se describen los criterios y unidades de análisis aplicados para cada medio:

8.2.7.1 Área de Influencia del Medio Abiótico (AIMA)

La delimitación para el medio abiótico considera el alcance espacial de las alteraciones físicas generadas por el movimiento de tierras, las excavaciones para los caissons, la construcción del muro y el tránsito de maquinaria.

- **Componente Geomorfológico y Geotécnico:** La unidad de análisis corresponde a la faceta geomorfológica de la ladera intervenida. El área se delimita por el polígono exacto de modificación topográfica (perfilado de taludes, excavaciones y rellenos), extendiéndose hasta los límites de seguridad geotécnica del talud donde se disipan los esfuerzos del suelo.
- **Componente Hidrológico:** La unidad de análisis es la microcuenca o área de drenaje directo del polígono. El área abarca la superficie por donde fluirá la escorrentía superficial modificada por la obra (placa huella y terrazas) y el recorrido de las aguas captadas por el sistema de drenaje (filtro y lloraderos del muro) hasta su entrega al sistema de alcantarillado pluvial o cauce receptor más cercano.
- **Componente Atmosférico (Aire y Ruido):** Se delimita mediante un polígono (búfer o radio de atenuación) alrededor de las zonas de frente de obra y vías de acceso, tomando como base la dispersión de material particulado (polvo por descapote y

excavación) y la atenuación de las emisiones de ruido generadas por la maquinaria menor y vehículos de carga.

8.2.7.2 Área de Influencia del Medio Biótico (AIMB)

El medio biótico se define evaluando la afectación sobre la cobertura vegetal existente y el desplazamiento de las especies de fauna local (generalmente avifauna, pequeños mamíferos y herpetofauna urbana/periurbana).

- **Componente Flora:** El área de influencia corresponde exactamente al polígono de intervención directa donde se realizará el descapote mecánico (retiro de la capa vegetal de 0.1 m), la tala o poda de individuos arbóreos (si aplica) y la zona destinada a la posterior revegetalización y empradización de las terrazas de bioingeniería (trinchos en guadua). La unidad de análisis son las unidades de cobertura de la tierra a escala local.
- **Componente Fauna:** El área supera la huella física de la obra constructiva. Se define aplicando un área de amortiguación (búfer) alrededor del frente de obra, la cual representa la zona de perturbación por efecto de borde, ruido y presencia humana, que podría generar el desplazamiento temporal o la alteración en el comportamiento de la fauna silvestre presente en el área de la ladera.

8.2.7.3 Área de Influencia del Medio Socioeconómico (AIMS)

Se define a partir de las unidades territoriales administrativas (barrio, UPZ o vereda) y las dinámicas sociales que podrían verse interrumpidas o alteradas por el desarrollo del proyecto.

- **Componente Demográfico y Espacial:** La unidad de análisis corresponde a las manzanas o predios colindantes al Polígono 1. El área de influencia abarca las viviendas y estructuras contiguas al muro de contención, las cuales están expuestas directamente a molestias por ruido, vibraciones y material particulado, o que se benefician directamente de la reducción del riesgo de remoción en masa.
- **Componente Económico e Infraestructura:** Incluye la red vial local o vías de acceso que serán utilizadas como rutas de tránsito para la maquinaria, suministro de concreto premezclado y volquetas para el transporte de materiales y disposición

final de Residuos de Construcción y Demolición (RCD). El área considera los posibles impactos sobre la movilidad vehicular y peatonal del sector, así como la afectación temporal a accesos a las viviendas durante la construcción de la placa huella.

8.2.7.4 Área de Influencia Definitiva del Proyecto

De acuerdo con la sumatoria de las áreas de influencia parciales, el **Área de Influencia Definitiva** del proyecto Polígono 1 quedará conformada por la envolvente espacial o polígono máximo resultante de la superposición de las áreas del medio abiótico, biótico y socioeconómico. Todas las medidas de prevención, mitigación y control estipuladas en las fichas del presente Plan de Manejo Ambiental se aplicarán estrictamente dentro de este límite poligonal.

8.2.8 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La línea base del proyecto se encarga de caracterizar diferentes aspectos y componentes del área de estudio. A partir de esto se establecen las condiciones actuales de la misma, haciendo referencia a los aspectos físicos, bióticos y sociales. Es importante que la construcción de la línea base sea lo más detallada y precisa, ya que con base en esta y en las actividades de obra, se realiza el análisis que conlleva a los impactos que se pueden manifestar por la ejecución de este proyecto, por lo que la información presentada será el resultado de la información primaria obtenida en campo y la información secundaria de calidad.

8.2.8.1 Componente Abiótico

8.2.8.1.1 Geología y Geomorfología

La caracterización geológica y geomorfológica del Polígono 1 (Localidad de Usme, cuenca de la quebrada Hoya del Ramo) establece la línea base física sobre la cual se desarrollarán las obras de estabilización y placa huella. Esta caracterización se estructuró a partir de revisión de información secundaria (IDIGER, 2023; JAM, 2017) y levantamientos directos en campo realizados en abril de 2026.

El área de influencia directa de las obras se asienta sobre un terreno de alta complejidad tectónica, fuertemente intervenido por actividades antrópicas y con susceptibilidad intrínseca a movimientos en masa y erosión.

8.2.8.1.1.1 *Geología Regional y Local*

El contexto geológico regional está dominado por rocas sedimentarias plegadas y falladas, influenciadas por el Sinclinal Usme-Tunjuelito y sistemas de fallas longitudinales (Falla de Bogotá y Falla Juan Rey) y transversales (Falla Yomasa – Las Delicias).

A nivel local, en el área de intervención directa del Polígono 1 (Barrio San Martín), afloran predominantemente unidades litológicas de la Formación Regadera, cubiertas en gran medida por depósitos antrópicos. Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) y Unidades Geológicas para Ingeniería (UGIs) identificadas que interactuarán directamente con el proyecto son:

- **Roca Dura Arenosa (Rdalll / Pgrsa):** Constituye más del 50% del área de estudio. Son rocas sedimentarias arenosas de grano medio, con grado de meteorización III (localmente II), de color blanco hueso a amarillo parduzco. Su característica principal, desde el punto de vista ingenieril y ambiental, es su alta friabilidad y deficiente cementación silícea, lo que las hace muy susceptibles a la erosión hídrica y eólica una vez son descapotadas. Sus estratos buzan preferencialmente hacia el oeste (ej. 33°/245°).
- **Roca Blanda Arcillosa (RbarIII-IV / Pgrsar):** Presente hacia el occidente del área. Son suelos arcillosos de consistencia blanda a firme, abigarrados, de alta plasticidad y humedad. Son unidades altamente susceptibles a la erosión por escorrentía superficial.
- **Suelos Residuales Arenosos (SraV y SraIV):** Producto de la meteorización in situ de las areniscas. Son suelos poco desarrollados, deleznales, de compacidad media a suelta.
- **Depósitos Antrópicos y Rellenos (Qan / Are / San):** Materiales conformados por escombros, basuras y rellenos dispuestos sobre las laderas sin compactación técnica, producto de la expansión urbana. Poseen baja cohesión y son el principal material susceptible a fallar.

- **Depósitos Coluviales y de Deslizamiento (Qco / Ddr):** Acumulaciones de material movilizado, específicamente el deslizamiento ocurrido sobre el corredor vial de la calle 59 c Sur, detonado por la inestabilidad de los rellenos antrópicos y la saturación por aguas de escorrentía.

8.2.8.1.1.2 Geomorfología y Procesos Morfodinámicos

El relieve original ha sido severamente modificado. El análisis multitemporal (1984 - 2025) evidencia la transición de un relieve natural escarpado hacia un entorno urbanizado (Barrio Diana Turbay/San Martín) mediante cortes, explanaciones antitécnicas y rellenos a media ladera.

Las principales unidades geomorfológicas que configuran el relieve actual y sobre las cuales se cimienta el proyecto son:

- **Ladera en Pendiente Estructural (Slp) y Escarpe Estructural (Sef):** Laderas naturales dominantes de inclinaciones muy abruptas (21°–30°) a escarpadas (31°–45°), condicionadas por el buzamiento de la Formación Regadera.
- **Explanaciones (Aex) y Rellenos Antrópicos (Are):** Terrazas artificiales inestables.

8.2.8.1.1.3 Sensibilidad Ambiental del Componente

La interacción entre laderas muy abruptas, la disposición inadecuada de rellenos antrópicos y el deficiente manejo histórico de las aguas pluviales ha detonado procesos de inestabilidad activa:

- **Deslizamiento Rotacional (Ddr - Estación 7-1):** Localizado sobre la vía, generado por el colapso de rellenos antrópicos saturados por escorrentía. Este es el sitio crítico principal que las obras de contención y estabilización del presente proyecto buscan mitigar.
- **Erosión Hídrica Severa (Estación 7):** Formación de surcos profundos y cárcavas sobre suelos antrópicos debido a flujos concentrados de aguas lluvias no canalizadas.

8.2.8.1.1.4 Sensibilidad Ambiental del Componente

Desde la perspectiva del Plan de Manejo Ambiental, el componente de geología y geomorfología en el Polígono 1 se clasifica como de alta sensibilidad.

Cualquier movimiento de tierras (descapote, excavación de los caissons y perfilado de terrazas) necesario para las obras, dejará expuestas las areniscas friables y los rellenos sueltos. Sin un control riguroso de aguas de escorrentía temporales durante la obra y un manejo secuencial de las excavaciones, existe un riesgo inminente de reactivación de deslizamientos planares por estratificación o rotacionales en el material de relleno, además del aporte significativo de sedimentos hacia las partes bajas de la cuenca (Quebrada Hoya del Ramo).

8.2.8.1.2 Componente de Geotecnia

La caracterización geotécnica del Polígono 1 establece las propiedades físico-mecánicas del subsuelo sobre el cual se emplazarán las obras de mitigación. El modelo geotécnico del sitio crítico se define por la interacción entre depósitos antrópicos superficiales inestables y un basamento rocoso sedimentario con características de alta friabilidad y fracturamiento

8.2.8.1.2.1 Exploración y Modelo Geotécnico

Para definir el modelo del subsuelo, se ejecutaron tres (3) sondeos de perforación (S1 a S3) con profundidades entre 7.8 m y 9.0 m, complementados con ensayos de penetración estándar (SPT) y exploración indirecta mediante una (1) tomografía de resistividad eléctrica y una (1) línea sísmica de refracción.

Durante la exploración, se detectó un nivel freático superficial y variable, con profundidades que oscilan entre 0.70 m y 3.30 m respecto a la superficie del terreno. Esta condición hidráulica es un factor detonante clave en la inestabilidad del sector.

A partir de la exploración, se definieron tres unidades geotécnicas principales (M1, M2 y M3) que conforman el perfil del subsuelo.

- **M1: Relleno Antrópico (Qan):** Corresponde a la capa más superficial, conformada por materiales no consolidados de origen antrópico con presencia de raíces. Alcanza espesores de 1.0 m a 2.0 m en los sondeos, extendiéndose hasta 3.0 m en

el área del sitio crítico según los análisis topográficos. Es un suelo de consistencia media a suelta (promedio N60 = 20 golpes/pie). Constituye el cuerpo del deslizamiento rotacional activo.

- **M2: Arenisca (Formación Regadera - Pgrsa):** Material subyacente al relleno, conformado por areniscas muy fracturadas y altamente meteorizadas en sus primeros metros (velocidades de onda de corte Vs de 340 a 600 m/s). A mayor profundidad (>12 m), la roca se vuelve más masiva y competente (Vs > 750 m/s). Presenta alta friabilidad.
- **M3: Arcillolita (Formación Regadera - Pgrsar):** Material originario de la Formación Regadera de litología arcillosa con interestratificaciones de coloración abigarrada y blanca. Presenta consistencia media a firme y alta plasticidad.

8.2.8.1.2.2 Parámetros Geomecánicos de Diseño

Los análisis de laboratorio, pruebas de campo (SPT) y correlaciones empíricas permitieron definir los parámetros mecánicos efectivos para la evaluación de estabilidad. Es de especial relevancia el análisis retrogresivo (*Back Analysis*) realizado sobre el relleno antrópico fallado (M1), el cual determinó que, bajo condiciones de saturación, sus parámetros residuales caen drásticamente.

Tabla 26 Parámetros Geomecánicos del Subsuelo (Polígono 1)

Material	Peso Unitario (γ_t)	Ángulo de Fricción (ϕ')	Cohesión (C')	Comportamiento Geotécnico
M1: Relleno (Qan)	1.80 t/m ³	20°	0.90 t/m ²	Suelo heterogéneo, de baja consolidación. Susceptible a fallas rotacionales por saturación.
M2: Arenisca (Pgrsa)	1.98 t/m ³	39.6°	1881.9 t/m ²	Roca competente pero altamente meteorizada y fracturada en superficie. Sirve como estrato portante para la cimentación

Fuente: Elaboración propia

8.2.8.1.2.3 Respuesta Sísmica Local

De acuerdo con la Microzonificación Sísmica de Bogotá (Decreto 523 de 2010), el Polígono 1 se ubica predominantemente en la Zona Geotécnica "Cerros A" y en la Zona de Respuesta Sísmica "Cerros" (y "Depósito de Ladera" en sus adyacencias). Las velocidades de onda de corte obtenidas en la exploración directa clasifican el perfil del suelo como Tipo C (Suelos muy densos o roca blanda), con un V_{s30} de 542 m/s. La amenaza sísmica exige parámetros de diseño específicos ($A_g = 0.18g$) que obligan a garantizar un confinamiento estructural rígido en el talud.

8.2.8.1.2.4 Sensibilidad Ambiental y Geotécnica

Desde el punto de vista del PMA, el componente geotécnico es altamente sensible. El material M1 (Relleno Antrópico) presenta características geomecánicas muy pobres (alta deformabilidad y susceptibilidad a la saturación). Cualquier actividad de movimiento de tierras, excavación (incluso para los caissons propuestos) o alteración del drenaje natural que incremente la saturación del suelo, puede detonar fallas regresivas durante la fase constructiva.

8.2.8.1.3 Componente de Hidrología

8.2.8.1.3.1 Evaluación de Drenaje Superficial

8.2.8.1.3.1.1 Drenaje Natural

Durante los recorridos realizados en terreno no se identificaron cuerpos de agua al interior del área de interés. De forma complementaria, se consulta inicialmente lo reportado por la EAAB-ESP en el Sistema de Información Geográfico, en donde se logra identificar que al interior del polígono 1 no se cuenta con drenajes naturales.

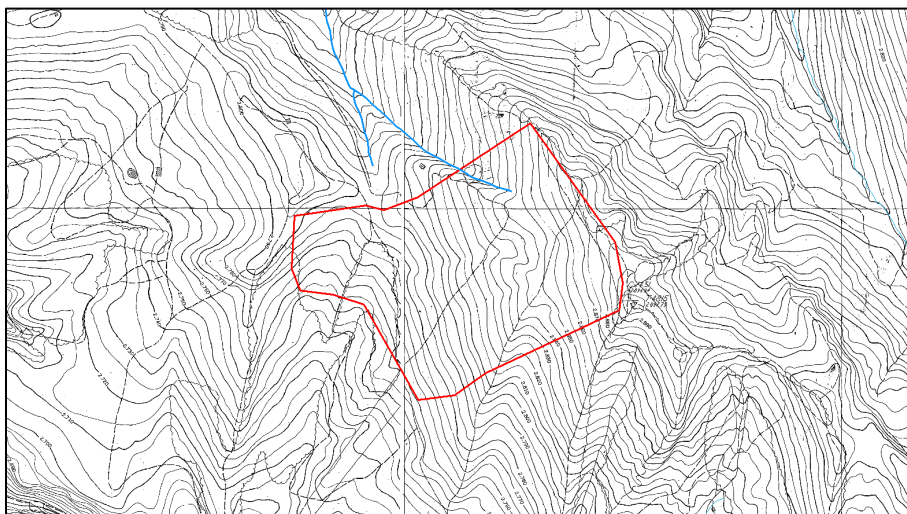
[illegible]

Así mismo, se realiza la consulta en el Visor Geográfico Ambiental de la SDA en el cual, efectivamente, no se reportan drenajes naturales para el área objeto de estudio.

Con la finalidad de entender la posible relación con procesos de inestabilidad, se consultan

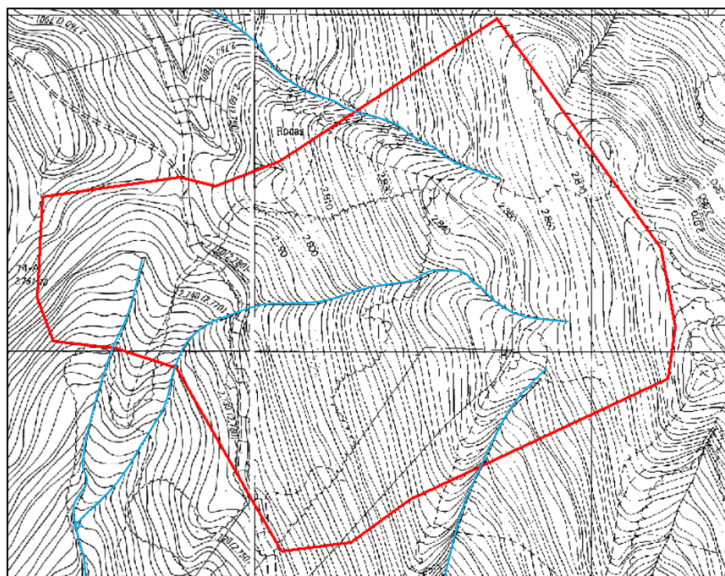
las planchas del IGAC para los años 1960 y 1981, periodos en los cuales si se reportan drenajes asociados a corrientes intermitentes que discurren desde la divisoria de aguas del polígono 1 y presentan una dirección de drenaje hacia el norte (año 1960) y hacia el sur (año 1981).

Figura 53 Hidrografía Planchas IGAC 1960 – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 54 Hidrografía Planchas IGAC 1981 – Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

A partir de lo encontrado, y con base en la forma en que históricamente se dieron los procesos de consolidación urbana en la ciudad y, especialmente, en la localidad de Usme, los drenajes naturales, principalmente aquellos de naturaleza intermitente, sufrieron una transformación significativa derivada de la expansión y la ocupación progresiva del territorio. Dichos drenajes fueron directamente rellenados para habilitar suelo urbanizable, lo que redujo la conectividad hidráulica natural y alteró los patrones de escorrentía superficial.

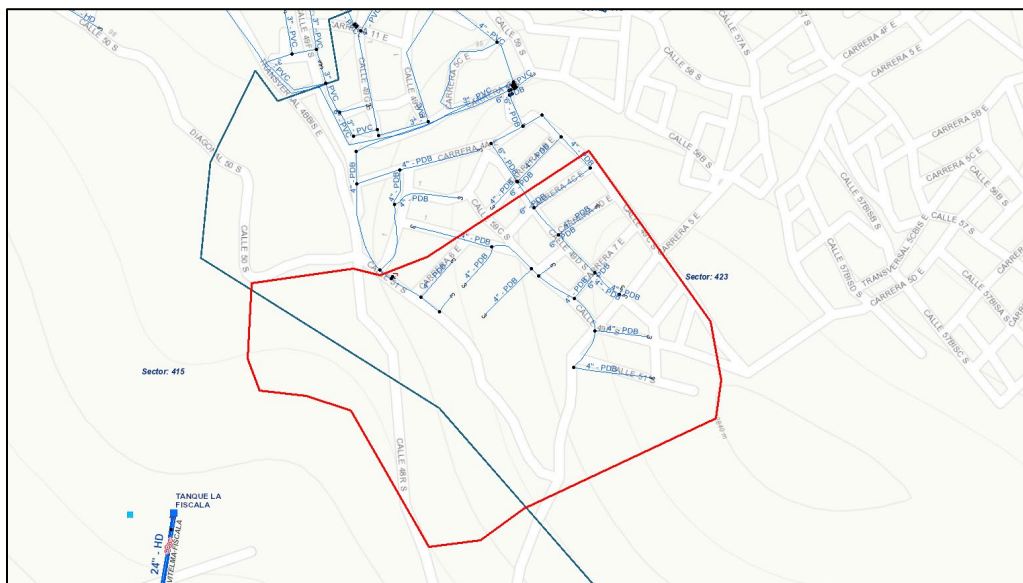
De forma complementaria, la sustitución de coberturas vegetales por superficies impermeables incrementó los caudales pico y disminuyó los tiempos de concentración, generando respuestas hidrológicas más rápidas ante eventos de lluvia. En numerosos casos, los cauces menores dejaron de cumplir su función de conducción y regulación, desapareciendo físicamente del paisaje.

8.2.8.1.3.1.2 Drenaje Artificial

A partir de lo reportado en el Sistema de Información Geográfico de la EAAB-ESP, los polígonos 1 y 2 hacen parte de la Zona Operativa 4, la cual corresponde a las localidades de San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Kennedy, Puente Aranda, Rafael Uribe Uribe y Ciudad Bolívar. A continuación, se realiza la descripción de los sistemas de acueducto y alcantarillado presentes al interior de cada polígono objeto de análisis.

Para el Polígono 1, no se identifica red matriz alguna perteneciente al sistema de acueducto, solamente se localizan redes menores. Aparentemente, todo el polígono cuenta con cobertura del servicio, identificándose diámetros de 4” y 6” en polietileno de baja densidad, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen:

Figura 55 Red menor de acueducto – Polígono 1

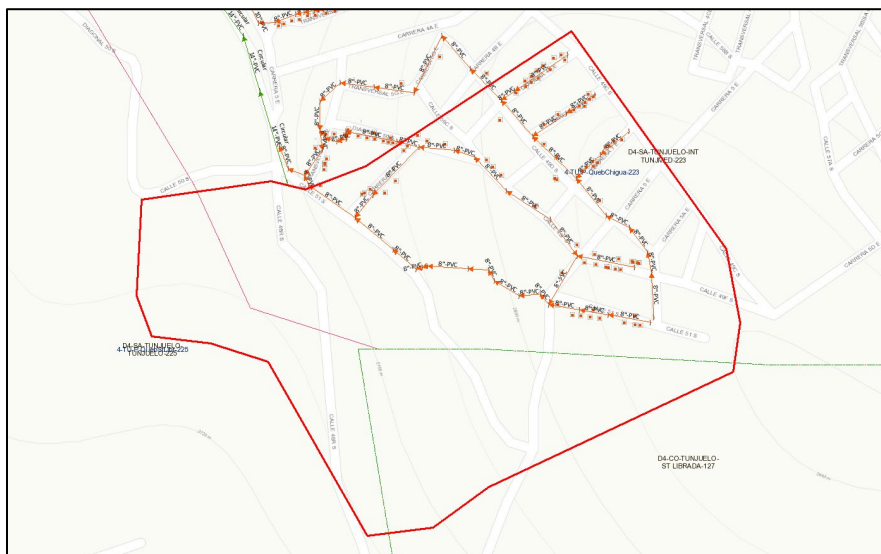


Fuente: Adaptado de SIGUE EAAB-ESP

Respecto a las redes de alcantarillado, el polígono 1 hace parte de la UGA 223 correspondiente al Interceptor Tunjuelo Medio. A partir de lo reportado en el Sistema de Información Geográfico de la EAAB-ESP, al interior del área objeto de análisis no existen redes pluviales, a diferencia de las redes sanitarias, que abarcan la totalidad del área, por lo que se concluye que el alcantarillado en el sector es combinado.

En la figura que se presenta a continuación, se relacionan las redes de alcantarillado existentes para el polígono 1, donde se observan colectores en PVC con un diámetro de 8”.

Figura 56 Red de alcantarillado – Polígono 1



Fuente: Adaptado de SIGUE EAAB-ESP

La ausencia de una red de alcantarillado pluvial formal (sistema combinado) y la impermeabilización del terreno por la expansión urbana, sumadas a la alteración histórica de los cauces intermitentes, generan que los caudales de escorrentía discurren de manera superficial y descontrolada por la Calle 60 Sur. Esta condición hidráulica constituye el factor detonante principal del proceso de remoción en masa (deslizamiento rotacional Ddr) identificado en el sitio crítico. El flujo libre de aguas lluvias erosiona la superficie y se infiltra en los depósitos de relleno antrópico (Qan), aumentando la presión de poros y disminuyendo la resistencia al corte del material.

8.2.8.1.3.2 Análisis Hidrológico, De Variabilidad Climática Y De Cambio Climático

La evaluación hidroclimatológica del sitio crítico se fundamenta en la información regional del Atlas Climatológico del IDEAM y los datos específicos de la Estación Meteorológica La Fiscala (Código 2120000107), administrada por el IDIGER y ubicada en el área de influencia directa del Polígono 1. Esta caracterización es fundamental para el Plan de Manejo Ambiental, ya que la saturación del suelo por precipitaciones intensas es el principal detonante del deslizamiento rotacional (Ddr) identificado en la zona.

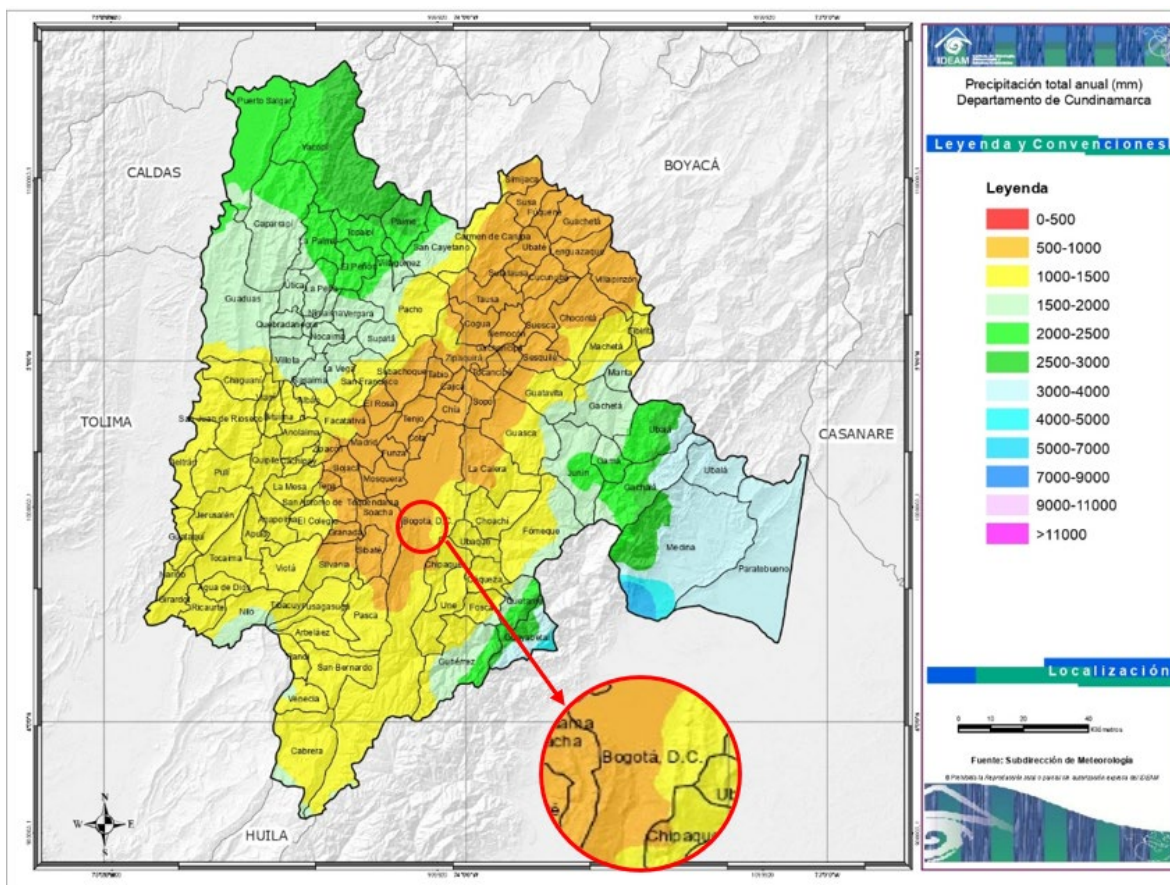
8.2.8.1.3.2.1 Caracterización Climatológica Regional

A nivel regional, la localidad de Usme presenta un gradiente climático fuertemente

condicionado por el relieve y su cercanía a los Cerros Orientales:

- **Precipitación Total Anual:** En el sector urbano de Usme, los acumulados oscilan entre 500 y 1000 mm/año, con una transición hacia condiciones menos lluviosas en la parte occidental.

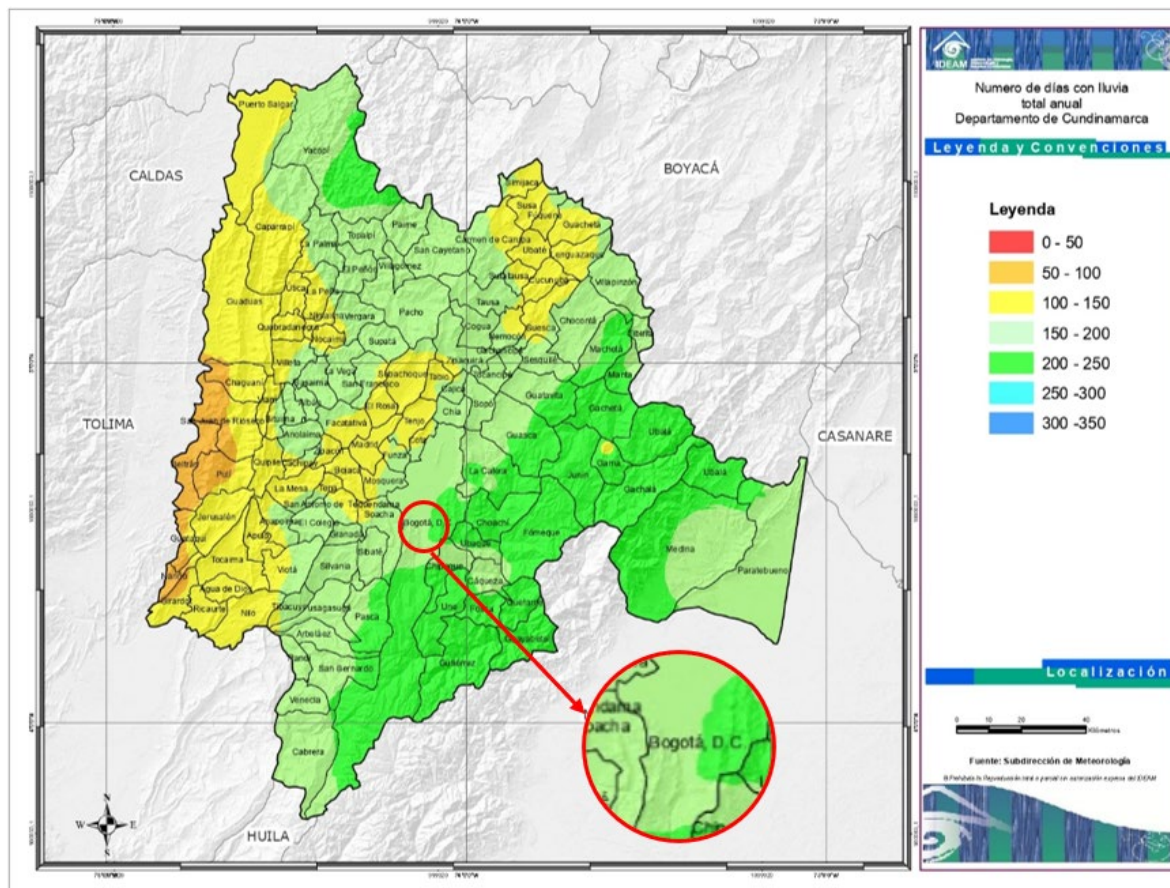
Figura 57 Valores de precipitación total anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.



Fuente: IDEAM, 2017.

- **Días con Lluvia:** Se registran predominantemente entre 150 y 200 días lluviosos al año.

Figura 58 59 Valores de No. de días de lluvia al año para el departamento de Cundinamarca y Bogotá

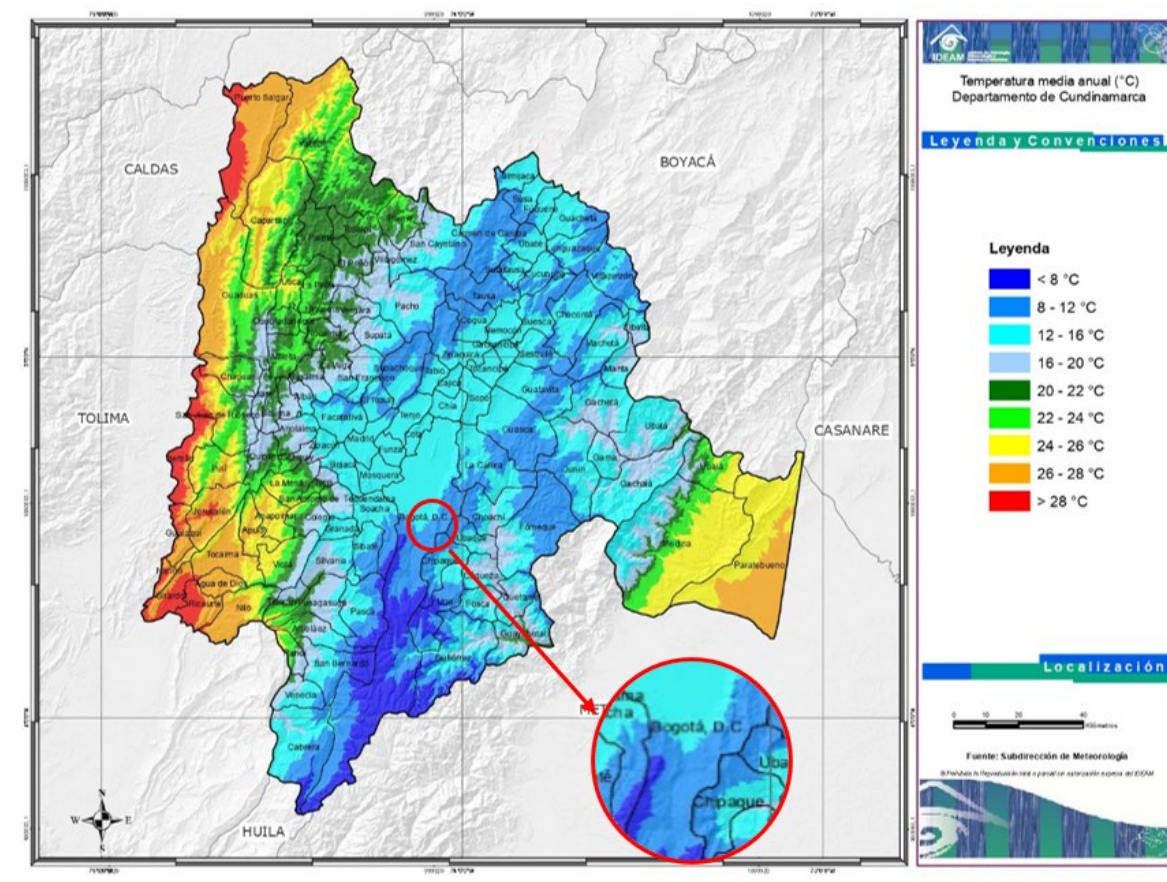


Fuente: IDEAM, 2017.

- **Temperatura Media:** Se identifica una transición térmica desde los 12 °C a 16 °C en las zonas urbanas de menor elevación, hasta los 8 °C a 12 °C en los sectores montañosos orientales.

8.2.8.1.3.2.2 Caracterización Climatológica Local (Estación La Fiscala)

Figura 60 Valores de temperatura media anual para el departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C.



Fuente: IDEAM, 2017.

8.2.8.1.3.3 Caracterización Climatológica Local (Estación La Fiscala)

Los datos registrados en la estación local confirman las condiciones específicas a las que estará sometida la obra de mitigación:

- **Régimen de Precipitación:** Se identifica un comportamiento bimodal con una precipitación media anual de 853.85 mm.
 - **Temporadas Húmedas:** La primera ocurre entre marzo y junio (con un máximo en abril de 109.54 mm), y la segunda entre octubre y noviembre

(alcanzando el máximo mensual del año en noviembre con 117.35 mm).

- **Temporadas Secas:** Se presentan al inicio y final del año, así como entre agosto y septiembre. El mes menos lluvioso es enero con 34.69 mm.
- **Precipitación Máxima en 24 Horas:** Los eventos de mayor intensidad, críticos para el diseño de manejo de aguas temporales en obra, ocurren en abril (56.70 mm), octubre (43.60 mm) y marzo (41.30 mm).
- **Régimen Térmico:** La estación presenta un comportamiento moderado y uniforme.
 - **Media Promedio: 14.28 °C**, con valores más altos entre enero y mayo (hasta 14.91 °C en marzo) y un periodo más frío en julio (13.23 °C) y agosto (13.46 °C).
 - **Máxima Promedio: 22.82 °C**, registrando el mayor valor mensual en enero (25.10 °C).
 - **Mínima Promedio: 8.62 °C**, presentando descensos importantes al inicio y final del año, con mínimas de 7.69 °C en enero y 7.75 °C en diciembre.

8.2.8.1.4 Cobertura Y Uso Del Suelo

A partir del sensor remoto; se realizó la interpretación de las unidades de cobertura de la tierra y uso actual del suelo, usando una clasificación manual; donde, se delinearon las áreas con vegetación, estructuras construidas, morfodinámica, entre otras, con el fin de estimar las características de los polígonos de estudio.

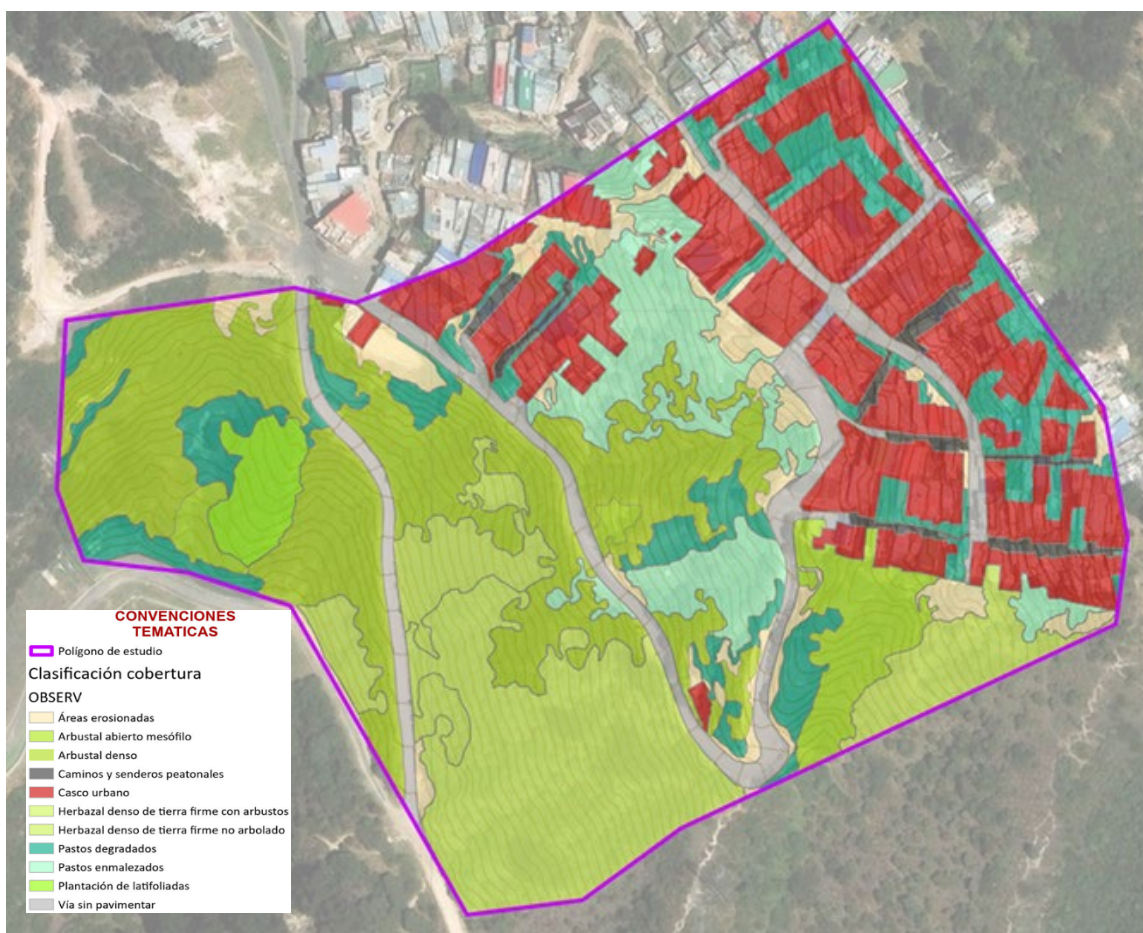
Con base en lo mencionado, se tuvo en cuenta la resolución y la confiabilidad de la imagen; donde, la interpretación en pantalla se realizó a una tercera parte de la escala de la imagen (1:300), aproximadamente.

Es importante mencionar, que, dependiendo del polígono a interpretar, se recurrió a escalas de interpretación mayor (1:250 o 1:200).

La tabla, muestra la relación de los sensores remotos que se utilizaron para la interpretación de la cobertura de la tierra para cada uno de los polígonos de estudio.

Como ya se mencionó, la clasificación tanto de la cobertura de la tierra como de los usos de suelos, se basó en los requerimientos de la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2010); la respectiva adaptación de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2016); y por el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático – IDIGER (Anexo único de la resolución 11 de 2022 - Términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa).

Figura 61 Cobertura de la tierra Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en la interpretación, la siguiente tabla presenta la leyenda de cobertura de la tierra obtenida para el área de estudio.

Tabla 8-27 Leyenda cobertura de la tierra Polígono 1

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (ha)	%
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1 Zonas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	1.1.1.2 Casco Urbano	-	-	1,43	21,25%
	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1 Red vial y territorios asociados	1.2.2.1.1 Red vial	1.2.2.1.1.2 Vía sin pavimentar	0,49	7,27%
	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1 Red vial y territorios asociados	1.2.2.1.2 Terrenos asociados a la red vial	1.2.2.1.2.7 Caminos y senderos peatonales	0,10	1,46%
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.3 Pastos	2.3.3 Pastos enmalezados	-	-	-	0,95	14,12%
	2.3 Pastos	2.3.4 Pastos degradados	-	-	-	0,79	11,64%
3. 3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1 Bosques	3.1.5 Plantación forestal	3.1.5.2 Plantación de latifoliadas	-	-	0,12	1,80%
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2 Arbustales	3.2.2.1 Arbustal denso	-	-	1,43	21,15%
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2 Arbustales	3.2.2.2 Arbustal abierto	3.2.2.2.2 Arbustal abierto mesófilo	-	1,09	16,12%
	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.3 Tierras desnudas y degradadas	3.3.3.1 Áreas erosionadas	-	-	0,35	5,19%
TOTAL						6,74	100,00%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las diferentes unidades de cobertura de la tierra, presentes en el área de estudio.

Casco urbano (1.1.1.2.)

Corresponde al núcleo de una población constituidas por un conjunto de edificios, viviendas o espacios que agrupan una población.

Vía sin pavimentar (1.2.2.1.1.2.)

Corresponde a las vías que presentan en su última capa de conformación, diferentes granulometrías como gravas o arenas, de una alta susceptibilidad al deterioro, pueden tener o no afirmado. Por lo general son vías que unen manzanas o cuadras del polígono de estudio.

Caminos y senderos peatonales (1.2.2.1.2.7.)

Hace alusión a las vías públicas, urbanas o rurales, diseñadas exclusivamente para la circulación segura de personas, separadas del tráfico vehicular. Suelen tener un ancho igual o menor a 2 metros, permitiendo el desplazamiento a pie, en sillas de ruedas o similares, minimizando riesgos de accidentes.

Pastos enmalezados (2.3.3.)

Corresponde a las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.

Pastos degradados (2.3.4.)

Pertenece a las coberturas de pastos que han sido afectados por causas antrópicas en grado alto. Se caracterizan por la discontinuidad de la cobertura y por el escaso vigor fisiológico de la misma; debido tanto a la pérdida de suelos como a la baja infiltración del agua, a lo largo del perfil de suelos, llegando al punto de marchitez.

Plantación de Latifoliadas (3.1.5.2)

Son las coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal; las cuales pueden ser usadas para plantaciones comerciales o plantaciones protectoras. En este proceso se constituyen rodales forestales, con especies nativas, preferiblemente.

Arbustal denso (3.2.2.1.)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular. Esta formación vegetal no ha sido

intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. Puede contener elementos arbóreos dispersos.

Arbustal abierto mesófilo (3.2.2.2.2)

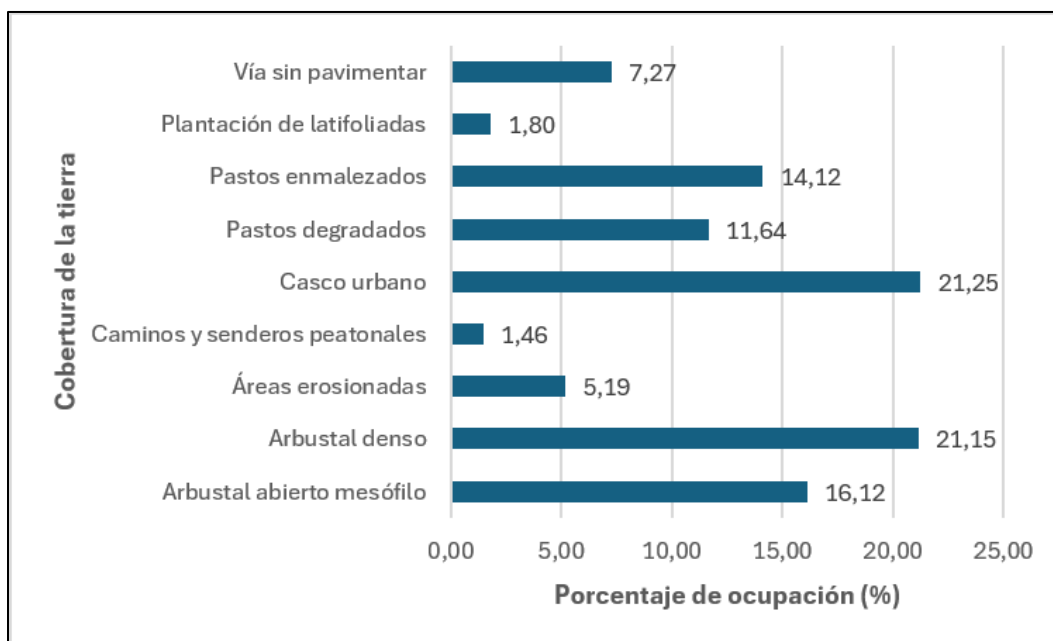
Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesófila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y árboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año.

Áreas erosionadas (3.3.3.1.)

Corresponde al desgaste o movimiento de las partículas de la superficie del suelo por acción del agua corriente, viento, hielo, gravedad u otros factores formadores de suelos.

De acuerdo con lo mencionado, la siguiente figura, muestra la distribución porcentual de cada una de las unidades de cobertura de la tierra que se identificaron al interior del área de estudio.

Figura 62 Distribución porcentual de la cobertura de la tierra Polígono 1



Fuente: Elaboración propia

Al observar los datos presentados en la siguiente tabla, se identifica un paisaje con una

marcada fragmentación donde el desarrollo humano y la vegetación natural mantienen un equilibrio numérico casi idéntico. Se aprecia que el 21,25% del área de estudio está dominada por el casco urbano, cifra que es prácticamente igualada por el arbustal denso, que ocupa un 21,15% del territorio. Esta cercanía entre ambos valores sugiere una zona donde la expansión urbana está en contacto directo y constante con áreas de vegetación densa.

A esta huella humana, se le debe añadir el componente de infraestructura de transporte, compuesto por vías sin pavimentar (7,27%) y senderos peatonales (1,46%), lo que eleva el impacto antrópico directo a casi un 30% del polígono total. Por otro lado, el uso del suelo, es evidente a través de los pastos, los cuales suman un 25,76% de la superficie; sin embargo, es preocupante notar que más de la mitad de estos, un 11,64%, se clasifican como pastos degradados, mientras que el 14,12% restante corresponde a pastos enmalezados.

El estado de conservación del terreno muestra señales de alerta, ya que además de los pastos en mal estado, se registra un 5,19% de áreas erosionadas. En conjunto, esto indica que aproximadamente el 17% del área de estudio presenta problemas de salud del suelo. En contraste, las zonas de arbustales cubren un 37,27% del polígono, funcionando probablemente como zonas de transición. Finalmente, la bajísima presencia de plantaciones de latifoliadas (1,80%) refleja que no hay una actividad de reforestación o silvicultura significativa que compense la degradación observada o la presión del crecimiento urbano.

8.2.8.1.4.1 Análisis Multitemporal Procesos De Minería

El análisis multitemporal realizado con fotografías e imágenes de los años 1984, 2004 y 2021 confirma la ausencia total de procesos de minería o explotación de canteras, ya sean actuales o abandonadas, en el interior del área de estudio

Año de 1984

A partir del análisis del vuelo C-2161, correspondiente al año 1984, se encuentra una ladera estructural muy abrupta (Slma) junto a una cima estructural correspondiente a una superficie de poca pendiente más denudada (Sc), en contacto a la ladera se encuentra una ladera muy inclinada (Slmi).

Sobre la ladera denudada estructural muy abrupta, una vía carretable de sentido norte-sur con un tramo secundario en construcción, creadas con el fin de dar seguimiento a la expansión del naciente barrio.

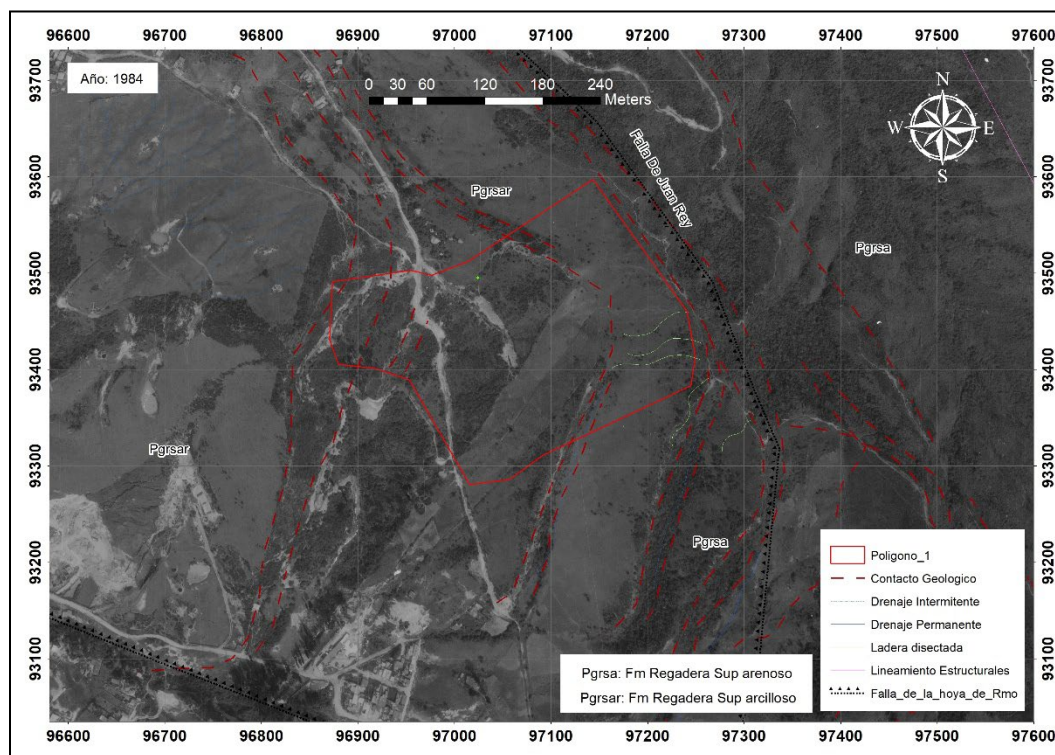
Frente a la urbanización en la zona, no se aprecia presencia de edificaciones ni urbanizaciones, cercanas al área de estudio.

Sobre la ladera, se aprecian drenajes permanentes observables hacia el nor-este del área de estudio; las aguas pluviales drenan hacia la carretera principal. Por su parte se observan laderas disectadas evidencia clara de erosión hídrica de drenajes intermitentes presentes en el área de interés y también son evidencia del alta pendiente de la ladera estructural abrupta.

Con base tanto en las características geomorfológicas, mencionadas anteriormente, como en las características climáticas y de zona de vida (bs-MB); la zona de estudio, presenta hacia el este, una cobertura relacionada con pastos limpios; mientras que, hacia el oeste, la vegetación predominante corresponde a arbustales abiertos mesófilos.

Por lo tanto y de acuerdo con el objetivo de la multitemporalidad, para 1984, en la zona de estudio no existían procesos extractivos relacionados con la minería o canteras activas o abandonadas

Figura 63 Fotointerpretación 1984 polígono 1



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

Como se aprecia, para 1984, en el interior del área de estudio, los procesos morfodinámicos se encuentran asociados a las vías de acceso que se están realizando para dicha década ni actividad minera.

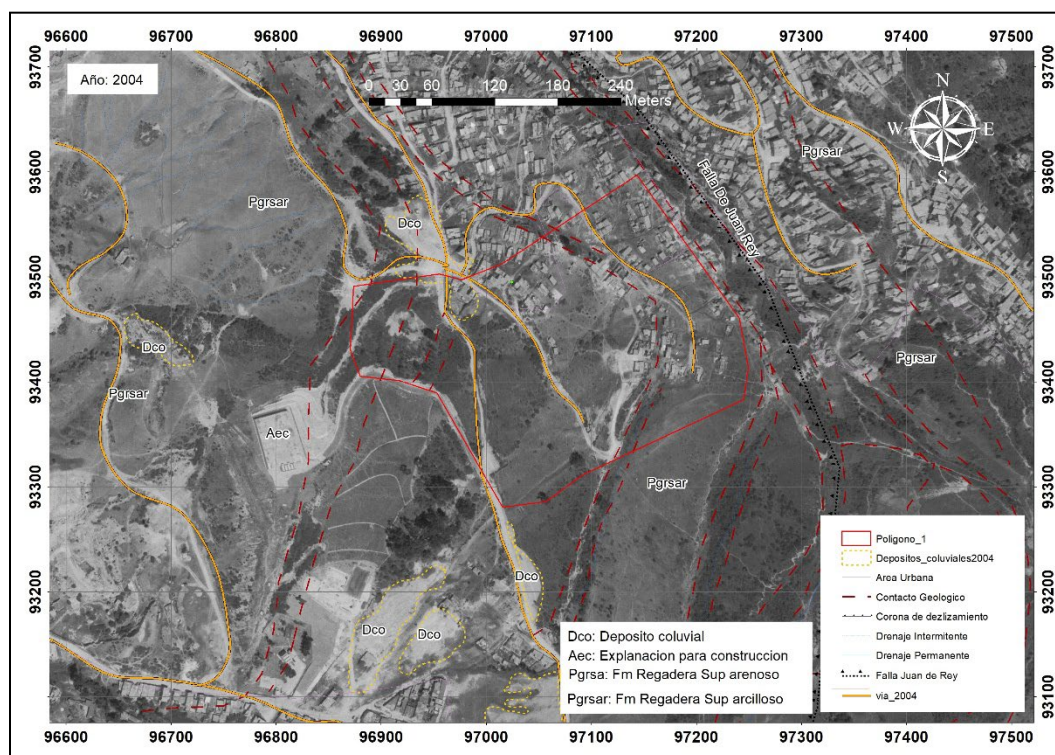
Año de 2004

Para esta década, el vuelo C-2717 se puede observar que el ambiente antrópico ya predomina en el área de estudio; la expansión urbana del barrio Diana Turbay, viene desde 1992; donde las primeras construcciones fueron hacia la Diagonal 49i Sur con carrera 5g Este. Posteriormente, hacia el año de 1999, se aprecia una expansión significativa del barrio Diana Turbay; dónde, las obras antrópicas cubren ya el 50% del área de estudio cubriendo la mayoría de los rasgos geomorfológicos presentes en las laderas; y por consiguiente, alterando la vegetación natural asociada al bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

La geomorfología original, ha sido modificada en su totalidad; solo se mantienen algunos drenajes permanentes; la creación y aumento de la malla vial y la explanación realizada a

los suelos para la creación de viviendas a permitido el modelado casi en su mayoría del terreno (Figura 3-82).

Figura 64. Fotointerpretación 2004 polígono 1



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

Como se puede apreciar, al interior del área de estudio, los procesos morfodinámicos se encuentran asociados, principalmente, a fallas en los taludes de corte a lo largo del tramo vial principal. Además, no se identifican procesos extractivos (minería o canteras activas o abandonadas).

Hacia el sur del área de estudio, se puede observar cómo se ha aprovechado el material de los depósitos coluviales (Dco), creando zonas de notable erosión, pero reduciendo el flujo de detritos.

Año de 2021

Para este año, no se identificaron "... procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)" (Figura 3-83).

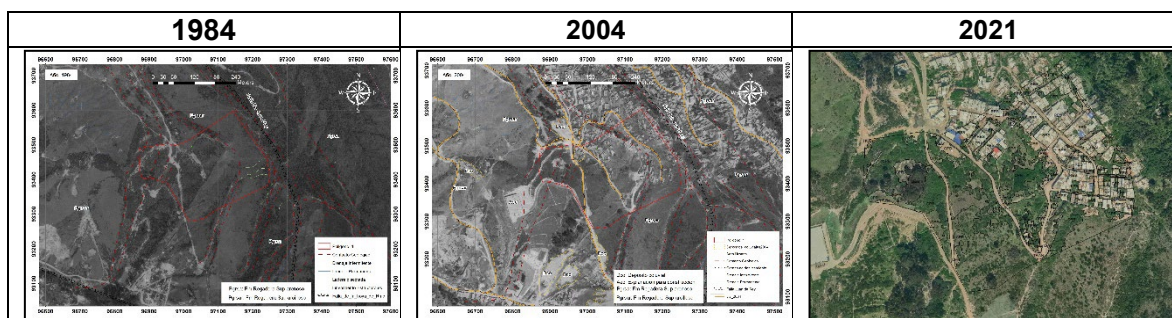
Figura 65 Interpretación 2021 polígono 1



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

La Figura 3-84, muestra de manera general, la comparación de la ausencia de actividades de minería o explotación de canteras, entre el año 1984 y 2021, al interior del área del polígono 1.

Figura 66. Comparación del uso del suelo relacionado con los procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)

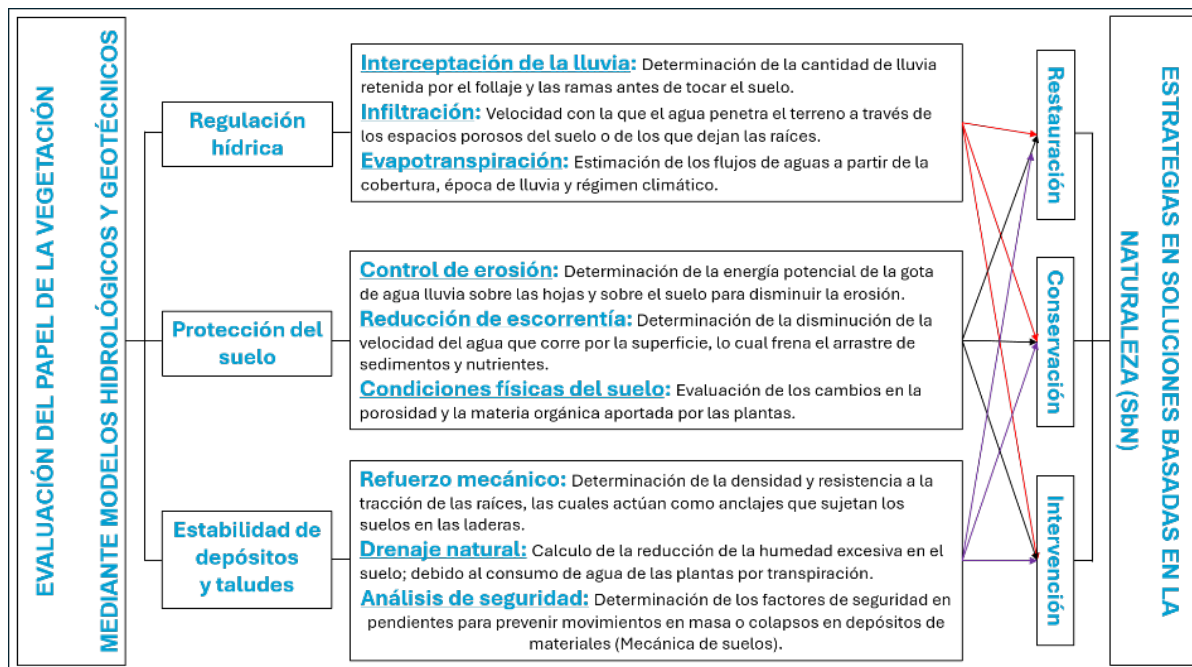


Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

8.2.8.1.4.2 Desempeño De La Vegetación

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, las condiciones y modificaciones de la cobertura vegetal, influyen en la evolución de procesos morfodinámicos de inestabilidad de los suelos; tales como movimientos en masa, erosión e infiltración. Por lo tanto, el rol de la vegetación, determina el comportamiento hidrológico, las relaciones de cobertura y la estabilidad geotécnica. Esto permite determinar la infiltración del agua, la retención de sedimentos y la firmeza del terreno en pendientes o depósitos antrópicos. La siguiente figura, muestra la evaluación del papel de la vegetación frente a las estrategias basadas en la naturaleza (SbN).

Figura 67 El papel de la vegetación como estrategia para las SbN



Fuente: CONSORCIO ADAPTACIÓN 2025

Como se aprecia y con base en lo mencionado, se considera que la vegetación de porte arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, pastos degradados, pastos enmalezados y las plantaciones de latifoliadas; juegan un papel fundamental en el comportamiento hidrológico forestal y en la estabilización mecánica de los suelos.

Es importante mencionar, que dependiendo de las características morfológicas (tipo de copa, tipo de hoja, fuste, etc.), radicales y de uso; cada especie vegetal, cumple una función para la restauración, conservación, o intervención.

A partir de lo descrito con anterioridad, se concluye que:

- El área del Polígono 1, se caracteriza por una coexistencia equilibrada entre el desarrollo urbano y los ecosistemas naturales de arbustal, donde el casco urbano ocupa un 21,25% y el arbustal denso un 21,15%. En términos de planificación, el territorio posee una vocación mayoritariamente conservacionista, ya que el 68,22% de su superficie está asignada al uso de protección (CPR). A pesar de este marco normativo, el estado físico del suelo revela procesos de deterioro importantes: la suma de los pastos degradados (11,64%) y las áreas erosionadas (5,19%) indica

que casi el 17,00% del polígono presenta problemas de estabilidad o pérdida de capacidad biológica. El uso residencial, se mantiene en un 21,25%, apoyado por una red de transporte que representa el 7,27% del suelo, mientras que las acciones forestales protectoras son mínimas, alcanzando solo un 1,80% de ocupación actual.

- Como se mencionó, al interior del polígono 1, no se presentan situaciones precedentes o actual de uso del suelo, relacionadas con procesos de minería o explotación de canteras (actuales o abandonadas)".
- A pesar de estar tan intervenido el polígono 1, las coberturas relacionadas con arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, pastos degradados, pastos enmalezados y plantación de latifoliadas; cumplen funciones de recuperación y protección.
- Con base en lo mencionado, la Tabla 3-32 presenta la incidencia tanto de la cobertura de la tierra actual como del uso actual del suelo sobre la estabilidad de los suelos que hacen parte del área de estudio.

8.2.8.1.5 Componente Atmosférico

8.2.8.1.5.1 Línea Base de Calidad de Aire

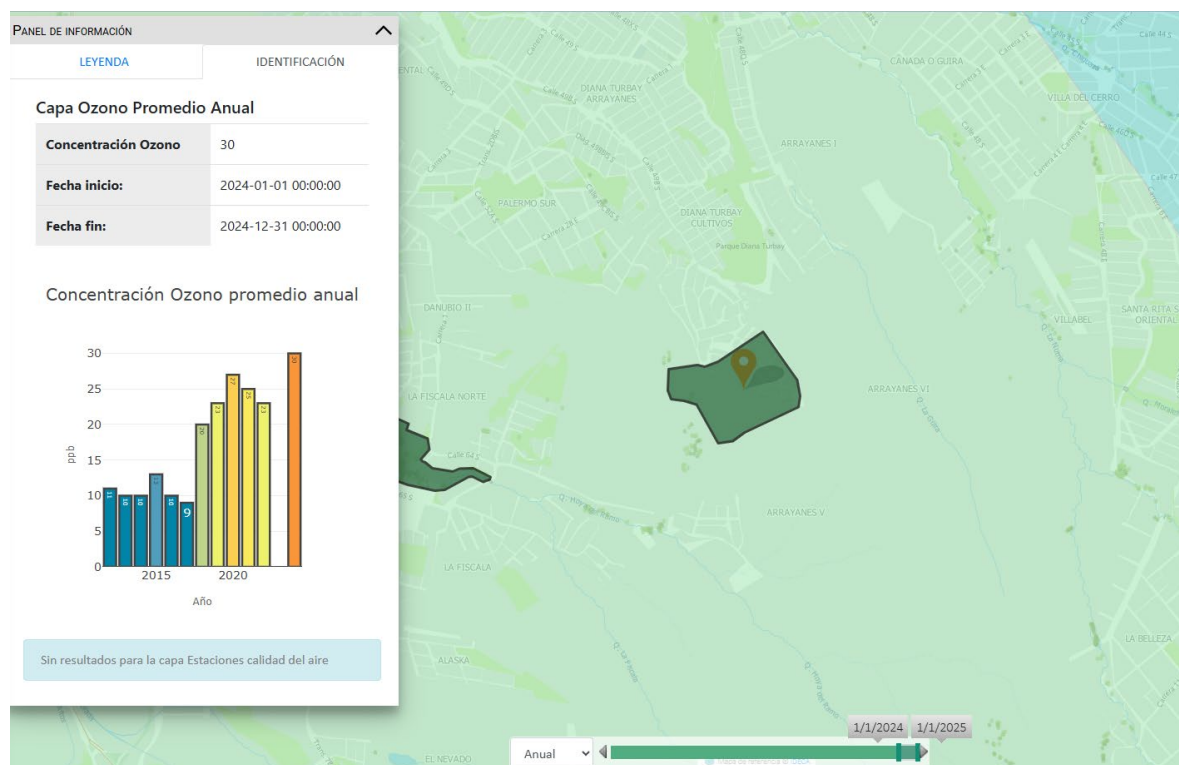
Para establecer las condiciones iniciales del recurso aire en el área de influencia del proyecto, se toma como referencia la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). La estación oficial más representativa y geográficamente más cercana a la zona de intervención (Polígono 1) es la **Estación Usme** (Código de estación: USM), la cual se encuentra ubicada en la Carrera 11 # 65 D 50 Sur.

Esta estación permite monitorear el comportamiento histórico de los contaminantes criterio en la zona, especialmente el Material Particulado (PM10 y PM2.5). Las condiciones atmosféricas locales en el área de estudio (barrios San Martín y Diana Turbay) están influenciadas por la presencia de zonas con pastos degradados, áreas erosionadas y un porcentaje significativo de vías sin pavimentar (7.27% del uso del suelo), lo que genera una condición basal de susceptibilidad al levantamiento de polvo por acción eólica o por el tránsito vehicular local.

8.2.8.1.5.1.1 Ozono Promedio Anual

Concentración Actual: De acuerdo con los registros espaciales, para el periodo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de diciembre de 2024, la concentración de **ozono promedio anual en el polígono de estudio es de 30 ppb** (partes por billón).

Figura 68 Ozono Promedio Anual

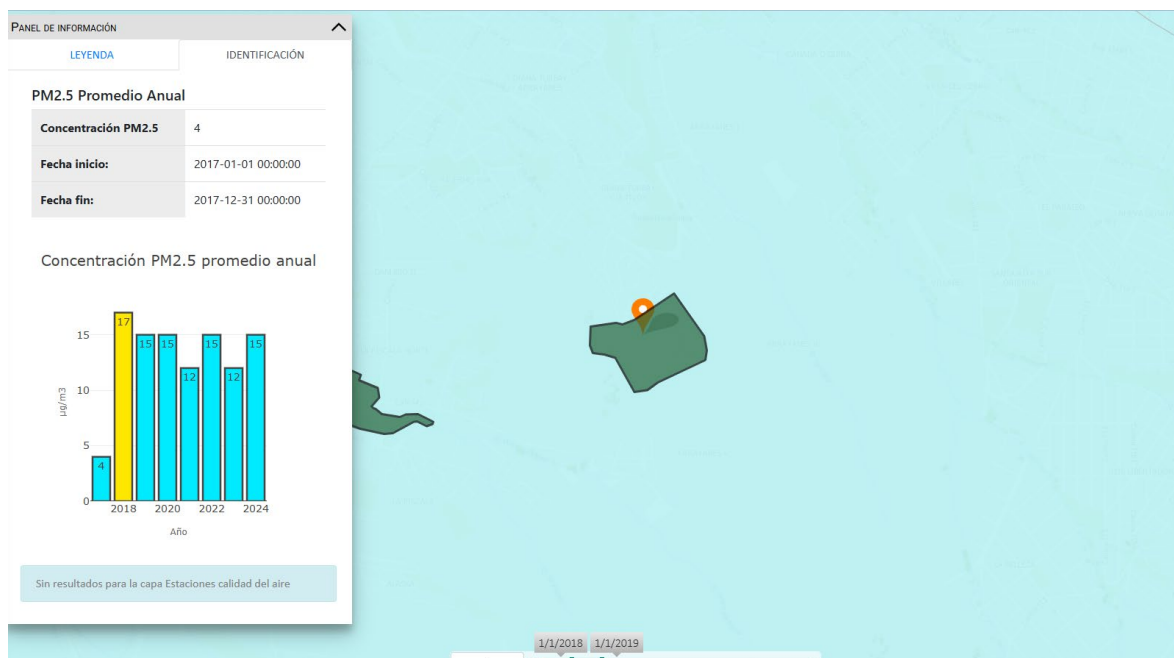


Fuente: <https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/>

8.2.8.1.5.1.2 Material Particulado Fino (PM2.5)

De acuerdo con los registros espaciales, las concentraciones de PM2.5 en la zona de estudio mantienen un comportamiento fluctuante pero estable en los últimos años. Tras un registro atípicamente bajo en 2017 ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la concentración promedio anual alcanzó un pico de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2018. Desde entonces (2019 a 2024), los valores se han estabilizado oscilando entre los **$12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , cerrando el año 2024 con un promedio anual de **$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Estos niveles establecen una línea base de atención moderada frente a las emisiones de obra

Figura 69 Material particulado fino (2.5pm) Promedio Anual

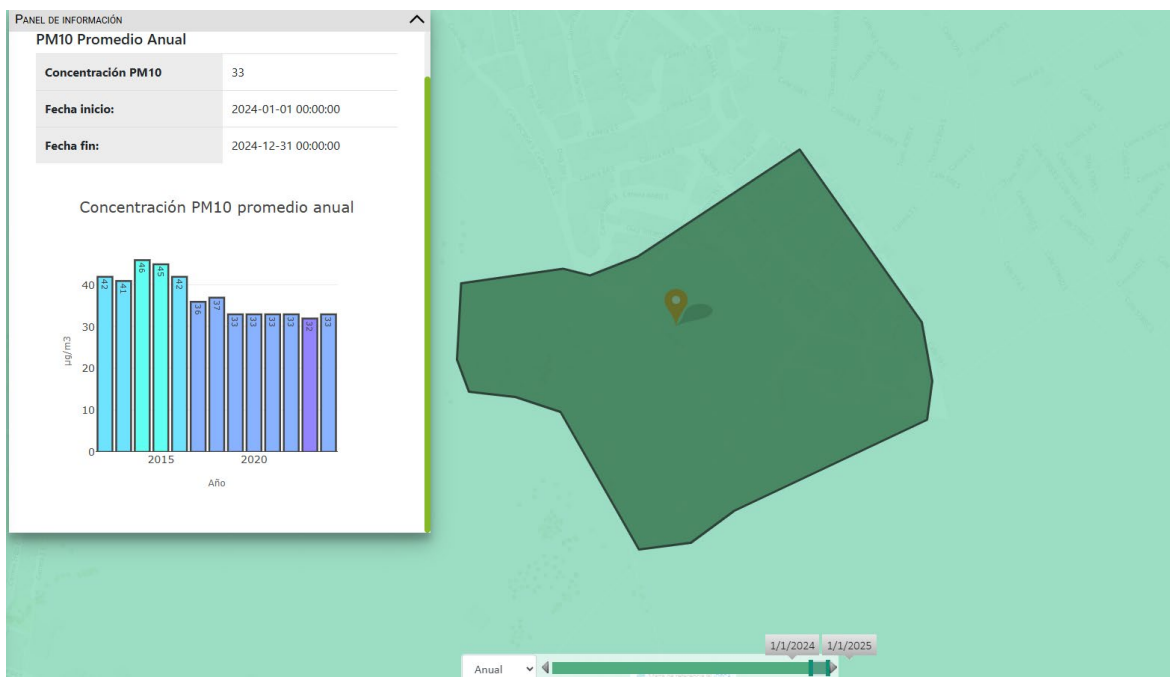


Fuente: <https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/>

8.2.8.1.5.1.3 Material Particulado Fino (PM10)

De acuerdo con los registros de promedios trimestrales, la zona presenta una carga constante de material particulado suspendido con fluctuaciones marcadas. Históricamente, se registraron picos que superaron los $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entre 2014 y 2016). En los años más recientes (2020 a 2024), las concentraciones trimestrales se han estabilizado, oscilando generalmente entre los $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta carga basal confirma la influencia del tránsito local sobre vías no pavimentadas y áreas desprovistas de cobertura vegetal.

Figura 70 Material particulado fino (10pm) Promedio Anual



Fuente: <https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/>

8.2.8.1.5.1.4 Ruido Diurno Ordinario dB (A) 2018-2021

El análisis espacial evidencia dos dinámicas acústicas contrastantes dentro de la zona de intervención:

Interior del Polígono (Área de Conservación): La mayor parte del área de estudio (zona de ladera y arbustales) mantiene niveles de presión sonora continuos equivalentes muy bajos, oscilando entre **35.1 y 45 dB(A)** (tonos verdes). Esto confirma su vocación de área de protección con un ambiente acústicamente tranquilo.

Bordes Urbanos (Área de Interacción): Hacia los límites del polígono que colindan con el tejido urbano y la malla vial (especialmente el borde norte y nororiente), el ruido se incrementa gradualmente debido a las dinámicas diarias de transporte y la actividad residencial. En estas franjas se registran niveles de **45.1 a 55 dB(A)** (tonos amarillos y naranjas), alcanzando picos de **60.1 a 65 dB(A)** (tonos rojos) sobre las vías perimetrales.

8.2.8.1.5.1.5 Ruido Nocturno Ordinario dB (A) 2018 – 2021

Interior del Polígono (Área de Conservación): A lo largo de todos los escenarios, la mayor parte del área de estudio (zona de ladera y arbustales) mantiene niveles de presión sonora continuos equivalentes muy bajos. Durante el día oscilan entre **35.1 y 45 dB(A)**, y durante la noche descienden a los rangos más bajos de la escala (**<35 a 40 dB(A)**). Esto confirma su vocación de área de protección con un ambiente acústicamente de alta tranquilidad.

Bordes Urbanos (Área de Interacción): Hacia los límites que colindan con el tejido urbano residencial (borde norte y nororiente), el ruido está dictado por las dinámicas de transporte local. Durante el día ordinario, se registran niveles de **45.1 a 55 dB(A)** con picos sobre las vías. En el escenario **Nocturno Ordinario**, el ruido desciende levemente en las franjas de transición, consolidándose entre **45.1 y 55 dB(A)**.

8.3 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

8.3.1 OBJETIVOS

Para efectos del análisis estructural, el pilote se idealiza como una viga en voladizo empotrada en el suelo, solicitada por la resultante de la presión activa de Rankine. La sección crítica de cortante se ubica en el nivel de empotramiento efectivo, y es la que se verifica en el presente cálculo.

8.3.1.1 Objetivos específicos

- La divulgación clara del alcance, actividades y resultados esperados
- La participación efectiva de actores clave
- La gestión adecuada de la información durante todas las fases del estudio
- Establecer los criterios del programa de información y divulgación según las actividades de los diferentes programas del componente.
- Definir los parámetros del programa de participación y Servicio a la ciudadanía.
- Establecer los mecanismos de gestión adecuada y oportuna a las PQRS.
- Establecer el recurso humano necesario para el cumplimiento del Plan de Gestión Social el desarrollo de la etapa de obra.
- Determinar las líneas estratégicas, programas y actividades a desarrollar en la etapa constructiva del proyecto.
- Establecer los requerimientos para la elaboración de las piezas de divulgación del proyecto, la atención al ciudadano y espacios de dialogo con la comunidad.
- Establecer los períodos de reportes del Plan que se deben entregar a la supervisión, para informar sobre la gestión realizada durante la etapa obra.
- Presentar el cronograma general del componente social.

8.3.2 TALENTO HUMANO

Tabla 8-28 Talento humano requerido fase de ejecución de obra

CARGO	PERFIL	ACTIVIDADES PRINCIPALES
RESIDENTE SOCIAL	Profesional del área social, trabajador social, sociólogo, antropólogo, comunicación social, psicólogo,	1. Coordinar, supervisar y responder por el desarrollo de los programas del Plan de Gestión Social. 2. Cumplir las obligaciones sociales contempladas en los pliegos de condiciones del contrato. 3. Dirigir e implementar las medidas sociales establecidas en el del plan de Gestión.

CARGO	PERFIL	ACTIVIDADES PRINCIPALES
	con experiencia profesional no menor de tres (3) años y específica de un (1) año en el componente social en proyectos de infraestructura	<ol style="list-style-type: none"> 4. Elaborar la metodología y cronogramas de actividades de cada una de las acciones establecidas en el plan. 5. Entregar los soportes de la gestión a la interventoría. 6. Representar al Contratista en las actividades del Plan de Gestión señaladas en el presente apéndice. 7. Mantener el conducto regular de comunicación con la supervisión, la interventoría, el equipo de trabajo del constructor y la comunidad. 8. Asistir y participar en los comités de seguimiento y cumplir. 9. Asistir, participar y organizar las reuniones que se realicen con la comunidad y cumplir con los compromisos adquiridos. 10. Asistir, participar y organizar a todas las reuniones extraordinarias. 11. Elaborar y realizar los trámites respectivos de las piezas divulgativas. 12. Entregar soportes semanales a la interventoría. 13. Dirigir y coordinar el Punto de Información. 14. Organizar en archivo cada uno de los programas del Plan de Gestión Social, el cual debe estar disponible en cualquier momento para la interventoría y a la supervisión. Este archivo será entregado por el contratista como soporte del informe final. 15. Coordinar y verificar la distribución de las Piezas de Divulgación en el área de influencia directa e indirecta. 16. todas aquellas actividades relacionadas para el cumplimiento del Plan de Gestión Social.
GUIA CIVICO	Estudiante o recién egresado de carreras sociales o afines	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoyar el desarrollo de Plan de Gestión Social. 2. Realizar la distribución del material de comunicación. 3. Apoyar el montaje y mantenimiento de Puntos de información. 4. Apoyar el desarrollo de las convocatorias con la comunidad para las reuniones y diferentes actividades que se requieran. 5. Mantener contacto asertivo con la comunidad. 6. Apoyar la identificación y recepción de los requerimientos ciudadanos. 7. Realizar apoyo logístico a las actividades que se requieran desde el componente social. 8. Apoyar las actividades relacionadas para el cumplimiento de la gestión social.

Fuente: Elaboración propia

8.3.3 ACTIVIDADES PREVIAS

El Contratista presentará un documento metodológico que defina de manera detallada los mecanismos, procedimientos y estrategias para el desarrollo de los lineamientos, objetivos

y programas del Plan de Gestión Social, los cuales se desarrollarán durante la ejecución del contrato.

A continuación, los productos:

- **Plan de Gestión Social** con la metodología y el cronograma, donde se deben desarrollar las líneas estratégicas.
- **La metodología** para el desarrollo de cada uno de los programas establecidos en el presente documento, soportada en las características del área de influencia indirecta y directa a intervenir en cada frente de obra, la cual incluya la forma de entrega de la información a la ciudadanía, reuniones propuestas, y contenido de las piezas de comunicación, ubicación y horario de atención del punto de información a la comunidad, y cronograma.
- **Formulación de indicadores de impacto**, productividad, eficacia, eficiencia, entre otros, que permitan medir los objetivos y las acciones desarrolladas en el marco del Plan de Gestión social, con el fin de posibilitar la evaluación semanal para el pago mensual.
- **Informe final** seguimiento y evaluación del Plan de Gestión Social, la cual se implementará en el desarrollo del contrato, cuyos resultados serán presentados en este documento.

8.3.4 PROGRAMA DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD

8.3.4.1 Servicio a la ciudadanía

Este programa está enfocado a la atención y servicio a la ciudadanía, con el fin de registrar oportunamente todos los requerimientos ciudadanos o PQRSD (Peticiónes, Quejas, Reclamos, Sugerencias y Denuncias) en el sistema oficial de la entidad.

✓ **Objetivo**

Atender, gestionar y tramitar las PQRSD de la ciudadanía de manera eficaz, veraz y oportuna, para generar confianza en la ciudadanía y promover mecanismos adecuados de diálogo en torno al proyecto.

8.3.4.2 Dialogo y participación ciudadana

Generar un espacio permanente de encuentro, diálogo y atención a la ciudadanía con el fin

de promover el conocimiento, la apropiación y corresponsabilidad con el desarrollo del proyecto, para minimizar los efectos sociales y económicos.

El programa de Diálogo y Participación Ciudadana cuenta con las siguientes acciones

- a) El Contratista deberá ubicar y gestionar los sitios de reunión dentro del área de influencia directa del proyecto, verificando la capacidad y adecuación para la realización de la reunión, previa aprobación de la interventoría.
- b) Las convocatorias se realizarán mediante volante puerta a puerta a los predios del área de influencia directa del proyecto y digital a todas personas que se tengan en la base de datos de los directorios del proyecto. Además, mediante comunicación oficial a las entidades locales y a las distritales que se requieran; así mismo a las organizaciones sociales, y organizaciones comunitarias. Los volantes se ubicarán en puntos estratégicos del área de influencia.
- c) Las convocatorias se deberán realizar cinco días antes de la fecha de reunión. El volante de convocatoria deberá ajustarse a los parámetros establecidos por la supervisión y deberá contar con la aprobación de la Interventoría. Como soporte de la gestión de convocatoria se levantará un registro de entrega de volantes en el formato establecido.
- d) El contratista debe informar: las características del contrato, los equipos responsables por cada una de las partes (contratista, interventoría y supervisión), la etapa y estado del momento del contrato; igualmente, registro fotográfico y/o fílmico del seguimiento de las obras; Además, creará un espacio para la solución de inquietudes formuladas por parte de los asistentes.
- e) El contratista levantará los registros de asistencia y fotográfico de las diferentes reuniones, así como el acta, donde se realizará la síntesis de lo ocurrido.
- f) Los horarios en los que se realicen las reuniones informativas deberán establecerse de acuerdo con la disponibilidad general de la comunidad. La asistencia a las reuniones informativas, principalmente las de inicio, avance y finalización, es obligatoria para las áreas técnicas, ambiental, social, tráfico y SST, así como para el director del Contratista y de la Interventoría.

- g) Los registros correspondientes a actas, listados de asistencia, registros fotográficos y soportes respectivos, serán debidamente organizados, archivados y presentados en los respectivos informes de gestión.

8.3.5 PROGRAMA DE DIVULGACIÓN

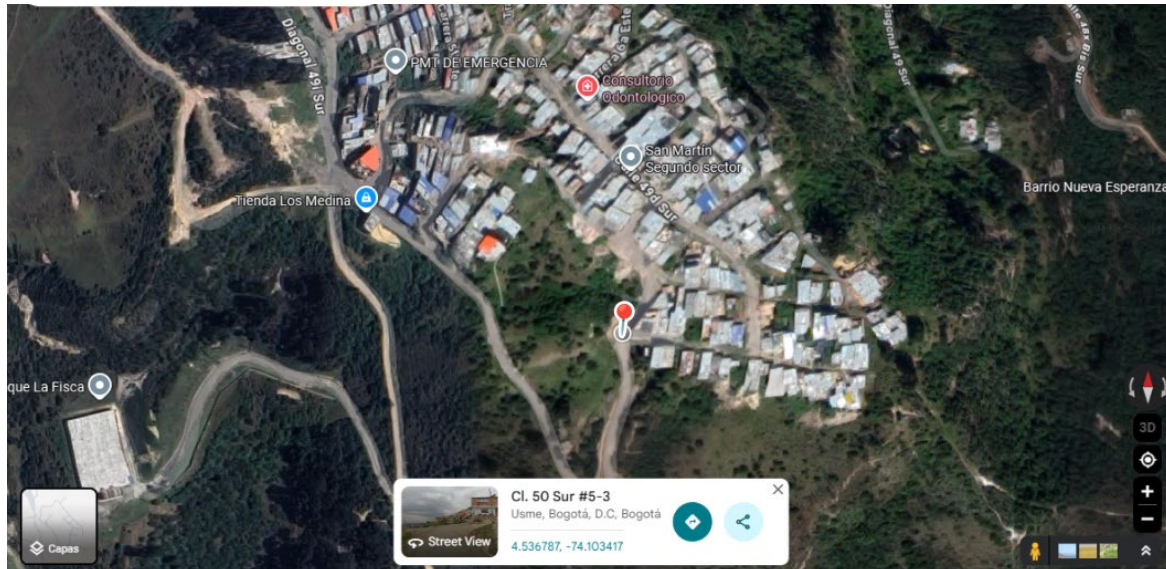
Para la realización de las reuniones, el principal enlace de coordinación es el presidente de la Junta de Acción Comunal del barrio San Martín. Durante la fase de estudios y diseños, los encuentros se llevaron a cabo en el garaje de una vivienda dispuesto por la comunidad para este tipo de actividades, debido a que el barrio no cuenta con un salón comunal u otro espacio comunitario destinado para reuniones. A continuación, se presentan los datos de contacto de los principales actores del territorio.

Tabla 8-29 Contacto de actores principales

CARGO	NOMBRE	CONTACTO
Presidente de la Junta de Acción Comunal Barrio San Martín	Carlos Chilatra	3114621658
Administrador Ambiental del Parque Distrital y de Montaña Entre nubes - Profesional de Apoyo a la Administración del Parque (Secretaría Distrital de Ambiente)	Edwin Fabián Patiño	3228425532

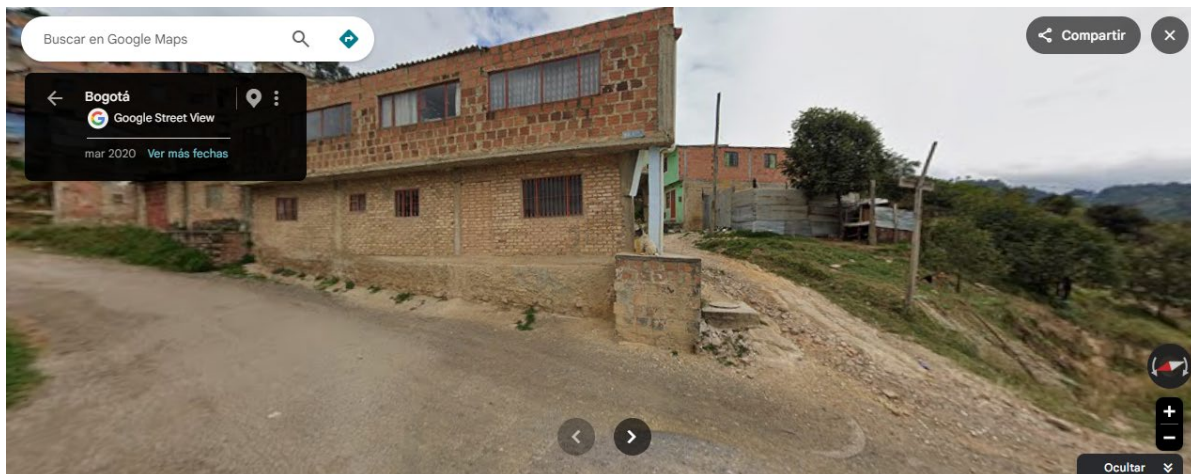
Fuente: Elaboración propia

Figura 8-71 Localización sitio de reuniones



Fuente: Google Maps, 2026

Figura 8-72 Ubicación sitio de reuniones



Fuente: Google Maps, 2026

8.3.5.1 Reuniones de inicio

El Contratista realizará como mínimo una reunión de inicio quince días antes de comenzar el proceso constructivo, la cual será aprobada por la Interventoría y avalado por la supervisión. A dichas reuniones serán convocados los actores sociales involucrados.

El objetivo de esta actividad es informar a la comunidad ubicada en el Área de Influencia

Directa- sobre el inicio del Proyecto, así como las características técnicas, ambientales, sociales, las etapas y los programas que se desarrollaran.

Los temas que se abordarán serán:

- a) Presentación de los equipos para el proyecto: supervisión, interventoría (residentes de obra, de las áreas técnica, ambiental y social), y contratistas (residentes de obra y de las áreas técnica, ambiental y social).
- b) Diseño definitivo y características de diseño urbano, explicación detallada del proyecto y de las obras, con sus etapas, cronograma y presupuesto.
- c) Medidas de manejo previstas para cada uno de los impactos identificados (componentes: dialogo ciudadano y comunicación estratégica y ambiental).
- d) Plan de Manejo de Tráfico – PMT – zonas de cargue y descargue, para comerciantes e industriales, señalización provisional, accesibilidad peatonal y vehicular.
- e) Accesos vehiculares a predios: Normatividad vigente, requisitos establecidos para la definición de rampas de acceso vehicular.
- f) Canales de información dispuestos para la atención de la ciudadanía
- g) Programa de Cultura Ciudadana.

8.3.5.2 Reuniones de avance

Se debe realizar como mínimo una reunión de avance al cumplirse el 50% de avance de obra (avance aprobado por la interventoría y recibido por la supervisión), durante esta reunión se suministrará información sobre:

Los temas que se abordarán serán:

- a) Presentación de los equipos para el proyecto: de la supervisión, la interventoría (residentes de obra, de las áreas técnica, ambiental y social), del Contratistas (residentes de obra y de las áreas técnica, ambiental y social).
- b) Estado de las obras y cronograma de ejecución de las actividades faltantes (vías, espacio público, etc.).
- c) Informe de avance del contrato del Plan de Gestión Social.
- d) Informe de avance en la ejecución del contrato por componentes.
- e) Cronograma de ejecución de las obras por ejecutar.

8.3.5.3 Reunión de finalización

El contratista debe realizar como mínimo una reunión de finalización, al cumplirse el 95% de obra y terminación de las actividades constructivas. Se abordarán los siguientes temas:

Los temas que se abordarán serán:

- Presentación de los equipos para el proyecto: de la supervisión, la interventoría (residentes de obra, de las áreas técnica, ambiental y social), del Contratistas (residentes de obra y de las áreas técnica, ambiental y social).
- Etapas ejecutadas
- Presentación de resultados y evaluación de las áreas técnicas, ambiental y de Gestión Social.
- Cronograma de ejecución de obras faltantes o por ejecutar.
- Secuencia fotográfica o fílmica de la obra
- Beneficios y recomendaciones para el mantenimiento de la obra.

8.3.5.4 Reuniones informativas extraordinarias

Se realizarán reuniones extraordinarias en el caso de presentarse situaciones imprevistas que ameriten informar en el marco del contrato o a solicitud de la Interventoría, la supervisión, la comunidad, actores políticos, o grupos interesados.

8.3.6 COMITÉ PARTICIPATIVO

El Contratista, deberá establecer un comité participativo, cual estará integrado por líderes de la comunidad, comerciantes, representantes de agremiaciones, representantes de colegios, instituciones de salud, representantes de las alcaldías locales. Su conformación se realizará en las reuniones informativas de inicio, aunque las personas interesadas podrán inscribirse a lo largo del proyecto.

Pasos para la consolidación del comité:

- Los integrantes se registrarán en las planillas de inscripción los cuales estarán disponibles en el punto de información y en las diferentes reuniones.
- La periodicidad de las reuniones del Comité será bimestral y deberán contar con la participación de los residentes sociales y de las áreas técnica, tráfico y SST del Contratista, Interventoría y de la supervisión.

- c) En su desarrollo se identificarán las problemáticas manifestadas por los asistentes relacionados con la obra, se ofrecerán alternativas y se implementarán actividades para la solución de estas.
- d) El objetivo del comité será motivar a los participantes a tener mayor compromiso y apropiación de la obra y a ser multiplicadores de los residentes del área de influencia directa de la información del proyecto. Se promoverán estrategias de formación y capacitación en cultura ciudadana, cuidado y respeto del espacio público, sostenibilidad, entre otros.
- e) El constructor debe establecer el cronograma de reuniones, incluyendo los procesos formativos en conocimiento técnico del proyecto, cultura ciudadana y estrategias de sostenibilidad. Dicho cronograma deberá ser enviado a la Interventoría para su aprobación durante el primer mes de la etapa de Construcción.
- f) A partir de las listas de inscritos al Comité, el Contratista estructurará una base de datos en la cual se consignarán los datos de identificación de los participantes, sobre las cuales se procederá a realizar las convocatorias correspondientes. Dichas convocatorias se realizarán en forma escrita, mediante el volante de convocatoria con cinco días de anticipación a la fecha del comité.
- g) Durante las reuniones del Comité, se deberá aplicar un instrumento de recolección de información social que permita identificar las preocupaciones, intereses y expectativas de los participantes respecto al proyecto y su aporte a la ciudad.

8.3.7 PUNTO DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD

El Contratista deberá disponer e instalar un Punto de Atención al Ciudadano, en el área de influencia directa del proyecto; en este sitio brindará información y atención a la comunidad que lo requiera. El punto de atención podrá ser de modalidad presencial o virtual, según lo determine el contratista, de acuerdo con las características y condiciones del lugar en el que se disponga su funcionamiento. Se debe implementar al mes de inicio del contrato, previa aprobación de la interventoría y recibo por parte de la supervisión del contrato.

El horario de atención del punto deberá ser propuesto por el Contratista y aprobado por la Interventoría y por la supervisión, atendiendo a las necesidades de la comunidad.

La dirección donde se ubicarán el punto de información (si es presencial), el número

telefónico, el correo electrónico para la atención, deberán ser entregados por el Contratista, con previa aprobación de la interventoría y recibidos por la supervisión, al inicio del proyecto, para la elaboración del material de divulgación. Es importante aclarar que no se admiten correos electrónicos personales, para la atención ciudadana.

La ubicación (si es presencial), número telefónico, correo electrónico y horario de atención deben ser divulgados a la comunidad ubicada en el área de influencia directa del proyecto y a las autoridades locales.

El Punto de información si es de modalidad presencial, deberá estar dotado con:

- Baño
- Línea telefónica exclusiva
- Cartelera informativa
- Aviso punto de identificación
- Computador (con unidad de DVD, pantalla LCD de 21" con filtro y con los programas de office instalados (Word, Excel, power point) AutoCAD, programa de manejo de fotografías y puerto USB.
- Archivador (donde reposen todos los documentos del Plan, incluidas las actas de vecindad, actas de compromiso y demás archivos de soporte elaborados por el contratista.
- Impresora
- Silla ergonómica y escritorio para la persona encargada de la atención.
- Espacio para reunión de mínimo diez personas, con diez sillas disponibles, diez cascos blancos.
- Piezas de información, planos, afiches y demás información pertinente para el proyecto.
- Debe contar con accesibilidad universal para las personas con discapacidad.

8.3.8 RECORRIDOS URBANOS

Cuando el contratista necesite realizar intervenciones técnicas y de avance de obra que requieren contacto directo con la comunidad, debe establecer acompañamiento de los profesionales sociales para las siguientes actividades:

- a) Protección para inmuebles y población aledaña a demoliciones
- b) Actas de vecindad
- c) Actas de rampas y acceso vehicular a predios (garajes)
- d) Información por suspensión a acceso a garajes
- e) Actas de compromiso
- f) Actas de adecuación de las bajantes de aguas lluvias.
- g) Registro fílmico y fotográfico de andenes, fachadas y vías de desvío
- h) Actas de protección al patrimonio cultural

Para la realización de estas actividades se deberá contar con un profesional del área técnica y uno social. El personal deberá estar aprobado por la supervisión para el desarrollo de dichas labores.

✓ **Objetivo**

Establecer previo a las intervenciones, las condiciones físicas originales de cada uno de los predios ubicados en el área del proyecto y/o los bienes de interés cultural, como base para determinar las posibles variaciones que se den en el tiempo por efectos del proceso constructivo.

El contratista deberá entregar a la interventoría para su aprobación y recibo de la supervisión, dentro del primer mes de la etapa de pre-construcción, la metodología para la elaboración de las actas necesarias especificadas en este programa. La metodología debe incluir como mínimo los siguientes ítems:

- a) Acta de recorrido con el área técnica, en la cual se indique la delimitación del área de influencia del proyecto y las actividades constructivas requeridas según los frentes de obra.
- b) Inventario de predios a los que se realizará actas de vecindad, incluidos bienes de interés cultural nacionales y/o distritales.
- c) Inventario de rampas y acceso a garajes.
- d) Inventario de las vías a utilizar como desvíos y maquinaria, así como el inventario de predios.
- e) Inventario predios a intervenir, en caso de requerirse.
- f) Registro estado actual vías autorizadas para los desvíos según el PMT.

- g) Metodología sobre acciones de Plan a implementar para garantizar la oportuna información.
- h) Establecer el procedimiento a implementarse en caso de que se presente algún tipo de afectación en los predios y/o vías o andenes que están ubicadas en la zona de influencia del proyecto y zonas aledañas.
- i) Cronograma.
- j) Demás información requerida.

8.3.9 ACTAS DE VECINDAD Y/O FACHADA

El acta de vecindad es un documento que se diligencia por medio de visita domiciliaria, a cada uno de los predios que se encuentran al frente de la obra; en ésta se registra el estado físico y estructural del predio, para que, en caso de presentarse alguna reclamación por daños se pueda identificar si el Contratista es responsable o no.

Actividades para la realización de las actas:

- a) Un mes antes del inicio del proceso constructivo el contratista debe realizar el acta de vecindad a cada uno de los predios ubicados al frente de la construcción del proyecto con el fin de registrar el estado físico y estructural inicial de las edificaciones.
- b) Las actas de vecindad se levantarán de acuerdo con el inventario de predios realizado en el área de influencia directa del proyecto, vías de desvíos y orejas de manzanas, en la etapa de pre-construcción, de acuerdo con la metodología y cronograma aprobado por la interventoría.
- c) El contratista deberá elaborar las piezas de comunicación para informar a la comunidad, sobre el procedimiento de realización de las actas de vecindad, esta información se entregará tres (3) días antes del inicio de la actividad, aprobadas por interventoría y la supervisión.
- d) Las actas de vecindad deberán ser elaboradas por el Contratista y enviadas a la Interventoría para su revisión y aprobación y la Interventoría debe remitirlas revisadas y aprobadas en un plazo máximo de tres (3) días, a partir de la fecha de entrega del Contratista.

- e) El Contratista garantizará el levantamiento del acta de vecindad en el 100% de los predios ubicados al frente de los diferentes tramos de obra. Se recomienda que, si algún predio no ubicado en esta área y es susceptible de afectación por las características del proyecto, debe realizarse el acta de vecindad.
- f) Se realizará una inspección detallada del estado de la construcción, soportada con el registro fotográfico y filmico. Se verificará la existencia de garajes y su uso. Los soportes de las actas de vecindad son formatos diligenciados con la firma del responsable o propietario del predio, registros fotográficos y filmico.
- g) El contratista entregará al propietario del inmueble una copia del acta de vecindad levantada, en un plazo máximo de diez (10) días calendario una vez aprobada por la interventoría.
- h) Al finalizar la etapa de construcción, se realizará un acta de cierre de todos los predios, dicha acta consiste en una visita de verificación del estado en que queda la construcción una vez se hayan terminado las actividades constructivas. Teniendo en cuenta que esta acta consiste en una visita de verificación, no implica un costo adicional, pues este se encuentra contenido en el acta de vecindad de inicio.
- i) El levantamiento del acta es responsabilidad del área técnica del Contratista; serán levantadas por un Ingeniero civil o Arquitecto el cual estará acompañado por el área social e Interventoría. El profesional técnico será quien conceptuará sobre el contenido del acta. La información sobre el número de actas de vecindad a levantar en el tramo deberá ser aprobada por la interventoría.
- j) En caso de requerirse, el contratista deberá realizar el levantamiento de las actas de vecindad para todos los bienes de interés cultural y monumentos existentes en el área de influencia directa del proyecto, vías de desvíos y orejas de manzanas; previamente se deberá remitir comunicado a las entidades distritales o nacionales competentes, con el fin de informarles de la actividad y solicitar un delegado para el acompañamiento.
- k) En caso de reclamaciones, el contratista realizará una visita con el acompañamiento del profesional técnico de la obra, contactando al propietario y/o peticionario del predio y/o vía afectada, para realizar la visita dentro de los tres días siguientes a la fecha de presentación de la PQRSD. En la visita de inspección se realizará el

registro del área afectada, que servirá para evaluar si hay responsabilidad o no del Contratista en la queja presentada.

- l) Una vez se verifique la responsabilidad de la obra en el daño reclamado, se procederá a dar trámite respectivo a la PQRSD. En el formato de acta de vecindad se registrarán los detalles del procedimiento aplicado en la reparación del área afectada al predio y/o vía, indicando fechas de realización de cada una de las actividades realizadas, con sus respectivos soportes.
- m) De acuerdo con el número de actas de vecindad que se deban levantar, se requiere un equipo de profesionales conformado por un Arquitecto y/o Ingeniero y un Profesional del componente social tanto del Contratista como de la interventoría. Dentro de la metodología se deberá estimar el promedio de actas de vecindad a levantar por día en cada comisión. La información sobre el número de actas de vecindad a levantar deberá ser revisada por el contratista y la interventoría y de ser necesario, ajustar y presentar el inventario real dentro de la metodología.
- n) El Contratista deberá disponer del personal que considere necesario para el levantamiento de actas de vecindad, conforme a los tiempos y requerimientos establecidos, de igual manera garantizará la sistematización de la información correspondiente.
- o) En caso de no encontrar al propietario para el acta de vecindad de inicio y de cierre, se sube al sistema, pero se hace envío de la copia al domicilio del propietario del predio.
- p) El contratista debe realizar el análisis entre el equipo técnico y el social para determinar los predios a los que se realizará acta vecindad e informar a la interventoría quien aprobará la propuesta.

8.3.9.1 Actas de acceso a garajes y rampas

- a) Esta actividad tiene como propósito generar un documento soporte sobre el uso y condiciones del garaje, en caso de requiera. El Contratista debe levantar las actas de rampa de acceso vehicular a aquellos inmuebles ubicados en el área de influencia directa de la obra, a fin de verificar su condición y uso, acreditación de licencia de construcción y demás documentos exigidos por ley.

- b) El levantamiento del acta es responsabilidad del área técnica y social del Contratista e Interventoría. El profesional técnico del contratista será quien conceptuará sobre la construcción o no de la rampa de acceso vehicular, con la aprobación de la interventoría y aceptación de la supervisión, durante la etapa de pre-construcción y construcción.
- c) El contratista deberá elaborar las piezas de comunicación necesarias, que divulguen los requisitos establecidos para la construcción de las rampas de acceso vehicular a los predios en los cuales exista acceso vehicular y realizar la respectiva distribución, así como la información sobre el procedimiento para elaborar dichas actas y los plazos perentorios para que los propietarios de los predios hagan llegar las licencias de construcción al Punto de Información.
- d) A partir de los requisitos establecidos para la construcción de las rampas de acceso vehicular a los predios, el Contratista deberá informar y hacer seguimiento a los propietarios interesados en dicha construcción, para que cumplan con la documentación exigida dentro de los plazos fijados por el Contratista.
- e) Una vez el Contratista cuente con el inventario de los accesos vehiculares, se deberá realizar una visita al predio para establecer con el propietario, los plazos de entrega de la licencia de construcción y el diligenciamiento del respectivo formato. Dicho encuentro debe ser coordinado con el área técnica y el acompañamiento del componente social del Contratista y la interventoría.
- f) Se entregará copia del acta levantada al propietario o arrendatario dentro de los cinco (5) días posteriores a su levantamiento. El anterior documento deberá estar previamente aprobado por la interventoría.
- g) El Contratista deberá tener claros los requisitos establecidos por las curadurías urbanas para el trámite de licencias de construcción (procedimientos, tiempos, costos, entre otros) y de esta manera poder informar a los interesados. Adicionalmente deberá abrir una carpeta para cada uno de los predios que aporte la documentación exigida de acuerdo con la normatividad vigente.
- h) Las diferentes solicitudes de construcción de rampas de acceso vehicular a los predios deberán ser analizadas en el comité técnico, con la finalidad de generar respuesta por escrito a los peticionarios. Para lo anterior las solicitudes deberán contar con los siguientes soportes:

- El acta donde se confirma la accesibilidad vehicular al predio levantada.
- La licencia de construcción vigente del predio.

8.3.9.2 Información por suspensión de acceso a garajes

El contratista informará oportunamente, con al menos dos semanas de anticipación, en caso de obedecer a obras programadas, sobre la suspensión de acceso a garajes, con el fin de realizar las gestiones pertinentes para garantizar el acceso a los mismos. Para ello, el contratista suministrará la información respectiva sobre los parqueaderos disponibles que se encuentran en zonas aledañas, de manera que se afecten lo mínimo posible las dinámicas de tiempo y desplazamiento de los residentes.

8.3.9.3 Actas de compromiso

El Contratista, en caso de requerirse, deberá pactar acuerdos con los propietarios de predios y/o representantes de instituciones, que permita el normal desarrollo de las actividades de obra programadas, por lo cual realizará un acta de compromiso.

La Interventoría deberá hacer seguimiento al cumplimiento de los compromisos que se establezcan y solicitar el diligenciamiento de actas que considere conveniente a partir de las situaciones que encuentre en sus recorridos de obra.

Se entregará copia del acta actualizada al propietario o arrendatario cinco (5) días calendario, posteriores a su levantamiento.

Algunas de las situaciones que ameritan el levantamiento de actas de compromiso son:

- Suspensión de servicios públicos: En caso de cortes se podría establecer estrategias de manejo las cuales quedaran consignadas en el acta de compromiso, especialmente con instituciones de salud, colegios, empresas e industria, de tal manera que su actividad o productividad no se vea afectada.
- Cambios en los accesos peatonales y vehiculares a predios: por dificultad para el ingreso a sus predios o se tiene un acceso que no cuenta con las condiciones de seguridad necesarias, el Contratista deberá diligenciar un acta en la cual establezca el compromiso de adecuación de un paso seguro y con ese soporte, tanto el Contratista como la Interventoría harán seguimiento al compromiso, hasta su cierre a conformidad.

- Adecuación de bajantes de aguas lluvias: En caso de que no se tenga dicha adecuación, se realizará el seguimiento para evitar daños en la construcción.
- El Contratista deberá registrar el cumplimiento del compromiso una vez se efectúen las obligaciones establecidas con el ciudadano y sus tiempos respectivos. La verificación del cumplimiento debe ser efectuada por la Interventoría.

8.3.9.4 Levantamiento de registro filmico de andenes, fachadas y de las vías que serán empleadas como desvíos

Para el caso de las vías a utilizar como desvíos y que están contempladas en el PMT, el Contratista deberá estructurar un formato especial aprobado previamente por la Interventoría y avalado por la supervisión, en el que se registre el estado actual de las vías acompañado de su respectivo registro fotográfico y filmico, este documento será realizado por el Contratista, en compañía del representante legal o presidente de Junta de Acción Comunal del barrio o comunidad que pueda verse afectada. En él se registrará el estado actual de las vías, de tal forma que cuando finalice la etapa de construcción, estas se dejen en el mismo o mejor estado en el que se encontraban al inicio de obra.

- a) El Contratista en compañía de la Interventoría deberá registrar el estado inicial de las vías utilizadas como desvíos de acuerdo con los planes de manejo de tráfico (PMT) quince (15) días antes de iniciar las obras, con el fin de contar con una línea base que permitirá establecer la responsabilidad del Contratista frente a reclamaciones de la comunidad sobre el estado de las vías.
- b) El Contratista deberá entregar a la Interventoría la programación para la realización de los registros fílmicos, cada vez que se requiera con cinco (5) días de anticipación a la actividad, especificando el día, hora y metodología a implementar.
- c) En caso de daños que, con causa probada, se llegaren a presentar por la intensificación de la movilidad vehicular o por el paso de maquinaria y equipos utilizados por el Contratista, este deberá realizar las reparaciones de dichas vías.
- d) Este registro es responsabilidad del área técnica del Contratista, el cual estará acompañado por el área social (Contratista e Interventoría) y técnica de la Interventoría, el cual deberá ser remitido a la Interventoría (profesional técnico) para revisión y aprobación.

- e) El procedimiento y realización de los registros filmicos y fotográficos deberán estar aprobados por la Interventoría antes de la intervención.
- f) En caso de presentarse solicitudes relacionadas con el área de tráfico y reparación de vías, el Contratista deberá tener en cuenta:
- g) El Contratista iniciará el trámite de atención programando visita con el área técnica o de tráfico y social de la Interventoría y del Contratista de obra e informando al interesado con dos (2) días de anticipación. Previo al desarrollo de la visita, tanto Contratista como Interventoría deberán revisar el registro filmico correspondiente.
- h) La Interventoría deberá notificar por escrito al Contratista en un plazo máximo de siete (7) días contados a partir de la realización de la visita, el concepto acerca de la posible responsabilidad o no del Contratista determinando las acciones a seguir y los plazos establecidos.
- i) Por su parte el Contratista tendrá la opción de replicar el concepto de la Interventoría en un plazo máximo de tres (3) días a partir del recibo de la notificación de la Interventoría. Cuando se presente discrepancia entre la Interventoría y el Contratista sobre la responsabilidad, se acudirá a la supervisión para resolver la controversia.
- j) Si la supervisión establece la responsabilidad del Contratista, deberá comunicar dicha decisión, a través de su delegado en el siguiente comité de seguimiento. El Contratista deberá realizar el mantenimiento de la vía, sin que lo anterior implique remuneración adicional para el Contratista.
- k) Se aclara que si por algún motivo se llega a presentar reclamación por parte de la comunidad y el Contratista no cuenta con el registro (que debió ser levantado), será responsabilidad de este proceder con las reparaciones a las que haya lugar.
- l) En caso de no ser competencia del Contratista la solicitud, ésta deberá ser remitida a la alcaldía Local respectiva, según sea el caso y se informará del trámite anterior a cada petionario.
- m) Una copia del registro filmico y fotográfico debe permanecer en las oficinas del Contratista para su eventual consulta en caso de presentarse reclamaciones de este tipo; de igual forma una copia debe reposar en la Interventoría en caso de que la comunidad decida acudir a una segunda instancia ante una reclamación.
- n) Al finalizar las obras las vías deberán ser entregadas o restituidas en iguales o mejores condiciones iniciales, por su parte, para las viviendas, estos registros

servirán de soporte de verificación ante cualquier reclamación de afectación por el paso de los vehículos.

8.3.9.5 Actas adecuación técnica de las bajantes de aguas lluvias

- a) Durante la etapa de pre-construcción y/o construcción, el contratista deberá realizar verificación en campo para identificar los posibles predios en los cuales se dé un manejo inapropiado de las aguas lluvias que podrán afectar el espacio público construido.
- b) El Contratista debe garantizar información a la comunidad sobre la necesidad de adecuación de las bajantes de aguas lluvias. Por tanto, se debe elaborar un comunicado informativo donde se divulgue la necesidad de adecuar apropiadamente las bajantes de aguas lluvias. La distribución del comunicado se realizará de acuerdo con el cronograma aprobado por interventoría.
- c) Durante la construcción de las obras correspondientes a espacio público, la comunidad afectada no se ha manifestado sobre el tema, el Contratista deberá enviar un oficio personalizado a los propietarios, solicitando la gestión y dando un plazo perentorio e indicando, que, en caso de respuesta negativa, será reportado ante la Alcaldía Local e Inspección de Policía.
- d) De igual manera, se deberán realizar actividades informativas con los predios en los cuales se identifiquen problemas por la falta de adecuación técnica de las bajantes de aguas lluvias.

8.3.9.6 Programa de cultura ciudadana

Este programa busca desarrollar procesos pedagógicos y de formación que acompañen las estrategias de relacionamiento con la comunidad, para fomentar el conocimiento, apropiación y corresponsabilidad con el proyecto y el desarrollo urbano de la ciudad.

✓ **Objetivo**

Formar e incentivar ciudadanías activas, participativas y corresponsables con el proyecto y el desarrollo urbano de la ciudad a través de procesos de diálogo conjunto en proyectos de infraestructura urbana, cultura ciudadana y control social.

8.3.9.6.I Formación en Cultura Ciudadana

El Contratista realizará actividades de formación en Cultura Ciudadana y Desarrollo Urbano, que será previamente aprobado con la Interventoría y la supervisión, a través de talleres o espacios de dialogo con el fin de promover ciudadanías que reconozcan la importancia de los proyectos urbanos y sus beneficios en la construcción de ciudad, el buen uso y cuidado del medio ambiente, motivar la democratización del uso de los espacios públicos, el buen comportamiento de los peatones y ciclistas, cuidado del entorno, sentido y valor de lo público en la búsqueda de la sostenibilidad de las obras.

El Contratista incluirá en el Plan Social, la metodología y cronograma a utilizar para el desarrollo del programa, y contendrá como mínimo lo siguiente:

- Marco conceptual
- Objetivos, metas y resultados esperados
- Técnicas que serán empleados
- Temática, horario, materiales y lugar de la actividad.
- Público al que se dirige el taller
- Diseño del material que será utilizado
- Formato de evaluación y sugerencias
- Registro de asistencia, registro fotográfico y acta.
- El informe de la actividad y los resultados se entregarán a la Interventoría en el informe mensual correspondiente.

Las temáticas que debe abordar en los talleres de formación en cultura ciudadana y desarrollo urbano serán:

- **Desarrollo Urbano:** Elementos sobre instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, proyectos de infraestructura vial, de espacio público, accesibilidad universal, democratización de la movilidad y a la ciudad, ajustes razonables.
- **Cultura Ciudadana:** Estrategias de participación ciudadana en espacios públicos, mecanismos de corresponsabilidad y apropiación de proyectos de infraestructura.

La programación y ejecución de los talleres se realizarán al segundo mes de iniciado el contrato, se propone ejecutar como mínimo dos talleres considerando los tiempos

estimados de ejecución de obra. El Contratista presentará el número de talleres y actividades mínimos a realizar durante el periodo de ejecución del proyecto. Estos deberán ser aprobados por la interventoría y la supervisión.

8.3.9.6.2 Formación a empleados de obra

- El Contratista deberá priorizar la divulgación de las vacantes de mano de obra requeridas para la ejecución del proyecto a través de los canales institucionales y mecanismos públicos de intermediación laboral disponibles, tales como el **Servicio Público de Empleo** y el **Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)**, o aquellos que hagan sus veces, con el fin de promover el acceso equitativo al empleo y fortalecer la vinculación de mano de obra local, siempre que los perfiles requeridos se encuentren disponibles y cumplan con las competencias y requisitos definidos para cada cargo.
- El Contratista deberá elaborar una estrategia de formación sobre temas que contribuyan al mejoramiento de la convivencia y desarrollo personal, laboral y social de los trabajadores vinculados al proyecto, en articulación con el componente de SST. En cada una de estas capacitaciones se debe enfatizar sobre el servicio a la ciudadanía.
- Las acciones de formación se realizarán con el apoyo del área de SST, mensualmente con el personal de obra y su asistencia debe registrarse en los formatos correspondientes.
- No serán objeto de capacitación el personal que labore ocasionalmente en el Contrato, la Interventoría deberá verificar la información de este personal.

8.3.10 SUGERENCIAS

- Se sugiere que el punto de atención a la comunidad pueda implementarse bajo modalidad presencial, virtual o móvil, de acuerdo con las características del proyecto, la cobertura territorial, las condiciones de accesibilidad y la estrategia definida por el Contratista para garantizar una atención oportuna y efectiva a la ciudadanía.
- Se recomienda que el Comité Participativo esté conformado por un mínimo de tres (3) integrantes, pudiendo ampliarse el número de participantes según la representatividad de los actores sociales y el criterio técnico del Contratista.

- c) Se recomienda que el Plan de Gestión Social contemple mecanismos de articulación, comunicación y participación con las veedurías ciudadanas legalmente constituidas, con el propósito de fortalecer el ejercicio del control social, la transparencia y el seguimiento a la ejecución del proyecto.
- d) Se sugiere mantener una articulación permanente con las entidades contratantes y con las instituciones públicas, privadas o comunitarias que tengan incidencia en el área de influencia del proyecto. En la medida de su competencia y pertinencia, dichas entidades deberán ser convocadas, jornadas de socialización y demás actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto, con el fin de fortalecer la coordinación interinstitucional y la gestión del territorio.

9 REFERENCIAS

- Decreto 555 de 2021 (diciembre 29). Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP. (2020). Norma Técnica NS-030 V.5.3. Lineamientos para trabajos topográficos. Bogotá D.C.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP. (2020). Norma Técnica NS-046 V.6.1. Requisitos para la elaboración y entrega de planos de obra construida. Bogotá D.C.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2020). Resolución 529 de 2020. Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2021). Origen CTM-12. Sistema de proyección cartográfica único para Colombia.
- IDU. Normas técnicas NS-012, NS-065, NS-118 y NS-119 para trabajos topográficos y cartografía de detalle.
- IDIGER, 2023. “Estudio de riesgo por avenidas torrenciales y/o crecientes súbitas para la cuenca hoyá del ramo de la localidad de Usme”.
- JAM, 2017. “Estudios y diseños para la construcción de obras de mitigación de riesgo por procesos morfodinámicos en la margen izquierda de la cuenca alta de la quebrada hoyá del ramo del parque ecológico distrital de montaña entrenubes (localidad de Usme).”
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D. C., 72p.
- Servicio Geológico Colombiano -SGC-. 2017. Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala 1: 25.000. Bogotá D. C. 218p.
- Servicio Geológico Colombiano -SGC-. 2016. Guía metodológica para estudios de

amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa escala detallada. Bogotá D. C. 182p.

- Torres M. Myriam S. 1998. Zonificación ambiental de una cuenca hidrográfica. Convenio Ministerio del Medio Ambiente – SENA, Programa Ambiental - Crédito DIB-Proyecto Sistema de Capacitación Continuada para Extensionistas en Recursos Naturales. Santa Fe de Bogotá, D.C. 40p.
- Anexo técnico. 2025. Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER- Aspectos técnicos-Metodología. “Estudio y diseño de acciones y medidas adaptativas a los efectos del cambio climático y reducción del riesgo en zonas priorizadas del distrito capital”. Bogotá D. C., 90 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D. C., 72 p.
- Servicio Geológico Colombiano -SGC-. 2017. Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala 1: 25.000. Bogotá D. C. 218 p.
- Servicio Geológico Colombiano -SGC-. 2016. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa escala detallada. Bogotá D. C. 182 p.
- Torres M. Myriam S. 1998. Zonificación ambiental de una cuenca hidrográfica. Convenio Ministerio del Medio Ambiente – SENA, Programa Ambiental - Crédito DIB-Proyecto Sistema de Capacitación Continuada para Extensionistas en Recursos Naturales. Santa Fe de Bogotá, D.C. 40 p.
- Proyecto compilación y levantamiento de la información geomecánica: zonificación geomorfológica de la Sabana de Bogotá, volumen I - Características geomorfológicas de la Sabana de Bogotá. 2005. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS). Bogotá D.C. 87 p.