PRESERVAR
CONSORCIO

INCOPLAN S.A.
INGENIERIA CONSULTORIA Y PLANEACION

PAVIMENTOS & GEOTECNIA

CONTRATO DE CONSULTORÍA
No. CIN-1104-2025

REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS DETALLADOS E INTEGRALES CON PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, QUE PERMITAN LA CORRECTA INVERSIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN, EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C

ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

PORVENIR DE LA ESTANCIA II

Entidad:	FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE CIUDAD BOLÍVAR
Consultor:	CONSORCIO PRESERVAR
NIT:	902.019.627-3
Contrato:	CIN-1104-2025
Localización:	Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.

BOGOTÁ D.C.
OCTUBRE DE 2026

HOJA DE CONTROL

Contrato:	CIN-1104-2025 - REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS DETALLADOS E INTEGRALES CON PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, QUE PERMITAN LA CORRECTA INVERSIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN, EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C
Cliente:	FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE CIUDAD BOLÍVAR
Consultor:	CONSORCIO PRESERVAR - NIT: 902.019.627-3
Referencia:	Proceso FDLCB-CMA-004-2025
Folios:	340

ÍNDICE DE ENVÍOS Y MODIFICACIONES

REVISIÓN No.	FECHA	SECCIÓN MODIFICADA	OBSERVACIONES
RV1	07/10/2026	N/A	Entrega Final

REVISIÓN Y APROBACIÓN

	CARGO	NOMBRE / FIRMA
Revisó	Residente de Consultoría	Roberto Jurado Montoya
Aprobó	Director de Proyecto	Francisco Montes Buritica

TABLA DE CONTENIDO

1 GENERALIDADES 15
1.1 OBJETIVO 16
1.2 ALCANCE Y LIMITACIONES 17
1.3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 17
1.4 LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DE LOS POLÍGONOS (SEGÚN PRIORIZACIÓN) 18
1.4.1 POLÍGONO 1 – PORVENIR DE LA ESTANCIA II 18
1.4.2 POLÍGONO 5 – ARBORIZADORA ALTA – CANDELARIA LA NUEVA 19
1.4.3 POLÍGONO 4 – SIERRA MORENA III – CORTE VIAL 20
1.5 NORMATIVIDAD APLICABLE 22
1.6 METODOLOGÍA GENERAL 23
2 INSUMOS BÁSICOS 24
2.1 CARTOGRAFÍA BASE Y TOPOGRAFÍA 24
2.1.1 INFORMACIÓN TÉCNICA Y METODOLOGÍA 24
2.1.2 LEVANTAMIENTO DE DATOS Y CARTOGRAFÍA 46
2.1.3 DATOS OBTENIDOS POR CADA PRODUCTO Y SUBPRODUCTO 46
2.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 47
2.2.1 METODOLOGÍA 47
2.2.2 ANTECEDENTES 50
2.2.3 GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL 52
2.2.3.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL 55
2.2.4 CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS DE DETALLE DEL SITIO DE ESTUDIO 59
2.3 COMPONENTE DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO. 67
2.4 EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL 69
2.4.1 METODOLOGÍA 69
2.4.2 DEFINICIÓN AREAS DE APORTE 69
2.4.3 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS REGISTROS HIDROCLIMATOLÓGICOS 70
2.4.4 LLUVIAS CRITICAS O DE DISEÑO 73
2.4.5 RELACIONES ENTRE LA LLUVIA ANUAL Y LA LLUVIA CRÍTICA QUE DISPARA LOS MOVIMIENTOS EN MASA 74
2.4.6 APLICACIÓN PARA EL PRESENTE ESTUDIO 75
2.4.7 CALCULO CAUDALES DE ESCORRENTÍA 77
2.4.8 PERÍODOS DE RETORNO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PROYECTADAS 77
2.4.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN. 77
2.4.10 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA 79
2.4.11 PROCEDIMIENTO CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO 79
2.4.12 MODELACIÓN HIDRÁULICA 80
2.5 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA 84

2.5.1 GENERALIDADES 84
2.5.2 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS 85
3 ESTUDIOS DETALLADOS 86
3.1 INVENTARIO DETALLADO 86
3.1.1 INVENTARIO DEL PROCESO MORFODINÁMICO 86
3.1.2 CARGAS ACTUANTES: EDIFICACIONES Y TRÁNSITO VEHICULAR 90
3.1.3 AFECTACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y DE LAS REDES DE SERVICIOS 90
3.1.4 ESTRUCTURAS AFECTADAS (VIVIENDAS Y VÍAS) 91
3.1.5 ESTRUCTURAS EXISTENTES Y GEOMETRÍA DEL TALUD 92
3.1.6 CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD 93
3.2 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA 94
3.2.1 PLAN DE EXPLORACIÓN. 94
3.3 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO 110
3.3.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 110
3.3.1.1. Análisis de espesores 110
3.3.2 DEFINICIÓN DE SECCIONES DE ANÁLISIS 140
3.3.3 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 142
3.3.4 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 144
3.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA 147
3.4.1 SOFTWARE Y MÉTODOS UTILIZADOS. 148
3.4.2 CONDICIONES DE AMENAZA PRECEDENTE 148
3.4.3 CONDICIONES DE AMENAZA ACTUAL 149
3.4.4 CATEGORIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA CON OBRA 158
3.5 ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR MOVIMIENTOS EN MASA. 159
3.5.1 GENERALIDADES DE LOS SECTORES OBJETO DE ESTUDIO - CONTEXTO SOCIAL Y FÍSICO 160
3.5.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS 163
3.5.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS 165
3.5.4 EVALUACIÓN DE LA FRAGILIDAD 170
3.5.5 INTENSIDAD DEL EVENTO 174
3.5.6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA 177
3.5.7 CATEGORIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 178
3.6 ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA. 179
3.6.1 DEFINICIÓN DEL RIESGO 179
3.6.2 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR EL RIESGO 180
3.6.3 EVALUACIÓN DE RIESGO 181
3.7 ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO ENFOCADAS A MEDIDAS DE MITIGACIÓN 182
3.7.1 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS 182

3.7.2 ANÁLISIS COMPARATIVO POR CRITERIOS 184
3.7.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS 185
3.7.4 CONCLUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN 185
4 DISEÑO DE MEDIDAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO 185
4.1 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y CON OBRAS 185
4.1.1 ESCENARIOS Y MODELOS DE ANÁLISIS 186
4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL – OBRAS DE MITIGACIÓN 191
4.2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO. 191
4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA 193
4.2.3 IMPLANTACIÓN PRELIMINAR DE OBRAS 206
4.2.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN 214
4.3 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 219
4.3.1 PLAN DE MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DE PORVENIR DE LA ESTANCIA II 219
5 ANÁLISIS PREDIAL Y URBANO 228
5.1 ALCANCE 228
5.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 228
5.2.1 LOCALIZACIÓN 228
5.2.2 IDENTIFICACIÓN DE PREDIOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO 228
5.2.3 INFORMACIÓN JURÍDICA 232
5.2.4 INFORMACIÓN URBANÍSTICA 234
5.2.5 INFORMACIÓN NORMATIVA 237
5.2.6 ANÁLISIS DE COSTOS 238
6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO 245
6.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO 245
6.2 ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PROYECTO (INVERSIÓN) 246
6.3 ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS (PÉRDIDAS ECONÓMICAS EVITADAS) 246
6.4 ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO (RELACIÓN B/C) 246
6.4.1 METODOLOGÍA 246
6.4.2 CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO 247
6.4.3 INTERPRETACIÓN EN EL CONTEXTO DE RIESGO ALTO 247
6.5 BENEFICIOS ADICIONALES NO CUANTIFICADOS 247
6.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 248
7 PRESUPUESTOS, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y PROGRAMACIÓN DE OBRA 248
7.1 MEMORIAS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL 248
7.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN 248
7.3 PRESUPUESTO Y CANTIDADES DE OBRA 248
7.4 PROGRAMACIÓN DE OBRA 249
8 INSUMOS PARA TRAMITES PERMISOS 249

8.1 INVENTARIO FORESTAL 249
8.2 ESTUDIO AMBIENTAL 252
8.2.1 ALCANCE 252
8.2.2 NORMATIVIDAD APLICABLE 252
8.2.3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 259
8.3 ÁREA DE ESTUDIO 260
8.3.1 ÁREA DE INTERVENCIÓN 261
8.4 DETERMINANTES AMBIENTALES 263
8.4.1 SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE - SDA 263
8.4.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL ARBOLADO URBANO (SIGAU) 264
8.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 264
8.5.1 DESCRIPCIÓN SITUACIÓN ACTUAL 264
8.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA 267
8.5.3 PROCESO CONSTRUCTIVO Y ACTIVIDADES DE OBRA 267
8.5.4 CRONOGRAMA DE OBRA 272
8.5.5 CANTIDADES DE MATERIALES 272
8.5.6 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 273
8.6 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN 276
8.6.1 ÁREA DE INFLUENCIA E INTERVENCIÓN 276
8.7 EVALUACIÓN AMBIENTAL 287
8.7.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 287
8.8 DEMANDA DE RECURSOS NATURALES 298
8.8.1 RECURSO AGUA 298
8.8.2 RECURSO SUELO 298
8.9 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL 299
8.10 CONCLUSIONES 334
9 ANEXOS 334
10 PLANOS 335

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de los sectores de estudio en la Localidad de Ciudad Bolívar. 18
Figura 2. Polígono Porvenir de La Estancia II. 19
Figura 3. Polígono Arborizadora Alta – Candelaria la Nueva. 20
Figura 4. Polígono Sierra Morena III – Corte vial. 21
Figura 5. Base puntos GNSS, GPS-1 y GPS-2 24
Figura 6. Posicionamiento puntos GPS-1 y GPS-2 25
Figura 7. Captura Inclusión se Antenas Hi Target página NOA. 26
Figura 8. Captura Página Sirgas Coordenadas Semanales Antenas AEDO y BOGA 27
Figura 9. Esquema vectorial de posicionamiento. 28
Figura 10. Cambio de época GPS-1 29

Figura 11. Posicionamiento GPS Bases 30
Figura 12. Especificaciones Antenas GPS Hi Target V-200. 31
Figura 13. Punto de amarre vertical. 32
Figura 14. Circuitos de Nivelación. 33
Figura 15. Nivelación de LZ03-029 a A-1. 34
Figura 16. Nivelación de A-1 a GPS-1 34
Figura 17. Circuito sobre GPS-1. 35
Figura 18. Nivelación de pozos. 35
Figura 19. Contranivelación GPS-1 a A-1. 35
Figura 20. Contranivelación A-1 a LZ-03-029. 36
Figura 21. Ejemplo Cartera Formulada en Excel. 37
Figura 22. Actividades de Nivelación. 38
Figura 23. Esquema Poligonal y Coordenadas Finales. 41
Figura 24. Nube de puntos Levantamiento. 42
Figura 25. Plano Topográfico. 42
Figura 26. Registro fotográfico del levantamiento topográfico y de las condiciones superficiales observadas en el área de intervención (Serie 1). 43
Figura 27. Registro fotográfico del levantamiento topográfico y de las condiciones superficiales observadas en el área de intervención (Serie 2). 44
Figura 28. Registro fotográfico del levantamiento topográfico y de las condiciones superficiales observadas en el área de intervención (Serie 3). 45
Figura 29. Mapa geológico Regional, con ubicación de los sitios de estudio y sus alrededores. 53
Figura 30. Mapa geomorfológico Regional, con ubicación de los sitios de estudio y sus alrededores. 55
Figura 31. Fotografía 1, de pequeño afloramiento cercano a la esquina de la carrera 75G y la calle 62KS), con ilustración de las características de las rocas presentes en el sitio 1 de investigación. 61
Figura 32. Ilustración mediante fotografías de las características de los depósitos antrópicos del sitio de estudio. 62
Figura 33. Ilustración del mapa geológico y los perfiles (a nivel borrador) del sitio de estudio. 62
Figura 34. Mapa geomorfológico del sitio de estudio. 62
Figura 35. Ilustración mediante fotografías de las características de los depósitos antrópicos del sitio de estudio. 63
Figura 36. Fotografía 6- Aspectos de las afectaciones del sector de la calle 63S. Obsérvese los agrietamientos en el pavimento, procesos de hundimiento; igualmente se observa algunas obras de reparaciones y algunos muros de protección de las viviendas. 64
Figura 37. Fotografía 7- Aspectos de las afectaciones por caída de detritos/basuras presentes en el talud 64
Figura 38. Fotografía 8- Aspectos de las afectaciones por caída de detritos/basuras presentes en el talud 65
Figura 39. Afectaciones sobre el borde oriental del andén de la carrera 75G 65
Figura 40. Coberturas de la tierra 2017 y 2026 Porvenir 68
Figura 41. Planta del canal de aguas lluvias proyectado, con el área aportante de escorrentía superficial. (En el fondo imagen del dron aproximada no muy ortogonal) 70
Figura 42. Estación pluviométrica del IDIGER 71
Figura 43. Distribución de las Precipitaciones medias mensuales en la estación meteorológica Altos de La estancia del IDIGER. Período 2016-2026 72
Figura 44. Distribución de las Precipitaciones máximas en 24 horas mensuales multianuales en la estación meteorológica Altos de La Estancia. Período 2016-2026. 73
Figura 45. Porcentaje mensual de la lluvia máxima acumulada en 60 días, con relación a la lluvia anual y umbrales críticos que definen la ocurrencia de movimientos en masa. 76
Figura 46. Porcentaje mensual de la lluvia máxima acumulada en 30 días, con relación a la lluvia anual y umbrales críticos que definen la ocurrencia de movimientos en masa. 76
Figura 47. Planta del canal proyectado de aguas lluvias en la modelación hidráulica unidimensional, con el abscisado en el programa Hec Ras. 81
Figura 48. Perfil longitudinal del canal proyectado de aguas lluvias en la modelación hidráulica unidimensional, con el nivel de agua para el caudal máximo de 10 años de retorno. 81

Figura 49. Esquema con los componentes del cálculo hidráulico de los escalones de disipación. 83
Figura 50. Evidencia de inestabilidad activa: (a) esquema del perfil del talud de corte (Sección A–A', predio Calle 62K Sur No. 75D-15) y (b) registro fotográfico donde se señala la línea de sección A–A' correspondiente al esquema de la parte (a), junto con la dirección del movimiento y la tubería de alcantarillado en la corona. 87
Figura 51. Tramo de la Calle 63 Sur antes del desconfinamiento de la banca. 87
Figura 52. Ilustración de la corona (línea segmentada) y de la dirección del proceso de remoción en masa que afecta la calzada de la Calle 63 Sur, en vista de ortomosaico. 88
Figura 53. Mapa de procesos morfodinámicos en planta: escarpes de los procesos denudativos y direcciones de movimiento sobre el ortomosaico del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II. 88
Figura 54. Muro de contención existente y zona de tubería expuesta en el talud afectado. 92
Figura 55. Esquema de Apique en terreno natural. 95
Figura 56. Esquema de Apique Barreno en pavimento existente. 95
Figura 57. Esquema de Barreno en terreno natural. 96
Figura 58. Esquema de Sondeo en terreno natural. 96
Figura 59. Esquema de una excavación tipo Trinchera. 97
Figura 60. Localización de la exploración geotécnica. 98
Figura 61. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Apique). 99
Figura 62. Muestras extraídas en el Apique 1. 100
Figura 63. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Trincheras). 100
Figura 64. Muestras extraídas en la Trinchera 1. 101
Figura 65. Muestras extraídas en la Trinchera 2. 101
Figura 66. Muestras extraídas en la Trinchera 3. 102
Figura 67. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Apique barreno). 102
Figura 68. Muestras extraídas en el Apique Barreno 2. 103
Figura 69. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Barreno). 103
Figura 70. Muestras extraídas en el Barreno 1. 104
Figura 71. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Sondeo). 104
Figura 72. Muestras extraídas en el Sondeo 1. 105
Figura 73. Esquema de líneas sísmicas. 107
Figura 74. Localización de líneas sísmicas ejecutadas. 107
Figura 75. Línea LSP-1 — Tomografía de refracción sísmica (Vp). 108
Figura 76. Línea LSP-1 — Espectro ReMi, ajuste de dispersión y perfil Vs. 109
Figura 77. Línea LSP-2 — Tomografía de refracción sísmica (Vp). 109
Figura 78. Línea LSP-2 — Espectro ReMi, ajuste de dispersión y perfil Vs. 110
Figura 79. Perfil de espesores de los estratos por sondeo (profundidad hacia abajo; el color de cada estrato corresponde al material en la tabla de resultados y la roca se distingue con trama). 112
Figura 80. Propiedades índices en función de la profundidad: a) límites de Atterberg (LP, IP, LL) y humedad natural; b) porcentaje que pasa el tamiz No. 200, con el umbral del 50 % que separa suelos granulares de finos. 115
Figura 81. Carta de plasticidad de Casagrande; los puntos se agrupan por material. 116
Figura 82. Revisión del potencial de expansión en función del límite líquido: a) Chen; b) Norma IS 1498. 117
Figura 83. Revisión del potencial de expansión en función del índice de plasticidad: a) Chen; b) Norma IS 1498. 117
Figura 84. N_{60} corregido en función de la profundidad, por sondeo (escala común 0–6 m; abscisas hasta 50 golpes); puntos agrupados por material. 122
Figura 85. Módulo de elasticidad E_s ($E_s = k \cdot N_{1,60}$; Tabla C10.4.6.3-1) en función de la profundidad, por material de suelo. 124
Figura 86. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri). 127
Figura 87. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra). 127
Figura 88. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc). 128
Figura 89. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Suelo Residual (Qsr). 128

Figura 90. Índices de carga puntual Is50 medidos en el sondeo SP-1 y resistencia a la compresión inconfinada estimada qu = k·Is50 (k = 22,5; ISRM 20 a 25), por unidad de la Formación Guaduas. La línea discontinua marca la mediana de Is50 de la unidad K2E1gm-ar; la muestra SS a 9,25 m (Is50 = 3,73 MPa) se señala como atípica y no gobierna la mediana. 133
Figura 91. Envolvente de resistencia τ – σ' del macizo (Hoek-Brown) 135
Figura 92. Envolvente de resistencia τ – σ' del macizo (Hoek-Brown) 138
Figura 93. Localización de las secciones de análisis geotécnico sobre ortomosaico. Porvenir de la Estancia II. 141
Figura 94. Espectro elástico de diseño de la zona Cerros (Decreto 523 de 2010, 5% de amortiguamiento). 144
Figura 95. Ubicación del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II en la Zona Geotécnica Cerros B (zonificación geotécnica regional). 145
Figura 96. Zonificación geotécnica de detalle – condición actual, Porvenir de la Estancia II. 147
Figura 97. Amenaza por movimientos en masa urbano (cartografía oficial POT, IDIGER) sobre el área de estudio – Porvenir de la Estancia II. 149
Figura 98. Análisis en condición estática – Sección F-F'. 151
Figura 99. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición estática - Sección F-F'. 152
Figura 100. Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por movimientos en masa- condición actual. 153
Figura 101. Análisis en condición pseudoestática – Sección F-F' 154
Figura 102. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición pseudoestática- Sección F-F'. 154
Figura 103. Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por movimientos en masa- condición actual. 155
Figura 104. Análisis en condición normal (construcción) Sección F-F'. 156
Figura 105. Análisis en condición normal (obra definitiva) Sección F-F'. 156
Figura 106. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición estática (Obra) - Sección F-F' 157
Figura 107. Análisis en condición extrema (construcción) Sección F-F'. 157
Figura 108. Análisis en condición extrema (Obra) - Sección F-F'. 158
Figura 109. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición pseudoestática (Obra)- Sección F-F'. 158
Figura 110. Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por movimientos en masa- condición con obras. 159
Figura 111. Predios objeto de análisis de Vulnerabilidad 164
Figura 112. Pérdida de banca hacia el extremo de la Carrera 75 G. 164
Figura 113. Grafica de la relación de predios construidos vs lotes, y de las tipologías de las construcciones D y C.I. 169
Figura 114. Número de Niveles. 170
Figura 115. Estado de Conservación de las edificaciones 170
Figura 116. Fragilidad de las Edificaciones. 173
Figura 117. Alternativa 1. Muro en concreto reforzado cimentado directamente sobre el estrato rocoso mediante una zarpa de 5 metros de longitud y dentellón. 183
Figura 118. Alternativa 2. Muros en concreto reforzado cimentados directamente sobre el estrato rocoso, apoyados entre sí, con alturas variables para reconformación urbanísticas mediante terrazas y rampas. 183
Figura 119. Alternativa 3. Muro de Tierra Armada con Fachada Verde, dos (2) niveles, de 3 a 4 metros de Altura, con desarrollo en la base de 5 metros cada uno, para un total de 10 metros de ancho efectivo. 184
Figura 120. Análisis de estabilidad - Estático seco 187
Figura 121. Análisis de estabilidad - Estático saturado 187
Figura 122. Análisis de estabilidad - Pseudoestático seco 188
Figura 123. Análisis de estabilidad - Pseudoestático saturado 188
Figura 124. Análisis de estabilidad – etapa durante la construcción (Estático seco (Ru = 0)) 189
Figura 125. Análisis de estabilidad – etapa durante la construcción (Pseudoestático seco (Ru = 0)) 189
Figura 126. Análisis de estabilidad – obra (Estático seco (Ru = 0)) 190
Figura 127. Análisis de estabilidad – obra (Pseudoestático seco (Ru = 0)) 190
Figura 128. Geometría del muro de contención. 196

Figura 129. Modelo estructural del muro 201
Figura 130. Mecanismo de cuña de dos bloques y diagramas de presiones equivalentes. 210
Figura 131. Esquema del perno pasivo Ø25 mm – detalle constructivo. 213
Figura 132. Isométrico de instalación de anclajes pasivos. 214
Figura 133. Sección típica de corte para la implantación del muro – sección F–F'. 215
Figura 134. Configuración final de la obra – muro, relleno del trasdós y relleno de puntera, sección F–F'. 217
Figura 135. Secuencia constructiva por etapas – sección F–F'. 218
Figura 136. Esquema de partes del inclinómetro y de la medición del desplazamiento acumulado. 222
Figura 137. Esquema de un piezómetro de tubo abierto. 222
Figura 138. Modelo geológico-geotécnico con la disposición de los puntos de control topográfico sobre la obra proyectada. Porvenir de la Estancia II. 223
Figura 139. Localización de la instrumentación geotécnica propuesta sobre ortomosaico. Porvenir de la Estancia II. 224
Figura 140. Localización área de estudio. 228
Figura 141. Identificación de predios. 230
Figura 142. Información Zonas de Cesión – SIGDEP 236
Figura 143. Área de Estudio en Plano Urbanístico CB 32/4-00. 236
Figura 144. Área de Estudio en Plano Urbanístico CB 69/4-00. 237
Figura 145. Zonas de Amenaza y Suelo de Protección – SIG PREDIAL IDIGER. 238
Figura 146. Identificación Zona de alto riesgo no mitigable – Dec. 2043 de 2025 – SIG PREDIAL IDIGER. 238
Figura 147. Valor adoptado por m2. 239
Figura 148. Valor de referencia de terreno/m2 2026- UAECD. 240
Figura 149. Tipos de construcción en área de estudio. 241
Figura 150. Cálculo costo de Construcción Tipo 1. 241
Figura 151. Cálculo de Valor de Construcción Tipo 2. 242
Figura 152. Cálculo de Valor de Construcción Tipo 3. 242
Figura 153. Localización general de los sectores de estudio en la Localidad de Ciudad Bolívar 260
Figura 154. Polígono Porvenir de la Estancia II. 261
Figura 155. Estructura Ecológica Principal (Dec 555 de 2021). 263
Figura 156. Verificación de individuos arbóreos presente en el área de intervención. 264
Figura 157. Evidencia de inestabilidad activa: (a) esquema del perfil del talud de corte (Sección A–A', predio Calle 62K Sur No. 75D-15) y (b) registro fotográfico donde se señala la línea de sección A–A' correspondiente al esquema de la parte (a), junto con la dirección del movimiento y la tubería de alcantarillado en la corona. 265
Figura 158. Tramo de la Calle 63 Sur antes del desconfinamiento de la banca 265
Figura 159. Ilustración de la corona (línea segmentada) y de la dirección del proceso de remoción en masa que afecta la calzada de la Calle 63 Sur, en vista de ortomosaico 266
Figura 160. Mapa de procesos morfodinámicos en planta: escarpes de los procesos denudativos y direcciones de movimiento sobre el ortomosaico del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II 266
Figura 161. Sección típica de corte para la implantación del muro – sección F–F'. 268
Figura 162. Configuración final de la obra – muro, relleno del trasdós y relleno de puntera, sección F–F' 270
Figura 163. Secuencia constructiva por etapas - sección F–F' 271
Figura 164. Ubicación del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II en la Zona Geotécnica Cerros B (zonificación geotécnica regional). 274
Figura 165. Zonificación geotécnica de detalle – condición actual, Porvenir de la Estancia II 275
Figura 166. Fotografía 1, de pequeño afloramiento cercano a la esquina de la carrera 75G y la calle 62KS), con ilustración de las características de las rocas presentes en el sitio 1 de investigación. 277
Figura 167. Mapa y perfiles geológicos. 277
Figura 168. Mapa geomorfológico del sitio de estudio. 278
Figura 169. Amenaza por remoción en Masa 279
Figura 170. Amenaza por Inundación 279
Figura 171. Amenaza por incendios 280

Figura 172. Clasificación del suelo 280
Figura 173. Uso del suelo 281
Figura 174. Condiciones climáticas promedio de Ciudad Bolívar 282
Figura 175. Concentración PM10 283
Figura 176. Concentración PM2.5 283
Figura 177. Concentración O3 284
Figura 178. Concentración NO2 284
Figura 179. Concentración SO2 285
Figura 180. Concentración CO 285
Figura 181. Cuenca Hidrográfica 286

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas del polígono Porvenir de la Estancia II. 18
Tabla 2. Coordenadas geográficas del polígono Arborizadora Alta – Candelaria la Nueva. 20
Tabla 3. Coordenadas geográficas del polígono Sierra Morena III – Corte vial. 21
Tabla 4. Tiempos de Rastreo Estáticos 26
Tabla 5. Coordenadas Geocéntricas (Cartesianas) SIRGAS-CON 27
Tabla 6. Coordenadas Planas Cartesianas y Geográficas 14-04-2026 28
Tabla 7. Coordenadas Planas Cartesianas y Geográficas 01-01-2018 29
Tabla 8. Cotas geométricas Deltas Levantamiento. 36
Tabla 9. Especificaciones Nivel Electrónico Leica DNA10. 39
Tabla 10. Personal Profesional Topografía 40
Tabla 11. Poligonal Principal para toma de datos. 40
Tabla 12. Especificaciones Estación Total. 46
Tabla 13. Fuentes de información secundaria. 48
Tabla 14. Vuelos y número de aerofotografías seleccionadas para el proyecto 57
Tabla 15. Resumen e ilustración de la información temática obtenida en el sitio de Porvenir La Estancia. 59
Tabla 16. Coberturas de la tierra año 2017. 67
Tabla 17. Coberturas de la tierra año 2026 68
Tabla 18. Ecuación de las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF en el sitio del proyecto Porvenir de La Estancia II, según la EAAB. 74
Tabla 19. Coeficientes de Escorrentía propuestos 79
Tabla 20. Coeficientes de escorrentía obtenidos para el área aportante al canal 79
Tabla 21. Cálculo de los caudales máximos de escorrentía superficial esperados en el canal proyectado, para diversos períodos de retorno 80
Tabla 22. Resumen de los resultados de la modelación hidráulica unidimensional del canal de aguas lluvias, con los parámetros hidráulicos y geométricos más relevantes, para el caudal máximo de diseño de 10 años de retorno. 82
Tabla 23. Parámetros hidráulicos básicos diseño escalones de disipación, para el caudal máximo de 10 años de retorno. 83
Tabla 24. Características geométricas e hidráulicas de los escalones de disipación, proyectados para 10 años de retorno. 83
Tabla 25. Inventario de procesos morfodinámicos identificados en el sitio (Porvenir de la Estancia II). 89
Tabla 26. Inventario de antecedentes técnicos del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II (1999–2025). 89
Tabla 27. Cargas y sobrecargas actuantes adoptadas para el inventario y los análisis de estabilidad. 90
Tabla 28. Elementos del área de influencia y redes de servicios inventariados. 91
Tabla 29. Estructuras afectadas documentadas en los diagnósticos técnicos del Polígono 1. 91
Tabla 30. Estructuras existentes y geometría del talud inventariadas. 93
Tabla 31. Clasificación del movimiento en masa del Polígono 1 según SGC (2017) / PMA: GCA (2007). 93
Tabla 32. Escala de velocidad de los movimientos en masa. 94
Tabla 33. Exploración ejecutada. 99

Tabla 34. Relación de la cantidad de ensayos de laboratorio ordenados del sector Porvenir – La Estancia II. 105
Tabla 35. Coordenadas de líneas sísmicas. 108
Tabla 36. Línea LSP-1 — Perfil de velocidad de onda de corte. 108
Tabla 37. Línea LSP-2 — Perfil de velocidad de onda de corte. 109
Tabla 38. Tipos de materiales (estratos) identificados. 111
Tabla 39. Clasificación de los materiales según su origen (SGC, 2017). 113
Tabla 40. Grado de meteorización (Geological Society 1970 / Dearman 1974) por material, asignado a partir de la clase del estrato y de la descripción de campo. 113
Tabla 41. Clasificación SUCS, propiedades índice (rangos mínimo–máximo) y potencial expansivo por material de suelo. 115
Tabla 42. Potencial de expansión en función del límite líquido (LL, %). 116
Tabla 43. Potencial de expansión en función del índice de plasticidad (IP, %). 117
Tabla 44. Coeficiente de presión de poros Ru de la condición actual, calculado con la Ecuación 2 a partir de la superficie freática registrada en el sondeo SP-1 (25,00 m) y ponderado por el espesor de cada unidad. 119
Tabla 45. Coeficiente de presión de poros Ru adoptado en cada escenario de análisis. 120
Tabla 46. Peso unitario total (γ) y saturado (γsat) y coeficiente de presión de poros Ru por material. 120
Tabla 47. Parámetros de resistencia por material de suelo. 122
Tabla 48. Constantes elásticas por material de suelo (Tabla C10.4.6.3-1, CCP-14). 123
Tabla 49. Parámetros de resistencia estimados por correlación con las propiedades índice, para los materiales de suelo sin ensayo de penetración estándar. 124
Tabla 50. Valores de entrada para la clasificación manual de suelos en GEO5®. 125
Tabla 51. Rangos de parámetros estimados por GEO5® para los materiales de suelo del sitio. 126
Tabla 52. Contraste de la envolvente de resistencia al corte: valor adoptado frente al rango estimado por GEO5®. 129
Tabla 53. Recobro y RQD registrados en el sondeo SP-1 (SONDEO-1), Formación Guaduas. 129
Tabla 54. Clasificación de resistencia de la roca intacta a partir de la resistencia a la compresión inconfinada (Bieniawski, 1974). 130
Tabla 55. Resistencia de la roca intacta por unidad: índice de carga puntual Is50, qu estimado y clasificación. 130
Tabla 56. Descripción de la calidad del macizo rocoso en función del índice de calidad de la roca RQD (Deere, 1964). 130
Tabla 57. RQD medido por unidad y calidad del macizo rocoso. Valores del registro de perforación del sondeo SP-1 (Tabla 16). 131
Tabla 58. Correlación de la exploración geofísica (líneas LSP-1 y LSP-2, sector Porvenir – La Estancia II) con el modelo geológico-geotécnico. 131
Tabla 59. Nomenclatura de variables 132
Tabla 60. Valoraciones RMR adoptadas (CCP-14, Tabla 10.4.6.4-1) 133
Tabla 61. Resistencia al corte del macizo por esfuerzo normal (Hoek-Brown) 135
Tabla 62. Nomenclatura de variables 136
Tabla 63. Valoraciones RMR adoptadas (CCP-14, Tabla 10.4.6.4-1) 136
Tabla 64. Resistencia al corte del macizo por esfuerzo normal (Hoek-Brown) 138
Tabla 65. Resumen de la clasificación y propiedades índice por material de suelo 138
Tabla 66. Resumen de parámetros de resistencia y deformación de diseño por material de suelo 139
Tabla 67. Resumen del macizo rocoso (resistencia de la roca intacta desde la Tabla resumen) 139
Tabla 68. Resumen de parámetros por material para el ingreso a los modelos de estabilidad (Slide). 140
Tabla 69. Coordenadas de los extremos de las secciones de análisis. Porvenir de la Estancia II. 141
Tabla 70. Exploración geotécnica directa de soporte. Porvenir de la Estancia II. 141
Tabla 71. Líneas sísmicas de refracción de soporte. Porvenir de la Estancia II. 142
Tabla 72. Zona de respuesta sísmica del polígono de estudio (fuente: geoservicio oficial IDIGER, Mapa 2 del Decreto 523 de 2010). 142
Tabla 73. Coeficientes sísmicos de la zona Cerros (Decreto 523 de 2010, Tabla 3). 142
Tabla 74. Coeficiente sísmico pseudoestático K_{ST} para a_{max} = 0.18 g (NSR-10, Tabla H.5.2-1). 143
Tabla 75. Sobrecarga vial adoptada en los análisis de estabilidad (NSR-10, numeral H.5.1.2). 144

Tabla 76. Escenarios de análisis de estabilidad y factores de seguridad admisibles. 144
Tabla 77. Zonificación geotécnica de detalle – Porvenir de la Estancia II. 146
Tabla 78. Descripción de las amenazas en Porvenir de la Estancia II. 150
Tabla 79. Categorización de la amenaza por Rangos de Factor de Seguridad (FS), para la condición normal y extrema. 150
Tabla 80. Anchos de franjas de amenaza alta para las condiciones normales. 152
Tabla 81. Anchos de franjas de amenaza alta para las condiciones pseudoestática. 154
Tabla 82. Tipologías de edificaciones. 170
Tabla 83. Factor de fragilidad en función de la Tipología de la Construcción. 172
Tabla 84. Factor de fragilidad en función de la Altura de la Construcción. 172
Tabla 85. Factor de fragilidad en función del estado de conservación de la Construcción. 172
Tabla 86. Vida Útil de la edificación en función de la tipología. 173
Tabla 87. Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción. 173
Tabla 88. Intensidad de daño en edificaciones (Índice de Daño). Tomada de Leone, 1996 174
Tabla 89. Matriz de intensidades de daños para viviendas. Leone, 1996. Adaptada en función del Manual del SGC. 2015. 175
Tabla 90. Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad 175
Tabla 91. Presión de falla según tipología de estructura 176
Tabla 92. Parámetro presión de impacto de deslizamiento, relación presión de impacto/presión límite de la estructura 176
Tabla 93. Parámetro de intensidad relación profundidad/altura de la estructura 177
Tabla 94. Vulnerabilidad Tipología D 178
Tabla 95. Vulnerabilidad Tipología C 178
Tabla 96. Vulnerabilidad de las edificaciones 179
Tabla 97. Matriz de Riesgo. 180
Tabla 98. Estimación del costo aproximado de daño. 181
Tabla 99. Estimación del costo total por gestión predial 182
Tabla 100 Matriz de análisis y selección de alternativas 185
Tabla 101. Escenarios de análisis y coeficientes de presión de poros adoptados. 186
Tabla 102. Modelos de análisis de las etapas durante la construcción y con obras. 186
Tabla 103. Factores de seguridad - Condición actual. 186
Tabla 104. Factores de seguridad – etapa durante la construcción. 188
Tabla 105. Factores de seguridad – etapa con obras. 190
Tabla 106. Empujes sobre muro de baja altura. Fuente Consorcio PRESERVAR. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. 192
Tabla 107. Parámetros sísmicos. Fuente Consorcio PRESERVAR. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. 193
Tabla 108. Secciones de los elementos constitutivos del muro 202
Tabla 109. Escenarios de análisis y coeficientes de presión de poros adoptados. 207
Tabla 110. Factores de seguridad de aceptación. 207
Tabla 111. Características y especificaciones del relleno ingenieril recomendado para el muro. 208
Tabla 112. Parámetros de resistencia y presión de poros de las unidades involucradas. 208
Tabla 113. Resultantes de empuje lateral sobre el trasdós del muro (por metro lineal). 210
Tabla 114. Sensibilidad del empuje al coeficiente de presión de poros del relleno del trasdós. 211
Tabla 115. Parámetros de la Formación Guaduas (SP-1) y factores de capacidad de carga (Vesic). 212
Tabla 116. Capacidad portante última y admisible en función del ancho de la zapata (FS = 3). 212
Tabla 117. Parámetros geotécnicos del perno pasivo Ø25 mm para el análisis de equilibrio límite. 213
Tabla 118. Controles mínimos durante la construcción. 219
Tabla 119. Composición de la red de instrumentación propuesta. Porvenir de la Estancia II. 220
Tabla 120. Coordenadas y características de los instrumentos propuestos. Porvenir de la Estancia II. 224
Tabla 121. Frecuencias mínimas de lectura por instrumento y etapa. 225
Tabla 122. Precisión de lectura y umbrales de alerta. Porvenir de la Estancia II. 225
Tabla 123. Niveles de alerta, comportamiento observado y acciones asociadas. 226
Tabla 124. Información Predial Catastral 229
Tabla 125. Otros datos catastrales 230

Tabla 126 Información jurídica 232
Tabla 127 Información Urbanística 234
Tabla 128. Datos de las ofertas y valor de terreno. 239
Tabla 129 Cálculo de Costos de Terreno y Construcción 243
Tabla 130 Cálculo de Daño Emergente (costos notariales y de registro) 244
Tabla 131 Cálculo de costos totales 245
Tabla 132 Inversión para la Gestión del Riesgo 246
Tabla 133 Pérdidas económicas esperadas de llegarse a materializar el evento extremo. 246
Tabla 134 Relación Beneficio/Costo 247
Tabla 135 Tratamientos silviculturales propuestos por individuo 249
Tabla 135 Marco normativo 252
Tabla 136.Coordenadas geográficas del polígono Porvenir de la Estancia II. 260
Tabla 137 Registro fotográfico recorrido 13 de abril de 2026. 261
Tabla 138 Cronograma de obra. 272
Tabla 139 Cantidades de materiales 272
Tabla 140. Zonificación geotécnica de detalle – Porvenir de la Estancia II. 275
Tabla 141 Identificación de actividades constructivas. 288
Tabla 142 Identificación de posibles impactos 289
Tabla 143 Identificación de posibles impactos 291
Tabla 144 Rangos 292
Tabla 145 Matriz de impactos 293

1 GENERALIDADES

La Localidad de Ciudad Bolívar, ubicada en el suroriente del Distrito Capital de Bogotá, concentra una de las mayores densidades de asentamientos en zonas de ladera del país. Su configuración topográfica, con pendientes que en muchos sectores superan el 45%, junto con la naturaleza de los materiales geológicos predominantes —suelos arcillosos residuales, depósitos coluviales y materiales poco consolidados—, la exposición a periodos intensos de precipitación y la intensa ocupación informal de las laderas, generan condiciones de alta susceptibilidad a los procesos de remoción en masa. Estos fenómenos, que incluyen caídas de suelo, deslizamientos, flujos y reptaciones, han ocasionado históricamente afectaciones a la población, a la infraestructura urbana y a las redes de servicios públicos, constituyendo una problemática prioritaria de gestión del riesgo para las autoridades distritales y locales.

En respuesta a esta situación, el Fondo de Desarrollo Local de Ciudad Bolívar, en el marco del proyecto de inversión N°2238 del programa “Gestión del Riesgo de Desastres para un Territorio Seguro” —contemplado en el artículo 47 del Plan de Desarrollo Local “Ciudad Bolívar Camina Segura” (Acuerdo No. 077 de 2024)—, adelantó mediante Concurso de Méritos el Proceso de Contratación FDLCB-CMA-004-2025, mediante el cual se adjudicó al Consorcio Preservar (NIT: 902.019.627-3) el **Contrato de Consultoría No. CIN-1104-2025**, cuyo objeto es “Realizar estudios y diseños detallados e integrales con planteamiento de medidas de reducción de riesgo por movimientos en masa, que permitan la correcta inversión y ejecución de obras de mitigación, en la Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.”. El contrato tiene un plazo de cuatro (4) meses y un valor de **$847.562.630,00** (equivalente a 595,4075 SMLMV para el año de suscripción).

El presente documento corresponde al informe de **Estudios Detallados de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa**, elaborado por el Consorcio Preservar en cumplimiento de las obligaciones contractuales. Su desarrollo se rige por los Términos de Referencia adoptados mediante la Resolución No. 111 del 10 de mayo de 2022 del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER), que establecen los lineamientos metodológicos para la elaboración de estudios de esta naturaleza en el Distrito Capital, y por las demás normas técnicas y legales de orden nacional y distrital aplicables.

El informe integra los resultados de las investigaciones de campo y de laboratorio, los análisis de estabilidad de taludes, la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo por movimientos en masa, así como las propuestas de medidas de reducción del riesgo —tanto estructurales como no estructurales— y los diseños definitivos de las obras de mitigación requeridas. Todo ello orientado a proveer a la entidad contratante y a las comunidades de Ciudad Bolívar de los insumos técnicos necesarios para la correcta inversión y ejecución de intervenciones que incrementen la seguridad territorial y reduzcan la vulnerabilidad de la población ante los fenómenos de remoción en masa.

En razón a la diversidad de condiciones geológicas, geomorfológicas y de riesgo presentes en cada sector de intervención, y con el fin de facilitar la consulta, el seguimiento técnico y la futura ejecución de las obras, los resultados del presente contrato se organizaron en **tres (3) documentos independientes**, uno por cada sitio de análisis, así:

Documento 1. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa – Sector **Porvenir de la Estancia II** (Calle 62k 75f – 09 s).

Documento 2. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa – Sector **Arborizadora Alta – Candelaria la Nueva**.

Documento 3. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa – Sector **Sierra Morena** – **Corte vial.**

Cada documento contiene la totalidad de los componentes técnicos aplicables al respectivo sector: estudios básicos, evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, propuesta de medidas de reducción, diseños de obras de mitigación, plan de monitoreo y seguimiento, conclusiones y recomendaciones, y anexos de soporte. El presente documento corresponde al **01.** Sector **Porvenir de la Estancia II** (Calle 62k 75f – 09 s).

El presente documento se estructura en (11) capítulos principales y un conjunto de anexos técnicos. El Capítulo 1 presenta las generalidades del estudio, incluyendo el objetivo, alcance, localización, normatividad aplicable, metodología e insumos básicos. El Capítulo 2 desarrolla los estudios básicos, comprendiendo la cartografía y topografía, la geología y geomorfología, la cobertura vegetal y uso del suelo, la evaluación del drenaje superficial y subsuperficial, la caracterización hidrogeológica y la evaluación de la amenaza sísmica para los análisis de estabilidad. El Capítulo 3 presenta los estudios detallados, incluyendo el inventario del proceso morfodinámico, la investigación geotécnica, la construcción del modelo geológico-geotécnico, los análisis de estabilidad, la evaluación de la amenaza por movimientos en masa, la estimación de la vulnerabilidad y el análisis de riesgo. El Capítulo 4 desarrolla las medidas para la gestión y reducción del riesgo, contemplando las medidas estructurales y no estructurales, el análisis costo-beneficio, el plan de monitoreo e instrumentación geotécnica y la evaluación de la condición de amenaza, vulnerabilidad y riesgo con obras de mitigación. El Capítulo 5 presenta el análisis predial y urbano de las áreas objeto de intervención. El Capítulo 6 contiene los presupuestos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas y programación de obra. El Capítulo 7 reúne los insumos requeridos para trámites, permisos y planes complementarios de gestión ambiental, social, de tránsito y de riesgo. El Capítulo 8 corresponde a las conclusiones y recomendaciones del estudio. El Capítulo 9 contiene la bibliografía y referencias consultadas. El Capítulo 10 reúne los memoriales de responsabilidad de los profesionales participantes. Finalmente, el Capítulo 11 integra los anexos técnicos, los cuales incluyen registros de campo, resultados de laboratorio, memorias de cálculo, planos, cartografía temática y demás documentos de soporte que complementan la información presentada en el informe.

1.1 OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo principal realizar los estudios y diseños detallados e integrales con planteamiento de medidas de reducción de riesgo por movimientos en masa, que permitan la correcta inversión y ejecución de obras de mitigación en la Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C., en el marco del Contrato de Consultoría No. CIN-1104-2025 suscrito entre el Fondo de Desarrollo Local de Ciudad Bolívar (EL FONDO) y el Consorcio Preservar (NIT: 902.019.627-3).
De manera específica, el estudio busca:

a) Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y geotécnicas de los sectores críticos identificados en la Localidad de Ciudad Bolívar, susceptibles a procesos de remoción en masa.

b) Evaluar la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa en las áreas de interés, conforme a la Resolución 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER y demás normativa distrital vigente.

c) Formular y diseñar las medidas de reducción de riesgo, incluyendo obras de mitigación (contención, drenaje y bioingenieria), medidas no estructurales y plan de monitoreo e instrumentación.

d) Elaborar los diseños definitivos de las obras de mitigación, incluyendo memorias de cálculo, planos, especificaciones técnicas, presupuesto y programación de obra, de acuerdo con los estándares técnicos y normativos aplicables.

e) Contribuir a la meta del proyecto de inversión N°2238 denominado “Gestión del Riesgo de Desastres para un Territorio Seguro” del Plan de Desarrollo Local “Ciudad Bolívar Camina Segura”, adoptado mediante Acuerdo No. 077 de 2024.

1.2 ALCANCE Y LIMITACIONES

El alcance del presente contrato de consultoría comprende la realización integral de los estudios y diseños detallados para la ejecución de obras de mitigación de riesgos por movimientos en masa en sectores críticos de la Localidad de Ciudad Bolívar. Las actividades incluidas son:

- Levantamiento topográfico de detalle (escala 1:1000 o mayor) y elaboración de cartografía base a escala mínima 1:2000 en los sectores objeto de intervención.
- Estudios de geología regional y local, geomorfología, e inventario de movimientos en masa.
- Exploración del subsuelo mediante apiques manuales, sondeos mecánicos por percusión y/o rotación, y los ensayos de campo complementarios que se determinen necesarios según las condiciones particulares de cada sector de intervención.
- Ensayos de laboratorio de geotecnia (clasificación, propiedades índices, resistencia al corte, consolidación y permeabilidad).
- Análisis hidrológico e hidrogeológico de las cuencas de influencia, incluyendo determinación del nivel freático y condiciones de drenaje.
- Evaluación de amenaza (FS ≥ 1.5 estático, FS ≥ 1.05 pseudoestático, FS ≥ 1.3 con nivel freático), vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, y elaboración de mapas a escala 1:2000.
- Diseño definitivo de obras de mitigación estructurales y no estructurales, con memorias de cálculo, planos constructivos, especificaciones técnicas, cantidades de obra, presupuesto y programación.
- Plan de monitoreo e instrumentación geotécnica y plan de contingencia.

En cuanto a las **limitaciones**, se precisa que: (i) el Fondo de Desarrollo Local de Ciudad Bolívar se reserva el derecho de modificar la localización de los sitios inicialmente previstos en función de la ocurrencia de emergencias o cambios en las condiciones del terreno; (ii) los resultados y recomendaciones del presente estudio están circunscritos a las condiciones del subsuelo y del entorno detectadas durante el trabajo de campo; (iii) cualquier cambio significativo en las condiciones del terreno o en los usos del suelo posteriores a la fecha del estudio podría requerir una actualización de los diseños; y (iv) el plazo de ejecución del contrato es de cuatro (4) meses contados a partir del acta de inicio.

1.3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área objeto del presente estudio se localiza en la localidad de Ciudad Bolívar, correspondiente a la Localidad N.° 19 del Distrito Capital de Bogotá D.C., ubicada al sur de la ciudad. Esta localidad limita al norte con Bosa y Kennedy, al oriente con Tunjuelito, al sur con Usme y al occidente con el municipio de Soacha (Cundinamarca).

Desde el punto de vista geomorfológico, Ciudad Bolívar se emplaza sobre las estribaciones de los Cerros Surorientales, con altitudes que oscilan entre los 2.400 y 3.600 m s.n.m. y pendientes que pueden superar el 45%. Estas condiciones, sumadas a la presencia de suelos residuales arcillosos, depósitos coluviales y materiales poco consolidados, generan una **alta susceptibilidad a procesos de remoción en masa**, especialmente bajo condiciones de saturación y presión antrópica.

El presente estudio comprende cinco (5) sectores priorizados, localizados en zonas urbanas consolidadas y de expansión, correspondientes a los barrios Porvenir de la Estancia II, Lucero Alto, Sierra Morena III, Sierra Morena III – Corte vial y Arborizadora Alta – Candelaria La Nueva.

Los polígonos de estudio se distribuyen espacialmente entre las Calles 62k Sur y 75c Sur, y entre las Carreras 18 y 75h, en áreas caracterizadas por desarrollos residenciales, vías locales, equipamientos comunitarios y redes de servicios públicos, con predominio de ocupación en ladera.

En la siguiente figura se presenta la localización general de los polígonos analizados:

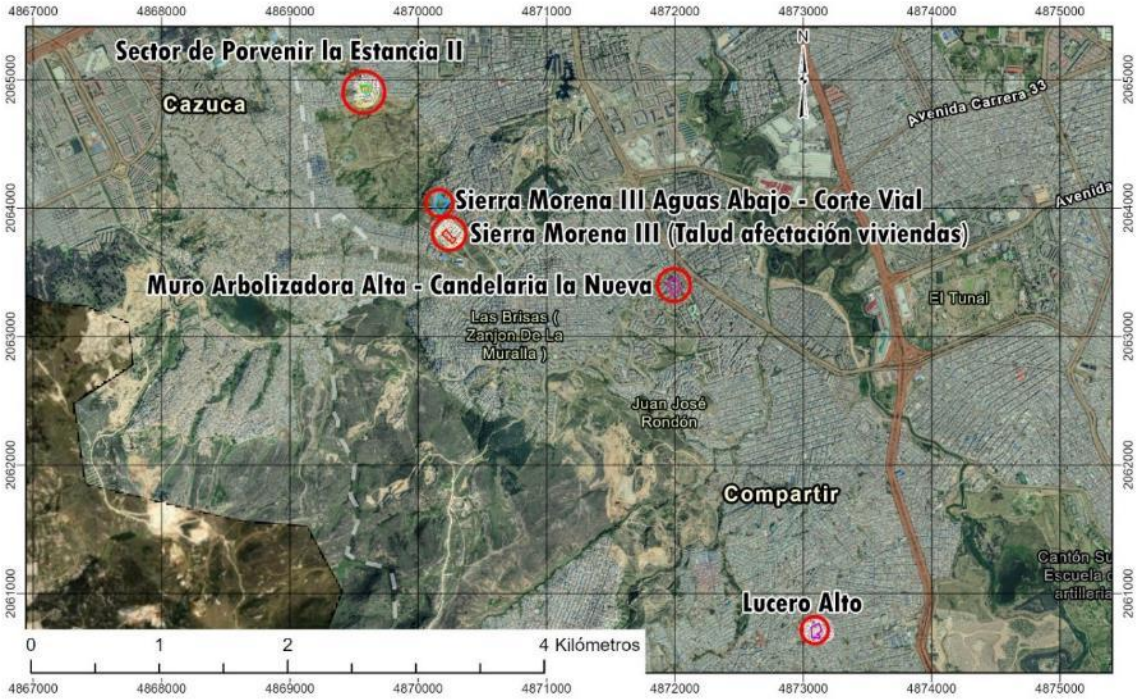


Figura 1. Localización general de los sectores de estudio en la Localidad de Ciudad Bolívar.
Fuente: Elaboración propia con base en ortoimagen Bogotá–Soacha 2020 (IDECA).

1.4 LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DE LOS POLÍGONOS (SEGÚN PRIORIZACIÓN)

A continuación, se describe la localización específica de cada uno de los polígonos de estudio, junto con sus coordenadas geográficas.

1.4.1 POLÍGONO 1 – PORVENIR DE LA ESTANCIA II

El polígono correspondiente al sector Porvenir de la Estancia II se ubica en la localidad de Ciudad Bolívar, aproximadamente entre la Calle 62k Sur y la Calle 63 bis Sur, y entre la Carrera 75h y la Carrera 75b bis, en un sector urbano predominantemente residencial con desarrollos de densidad media, vías locales y presencia de equipamientos comunitarios. La zona se emplaza sobre laderas características del sur de Bogotá, presentando condiciones topográficas que favorecen la ocurrencia de procesos de inestabilidad. En este sentido, se han identificado alertas asociadas a pérdida de banca en la corona de taludes y movimientos en masa en estado activo, principalmente de tipo caída de suelo, lo que evidencia la necesidad de evaluación y manejo geotécnico del sector. Las coordenadas geográficas de los vértices del polígono se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas del polígono Porvenir de la Estancia II.

Polígono	Vértice	Latitud	Longitud
Porvenir de la Estancia II	1	4,586924	-74,1765
Porvenir de la Estancia II	2	4,586914	-74,1763
Porvenir de la Estancia II	3	4,586896	-74,176
Porvenir de la Estancia II	4	4,586887	-74,1758

Polígono	Vértice	Latitud	Longitud
Porvenir de la Estancia II	5	4,586857	-74,1757
Porvenir de la Estancia II	6	4,586482	-74,1757
Porvenir de la Estancia II	7	4,586434	-74,1759
Porvenir de la Estancia II	8	4,586429	-74,1763

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente se presenta la localización específica del polígono:



Figura 2. Polígono Porvenir de La Estancia II.
Fuente: Elaboración propia.

1.4.2 POLÍGONO 5 – ARBORIZADORA ALTA – CANDELARIA LA NUEVA

El polígono localizado en el sector Arborizadora Alta – Candelaria La Nueva se ubica aproximadamente entre la Diagonal 68a Sur y la Calle 68c Sur, y entre la Carrera 44a y la Carrera 43b, dentro de un área urbana caracterizada por desarrollos residenciales y presencia de equipamientos barriales.

Este sector corresponde a una zona urbana consolidada, con predominio de vivienda, espacios públicos y equipamientos comunitarios, localizada en una franja de transición entre áreas de expansión urbana y sectores plenamente consolidados de la localidad. Las condiciones del entorno reflejan un alto grado de intervención antrópica, con una infraestructura urbana definida y una dinámica de ocupación estable.
Las coordenadas geográficas de los vértices del polígono se presentan en la Tabla 2, la cual permite establecer con precisión la delimitación espacial del área de estudio.

Tabla 2. Coordenadas geográficas del polígono Arborizadora Alta – Candelaria la Nueva.

Polígono	Vértice	Latitud	Longitud
Arborizadora Alta	1	4,572678	-74,1543
Arborizadora Alta	2	4,572848	-74,154
Arborizadora Alta	3	4,572895	-74,154
Arborizadora Alta	4	4,573548	-74,1543
Arborizadora Alta	5	4,573529	-74,1544
Arborizadora Alta	6	4,573711	-74,1545
Arborizadora Alta	7	4,57362	-74,1547
Arborizadora Alta	8	4,573432	-74,1548
Arborizadora Alta	9	4,573268	-74,1546
Arborizadora Alta	10	4,573033	-74,1545

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 presenta la localización específica del polígono.



Figura 3. Polígono Arborizadora Alta – Candelaria la Nueva.
Fuente: Elaboración propia; Ortoimagen Bogotá-Soacha 2020, GSD 8cm, cámara DMCIII - IDECA.

1.4.3 POLÍGONO 4 – SIERRA MORENA III – CORTE VIAL

El polígono correspondiente al sector Sierra Morena III – Corte vial se localiza aproximadamente entre la Calle 75a Sur y la Diagonal 75 Sur, y entre la Carrera 73n y la Transversal 73i, en una zona urbana con predominio de vivienda y vías locales.

El área presenta características urbanas similares a las del sector Sierra Morena III, con desarrollos residenciales implantados sobre ladera y una red de vías locales que se articulan con el sistema vial de la localidad. La intervención vial existente ha generado cortes en talud que pueden incidir en la estabilidad del terreno, por lo que se hace necesario su análisis desde el punto de vista geológico-geotécnico.

Las coordenadas geográficas de los vértices del polígono se presentan en la Tabla 3, a la cual se hace referencia para la delimitación espacial detallada del área de estudio.

Tabla 3. Coordenadas geográficas del polígono Sierra Morena III – Corte vial.

Polígono	Vértice	Latitud	Longitud
Sierra Morena – Corte vial	1	4,578399	-74,1705
Sierra Morena – Corte vial	2	4,578617	-74,1703
Sierra Morena – Corte vial	3	4,578784	-74,1703
Sierra Morena – Corte vial	4	4,578791	-74,1704
Sierra Morena – Corte vial	5	4,578878	-74,1706
Sierra Morena – Corte vial	6	4,578962	-74,1707
Sierra Morena – Corte vial	7	4,579125	-74,1707
Sierra Morena – Corte vial	8	4,579135	-74,1709
Sierra Morena – Corte vial	9	4,579154	-74,171
Sierra Morena – Corte vial	10	4,578978	-74,1711
Sierra Morena – Corte vial	11	4,578902	-74,171
Sierra Morena – Corte vial	12	4,578775	-74,1711
Sierra Morena – Corte vial	13	4,578696	-74,1711
Sierra Morena – Corte vial	14	4,578548	-74,1712
Sierra Morena – Corte vial	15	4,578462	-74,1711
Sierra Morena – Corte vial	16	4,578374	-74,171
Sierra Morena – Corte vial	17	4,578285	-74,1709
Sierra Morena – Corte vial	18	4,57817	-74,1708
Sierra Morena – Corte vial	19	4,578008	-74,1707
Sierra Morena – Corte vial	20	4,577987	-74,1707
Sierra Morena – Corte vial	21	4,578089	-74,1706
Sierra Morena – Corte vial	22	4,578201	-74,1706
Sierra Morena – Corte vial	23	4,57827	-74,1705

Fuente: Elaboración propia.

En seguida, se presenta la figura de la localización:



Figura 4. Polígono Sierra Morena III – Corte vial.
Fuente: Elaboración propia; Ortoimagen Bogotá-Soacha 2020, GSD 8cm, cámara DMCIII - IDECA.

1.5 NORMATIVIDAD APLICABLE

El presente estudio se desarrolla en el marco normativo vigente a nivel nacional, distrital y técnico, que se relaciona a continuación:

Marco Constitucional y Legal:

- Constitución Política de Colombia, artículos 1, 2, 51, 79 y 289, que establecen el deber del Estado de proteger a las personas y sus bienes ante riesgos naturales, garantizar el derecho a la vivienda digna y al medio ambiente sano.
- Ley 9 de 1989, artículo 56: Obligación de los municipios de prevenir y mitigar el riesgo de desastre en su jurisdicción, manteniendo actualizado el inventario de zonas con amenazas para asentamientos humanos.
- Ley 472 de 1998, artículo 4, literal l: Consagra el derecho colectivo a la seguridad y prevención de desastres previsibles técnicamente.
- Ley 1523 de 2012: Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD).
- Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto Nacional 1077 de 2015): Establece la obligación de realizar estudios básicos y detallados de amenaza y riesgo para la revisión de los POT y la expedición de licencias de urbanización y parcelación.
- Decreto Nacional 1077 de 2015, artículo 2.2.6.1.2.2.3, modificado por el Decreto 1203 de 2017: Los curadores urbanos y autoridades municipales deben revisar el cumplimiento del NSR-10, los estudios geotécnicos y de suelos en los proyectos sometidos a licencia.
- Resolución 1025 de 2021 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (modificatoria de la Resolución 0462 de 2017): Cuando los predios estén ubicados en zonas de amenaza y/o riesgo alto o medio de origen geotécnico o hidrológico, se deben adjuntar estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa.
- NSR-10 – Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente: Título H (Estudios Geotécnicos) y demás títulos aplicables a los diseños de obras de mitigación.

Marco Distrital:

- Decreto Distrital 555 de 2021 y Acuerdo 007 de 2016 del IDIGER: Confieren al IDIGER las facultades para adoptar términos de referencia para estudios de amenaza y riesgo en Bogotá D.C.
- **Resolución No. 111 del 10 de mayo de 2022 – IDIGER**: Por la cual se adoptan los Términos de Referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por movimientos en masa para proyectos de urbanización o parcelación en Bogotá D.C. Esta resolución constituye el principal instrumento metodológico para el desarrollo del presente estudio.
- Decreto Distrital 555 de 2021, artículo 22: Establece la obligación de adelantar estudios de amenaza y riesgo previo al proceso de desarrollo de actuaciones urbanísticas.
- Plan de Desarrollo Local “Ciudad Bolívar Camina Segura”, Acuerdo No. 077 de 2024, artículo 47: Programa “Gestión del Riesgo de Desastres para un Territorio Seguro” – Proyecto de inversión N°2238.
- Acuerdo Distrital 637 de 2016 (que modifica el Acuerdo 257 de 2006): Define las funciones de la Secretaría Distrital de Gobierno y los Fondos de Desarrollo Local en materia de gestión del riesgo y gobernabilidad local.

Marco de Contratación:

- Ley 80 de 1993 (Estatuto General de Contratación), artículo 32: Define los contratos de consultoría como aquellos referidos a los estudios necesarios para la ejecución de proyectos de inversión.
- Ley 1150 de 2007 y Decreto 1082 de 2015: Normas que regulan la modalidad de selección por Concurso de Méritos aplicable al presente contrato (Proceso FDLCB-CMA-004-2025).

1.6 METODOLOGÍA GENERAL

La metodología general adoptada para el desarrollo del presente estudio se fundamenta en los Términos de Referencia establecidos en la Resolución No. 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER, y comprende las siguientes fases:

Fase 1 – Recopilación y Análisis de Información Secundaria:

Revisión y análisis de estudios previos, cartografía base del IDECA e IGAC, información climatológica e hidrológica del IDEAM, registros históricos de movimientos en masa (DesInventar, SGC), planos de redes de servicios públicos (EAAB, ETB, Gas Natural) e informes del IDIGER para los sectores de interés. También se incluye la revisión del POT Distrital (Decreto 555 de 2021) y sus instrumentos complementarios para el análisis de usos del suelo y clasificación de amenaza.

Fase 2 – Trabajo de Campo:

Recorridos de reconocimiento geológico-geomorfológico, inventario de movimientos en masa existentes y levantamiento topográfico de detalle. Ejecución del programa de exploración del subsuelo (apiques, sondeos mecánicos por percusión en suelo blando y duro, perforaciones en roca y coluvión, ensayos CPTu con piezocono) con toma de muestras inalteradas para ensayos de laboratorio. Registro fotográfico sistemático y documentación de las condiciones de cada sector.

Fase 3 – Ensayos de Laboratorio:

Ejecución de ensayos de clasificación y propiedades índice (granulometría, límites de Atterberg, humedad, peso unitario), resistencia al corte (triaxial CU y CD, corte directo), consolidación unidimensional y permeabilidad, de acuerdo con las normas INV y ASTM aplicables. Los resultados alimentarán el modelo geotécnico del terreno.

Fase 4 – Análisis y Modelación:

Elaboración del modelo geotécnico del terreno, definición de perfiles representativos y parámetros geomecánicos de diseño. Ejecución de análisis de estabilidad de taludes en condición estática (FS ≥ 1.5), pseudoestática (FS ≥ 1.05) y con nivel freático (FS ≥ 1.3) mediante métodos de equilibrio límite (Bishop, Spencer, Morgenstern-Price) y software especializado. Análisis hidrológico e hidrogeológico de las cuencas de aporte.

Fase 5 – Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo:

Zonificación de la amenaza por movimientos en masa en categorías alta, media y baja a escala 1:2000. Identificación de elementos expuestos (infraestructura, edificaciones, población, redes de servicios públicos) y análisis cuantitativo de la vulnerabilidad física. Determinación del nivel de riesgo mediante la combinación de amenaza y vulnerabilidad, con elaboración de mapas y escenarios de riesgo.

Fase 6 – Diseño de Medidas de Reducción del Riesgo y Elaboración de Entregables:

Formulación y diseño definitivo de medidas estructurales (obras de contención y estabilización, drenaje superficial y subterráneo, protección y bioingenieria) y no estructurales (plan de monitoreo e instrumentación, sistema de alerta temprana, restricciones de uso del suelo). Elaboración de memorias de cálculo, planos constructivos, especificaciones técnicas, cantidades de obra, presupuesto de inversión y programación de obras. Análisis de costo-beneficio de las medidas propuestas. Todo lo anterior conforme a los estándares técnicos del NSR-10, las normas INV y los lineamientos del IDIGER para Bogotá D.C.

2 INSUMOS BÁSICOS

2.1 CARTOGRAFÍA BASE Y TOPOGRAFÍA

2.1.1 INFORMACIÓN TÉCNICA Y METODOLOGÍA

2.1.1.1 EXPLORACIÓN EN LA ZONA DE TRABAJO

Se realizó una primera visita de exploración y se definieron tanto los sitios para materialización y geoposicionamiento de los vértices GPS por estático, como el área a levantar por métodos topográficos convencionales. Se realizó la inspección de la zona para la ubicación de los vértices NP's pertenecientes a la Red Geodésica de Control Vertical del IGAC de la cual se irían a amarrar los circuitos de nivelación geométrica y se seleccionó el vértice **L03-029-Z5** de la EAAB dado que en la zona no se encontraron puntos IGAC.

2.1.1.2 GEORREFERENCIACIÓN

El trabajo consistió en darle coordenadas por sistema GNSS a los vértices denominados GPS-1 y GPS-2 como base de salida (punto y su señal de azimut) ubicados el primero en la intersección de la carrera 75G con calle 62K S y el GPS-2 en el parque Mirador de la Estancia II sobre la Calle 62 K S,. Los puntos GPS base fueron posicionados en estático mediante antenas de primer orden GPS HI Target V-200 Sistema GNSS, RTK de Doble Frecuencia, cumpliendo los parámetros de precisión y tiempos de rastreo por el IGAC exigidos.



Figura 5. Base puntos GNSS, GPS-1 y GPS-2

El sistema de referencia del proyecto es:

Datum: MAGNA_Ciudad de Bogotá

- Proyección: Transversa Mercator
- Falso Este: 92334.879
- Falso Norte: 109320.965
- Latitude_Of_Origen: 4.680486111
- Central Meridian: -74.146591666
- Scale_Factor: 1.000399803
- Linear_Unit: Meter (1.0)
- Época de referencia: 2018.0

2.1.1.2.1 Amojonamiento

Para garantizar la perdurabilidad de la georreferenciación en el tiempo, se fundieron e incrustaron placas de aluminio embebidas en el concreto existente, debidamente marcadas para facilitar su identificación de la siguiente manera:



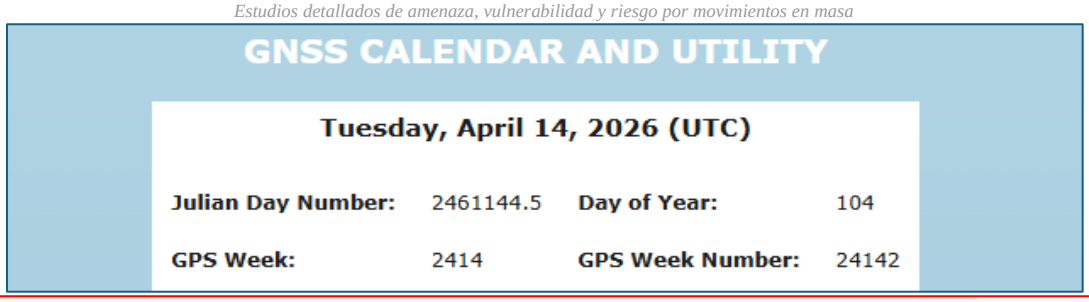
Figura 6. Posicionamiento puntos GPS-1 y GPS-2
Fuente: elaboración propia

2.1.1.2.2 Método de Posicionamiento GNSS Estático Relativo

La aplicación de esta metodología permite obtener precisiones de carácter geodésico sobre la superficie terrestre en la que se determinan posiciones de los puntos materializados en el proyecto con respecto a otro u otros puntos cuyas coordenadas rectangulares (X, Y, Z) son conocidas. Localizando los receptores GPS en cada uno de estos puntos que reciben las señales en tiempos simultáneos, permitiendo el registro de datos para que posteriormente se ejecute el cálculo por comparación de las pseudodistancias medidas y estimar así las coordenadas reales por observación.

2.1.1.2.3 Actividades de Campo

Para las actividades de georreferenciación el día 14 de abril de 2026 a las 9:45:57 am se posicionaron las antenas V-200 en los puntos GPS-1 con una duración de 2 horas 46 minutos 14 segundos y en el punto GPS-2 a las 9:24:15 pm con una duración de 3 horas 3 minutos 46 segundos. La distancia entre los dos puntos de la línea base es de 11.97 Kms a AEDO y a 12.15 kms de BOGA, cumpliendo con los tiempos de rastreo.



geodesy.noaa.gov/ANTCAL/#

HITV200	NINGUNO	Dibujo Etiqueta Lateral Superior	ANTEX ANTINFO	Modelo V200, PN:CH030101000057, MMI->N	06-JUL-21
HITV30	NINGUNO	Dibujo Etiqueta Lateral Superior	ANTEX ANTINFO	Hi-Target V30 P/N 0201010223 DSP->Norte	11-ABR-12
HITV30PLUS	NINGUNO	Dibujo Etiqueta Lateral Superior	ANTEX ANTINFO	Hi-Target V30 Plus, PN 0201010370, MMI>N	26-OCT-18
HITV5	NINGUNO	Dibujo Etiqueta Lateral Superior	ANTEX ANTINFO	V5, PN:CH030101000141, ARP:BAM, MMI->N	30-AGO-22
HITV60	NINGUNO	Dibujo Etiqueta Lateral Superior	ANTEX ANTINFO	Hi-Target V60 MMI->Norte	19-JUL-14

Figura 7. Captura Inclusión se Antenas Hi Target página NOA.

El postproceso cumple con parámetros específicos para este tipo de trabajos como cálculo en coordenadas locales Ciudad_Bogotá, época 2018.0, nivel de confianza del 95%, PDOP<4, RMS<2, precisión horizontal menor a 2.0 cms, longitud máxima para resolver ambigüedades, distancia entre puntos aproximada a 100 m, épocas de captura receptores 1 seg, cálculo por doble determinación, efemérides precisas IGS, el tiempo de rastreo para puntos estáticos debe cumplir con la formula:

$$T = 65 \text{ min} + (3 \text{ min } X (D-10)),$$

Donde T es tiempo de rastreo.

D es la distancia en kilómetros del punto a la estación permanente.

Tabla 4. Tiempos de Rastreo Estáticos

TIEMPOS DE RASTREO					
GPS	DIRECCIÓN	TIEMPO RASTREO	TIEMPO DE RASTREO TEÓRICO		CUMPLE
			AEDO	BOGA	
GPS-1	CALLE 62K S CARRERA 75H	2 h :46 m:14 s	1 h : 12 m: 00 s	1 h : 13 m: 00s	S I
GPS-2	CALLE 62K S CARRERA 75L	3 h : 03 m:46 s	1 h : 13 m: 00 s	1 h : 14 m: 00s	S I

Estas sesiones de GPS se realizaron controlando paulatinamente la buena recepción de satélites que en nuestro caso osciló de 14 satélites a más, por encima de las especificaciones de tiempos de rastreo en estático recomendadas.

2.1.1.2.4 Procesamiento de Datos GNSS

Como preparación para el proceso de los datos GNSS se debe contar con los siguientes archivos:

- Archivos rinex tanto de las antenas base estaciones continuas del IGAC y los archivos rinex de las antenas posicionados en los deltas que son antenas Hi Target V-200.

- Registros de los rastreos de las estaciones MAGNA_ECO de AEDO y BOGA de Bogotá que son suministrados por el IGAC, en la página Mapas de Colombia, Geodesia
- Efemérides Precisas de IGS en la página de la NASA

- Coordenadas Geocéntricas X,Y,Z de las estaciones continuas MAGNA_ECO suministradas por SIRGAS-CON.

- El Marco de referencia para el procesamiento de los datos es IGS2008, que se obtiene de las soluciones de las coordenadas X, Y, Z.

“La red SIRGAS-CON es procesada semanalmente: las posiciones de las estaciones son calculadas diariamente y las siete soluciones diarias correspondientes a una semana GPS son combinadas en una solución semanal.

Las soluciones individuales semanales generadas por los Centros de Procesamiento y las combinaciones semanales calculadas por los Centros de Combinación se encuentran disponibles en: ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/www (www = semana GPS).

Tabla 5. Coordenadas Geocéntricas (Cartesianas) SIRGAS-CON

Punto	X	Y	Z
BOGA	1744517.109	-6116050.903	512581.219
AEDO	1738102.278	-6117369.800	518063.177

Fuente: Página Soluciones Semanales Sirgas

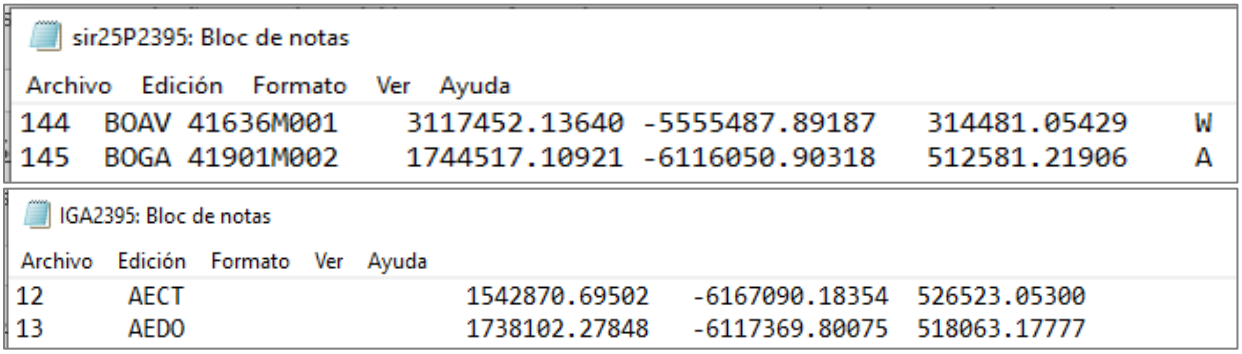


Figura 8. Captura Página Sirgas Coordenadas Semanales Antenas AEDO y BOGA

2.1.1.2.5 Resultados del Cálculo GNSS

Se presentan tablas y estadísticas procedentes del software utilizado con información del postproceso, muestran un reporte de calidad proveniente del software de cálculo GNSS, se puede evidenciar que todos los puntos cumplen con la calidad esperada toda vez que están por debajo de los 3 cms en Posición y Altura, sin embargo, en cuanto altura se toma la cota geométrica producto de la nivelación de precisión.

El cálculo de altura ortométrica con altura Elipsoidal, no se tiene en cuenta debido a que todos los puntos fueron nivelados con cota geométrica, en un circuito cerrado desde el punto certificado por la EAAB.

2.1.1.2.6 Esquemas de Determinación

Los vectores resultantes del posicionamiento GNSS entre AEDO, BOGA y nuestra base GPS-1, GPS-2 se muestra de manera general y detallada, en el siguiente esquema.

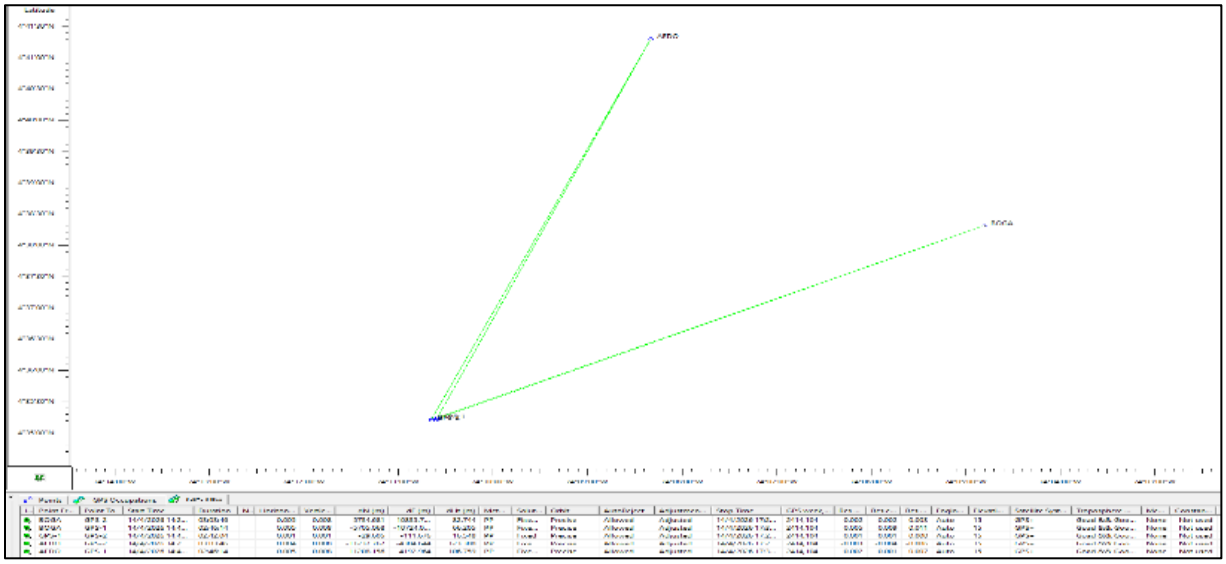


Figura 9. Esquema vectorial de posicionamiento.

2.1.1.2.7 Coordenadas Finales GNSS

Las coordenadas finales época actual resultado del cálculo efectuado en las observaciones simultáneas sobre los satélites observados son:

Tabla 6. Coordenadas Planas Cartesianas y Geográficas 14-04-2026

COORDENADAS EPOCA ACTUAL						
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)
AEDO	110199.979	93201.190	2543.713	4°41'18.35480"N	74°08'19.63187"W	2569.100
BOGA	104696.894	99732.254	2583.464	4°38'19.26152"N	74°04'47.81876"W	2609.673
GPS-1	98991.821	89008.226	2650.032	4°35'13.61509"N	74°10'35.61205"W	2675.866
GPS-2	98962.215	88896.550	2666.582	4°35'12.65150"N	74°10'39.23363"W	2692.414

Fuente: Postproceso

2.1.1.2.8 Cambio de Época

Las coordenadas deben llevarse a la época cartográfica actual 2018.0, para lo cual actualmente no se requiere cálculo de velocidades, para ello se usa el programa Magna Sirgas Pro 5.1. de la página del IGAC, solo requiere saber la fecha de posicionamiento y la fecha de la época cartográfica deseada, como se muestra aquí para GPS-1.

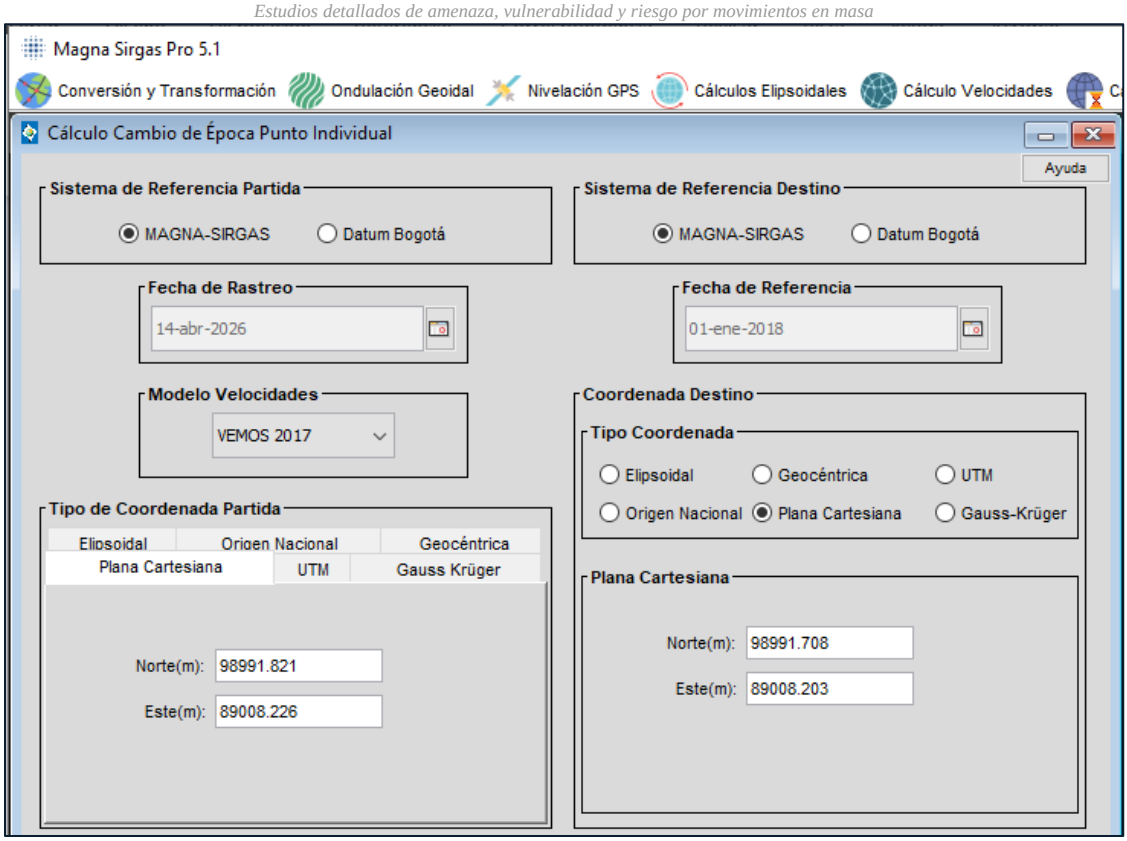


Figura 10. Cambio de época GPS-1

2.1.1.2.9 Coordenadas Finales

Tabla 7. Coordenadas Planas Cartesianas y Geográficas 01-01-2018

COORDENADAS MAGNA CIUDAD DE BOGOTA – EPOCA 2018.0						
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)
GPS-1	98991.708	89008.203	2650.032	4°35'13.61274"N	74°10'35.61279"W	2675.866
GPS-2	98962.102	88896.527	2666.582	4°35'12.64914"N	74°10'39.23436"W	2692.414

Fuente: Postproceso

2.1.1.2.10 Reseña Fotográfica Posicionamiento



GPS-1



GPS-2

Figura 11. Posicionamiento GPS Bases

2.1.1.2.11 Equipo Utilizado – Georreferenciación

En las bases tenemos equipos Hi Target V-200, que son equipos de alta precisión, con sistema GNSS RTK, robustos, livianos, rápidos, compatible con otros receptores, cuyas especificaciones técnicas son:

Especificaciones Técnicas

Características GNSS	Especificaciones	
Señales GNSS	Canales	800+
	GPS	L1 / L2 / L5 / L2C
	BDS	B1 / B2 / B3 / B1C / B2a
	GLONASS	L1 / L2 / L3
	Galileo	E1 / E5 AltBOC / E5a / E5b / E6
	SBAS	L1 / L5
	QZSS	L1 / L2 / L5 / L6
	IRNSS	L5
Rendimiento de Medición y Precisiones	Medición estática GNSS de alta precisión	**Horizontal:**2.5mm + 0.1ppm RMS | **Vertical:** 3.5mm + 0.4ppm RMS
	Estáticos y estáticos rápidos	**Horizontal:**2.5mm + 0.5ppm RMS | **Vertical:**5mm + 0.5ppm RMS
	Postproceso cinemático (PPK/ Stop & Go)	**Horizontal**: 8mm + 1ppm RMS | **Vertical**: 15mm + 1ppm RMS **Tiempo de inicialización**: Normalmente 10 minutos para la base y 5 minutos para el rover **Fiabilidad de la inicialización**: Normalmente >99.9%
	Código diferencial	**Horizontal**: ±0.25m+1ppm RMS **Vertical**: ±0.5m+1ppm RMS | **SBAS**: 0.5m (H), 0.85m (V)
	Tiempo real cinemático(RTK)	**Horizontal**: 8mm+1ppm RMS | **Vertical**: 15mm+1ppm RMS **Tiempo de inicialización**: Normalmente <10s **Fiabilidad de la inicialización**: Normalmente >99.9%
	Tiempo para alcanzar la primera solución fija	**Entre** 30s-45s | **Reconexión de señal:** < 2 s
	Hi-Fix	**Horizontal:** RTK+10mm / minuto RMS | **Vertical:** RTK+20mm / minuto RMS
	Medición de inclinación	2,5 cm de precisión bajo la circunstancia de una inclinación inferior a 30°
Comunicación	Comunicación	**Bluetooth:** 4.2 / 2.1+EDR, 2.4GHz **Wi-Fi:** Frecuencia 2.4GHz, admite 802.11a / b / g / n
	Radio UHF interno	**Frecuencia:** 410-470MHz | **Canales:** 116 (16 ajustable) **Potencia de transmisión:** 0.5W / 1W / 2W ajustable **Admite múltiples protocolos de comunicación:** HI-TARGET, TRIMTALK450S, TRIMMARK III, TRANSEOT, SATEL-3AS, etc.
Característica Física	Batería interna	Interno 7.4V / 6800mAh batería de litio recargable RTK Rover (Red) : 12 horas | **Estático:** hasta 15 horas
	Alimentación externa	**Consumo de energía:** 4.2W | **Dimensión (Ancho × Alto):** 132mm×67mm **Recargar:** Cargadores de smartphone estándar o bancos de energía externos. **Peso:** ≤0.8kg (batería incluida) **Almacenamiento de datos:** 8GB ROM almacenamiento interno
Panel de Control	LEDs	LEDs de estado información de satélite/ señal/ batería
	Botón físico	1
Ambiente	Protección contra agua y polvo	IP67
	Choque y vibración	Soporta una caída natural de 2m sobre el concreto
	Humedad	100%, libre de condensación
	Temperatura de operación	-30℃~+70℃
	Temperatura de almacenamiento	-40℃~+80℃
Interfaz de I/O	1 × USB puerto, Type C	
	1 × SMA antena conector	
Formato de Datos	Tasa de actualización	1Hz-20Hz.
	Formato de datos estáticos	GNS, Rinex
	Modelo de red	VRS, FKP, MAC; soporta NTRIP protocolo
	CMR& RTCM	CMR, RTCM 2.x, RTCM 3.0, RTCM 3.2
	Salida de ASCII	NMEA-0183

Figura 12. Especificaciones Antenas GPS Hi Target V-200.
Fuente: Elaboración propia.

2.1.1.3 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

2.1.1.3.1 Metodología

La determinación de alturas se realizó por etapas mediante mediciones de desniveles utilizando un nivel electrónico Leica DNA10 observando incrementos o disminuciones parciales de altitud por el método BF (vista atrás - vista adelante) de forma continua en ida y regreso, controlando el posible error cambio a cambio y cumplir con la precisión según IDU de 8mm Ö K y según EAAB de 8mm Ö K, siendo K la distancia de la sección medida en kilómetros.

Una vez explorada la zona se encontró que el punto más cercano con cota certificada corresponde a un punto de la EAAB denominado L12-002-Z3 ubicado en la Calle 6 con Carrera 5 cuyas coordenadas y altura m.s.n.m. se muestran en la siguiente gráfica y se procede con las mediciones que sirven de amarre al Datum vertical oficial del país, midiendo los vértices (Incrustaciones) de la red geodésica y los deltas de la poligonal en circuitos diferentes.



Figura 13. Punto de amarre vertical.
Fuente: Geoportal EAAB

Para el traslado de cota ¨Nivelación¨ dada la distancia del punto al sitio del proyecto se efectuó la nivelación en tres (3) circuitos, en diferentes fechas, inicialmente del punto **L03-029-Z5** en el Portal Sur al punto denominado **A-1** en un circuito cerrado de 945 m, ubicado en la intersección de la transversal 73I con

transversal 73B, el segundo circuito desde dicha intersección hasta el **GPS-1** del proyecto y un tercer circuito partiendo de GPS-1 recorriendo D-1, D-2, D-3, D-4, D-4A, D-5 y GPS-1.



Figura 14. Circuitos de Nivelación.

Se efectuó nivelación geométrica topográfica de primer orden con un error aceptado según ecuación, **e=n√k**, donde **e** es el error de cierre permisible o tolerancia entre la ida y el regreso (nivelación y contra nivelación), **n** es igual a 1 mm según EAAB y 8mm según IDU y **k** la distancia nivelada en kilómetros.

Para el procedimiento en campo se utilizó el método de nivelación geométrica sencilla controlada, vista adelante y vista atrás. Las lecturas fueron realizadas de forma equidistante es decir con armada instrumental en un punto medio con el fin de evitar descompensación del peso de las mediciones. Para evitar errores sistemáticos en el giro de las miras durante el avance, se utilizó nivel de burbuja manual y trípode para garantizar la verticalidad de las miras en cada lectura.

Adicionalmente se realizo a partir de GPS-1 la nivelación de la rasante de los pozos del costado norte o de la parte baja del proyecto:

Los datos levantados fueron consignados en cartera electrónica en el sentido de ida y de regreso. Estos datos fueron procesados en Excel donde internamente el equipo programa una hoja de cálculo para verificación del error de cierre y ajuste. (Ver carpeta de archivos de nivelación). Las siguientes imágenes describen el recorrido para el traslado de cota y el circuito de la manzana del proyecto Buenos Aires, los datos tomados y cierres están en los anexos y cuadros de Excel respectivos:

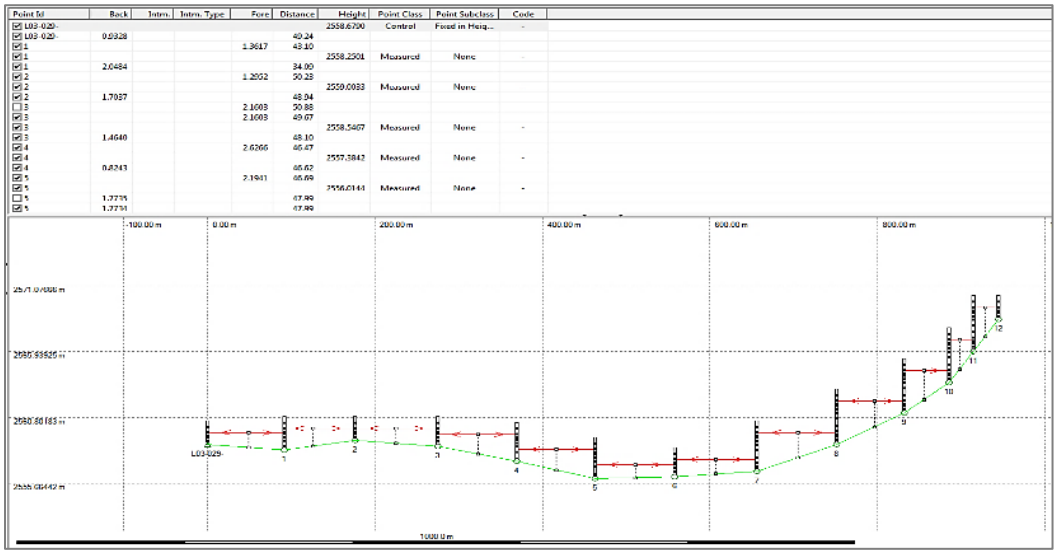


Figura 15. Nivelación de LZ03-029 a A-1.

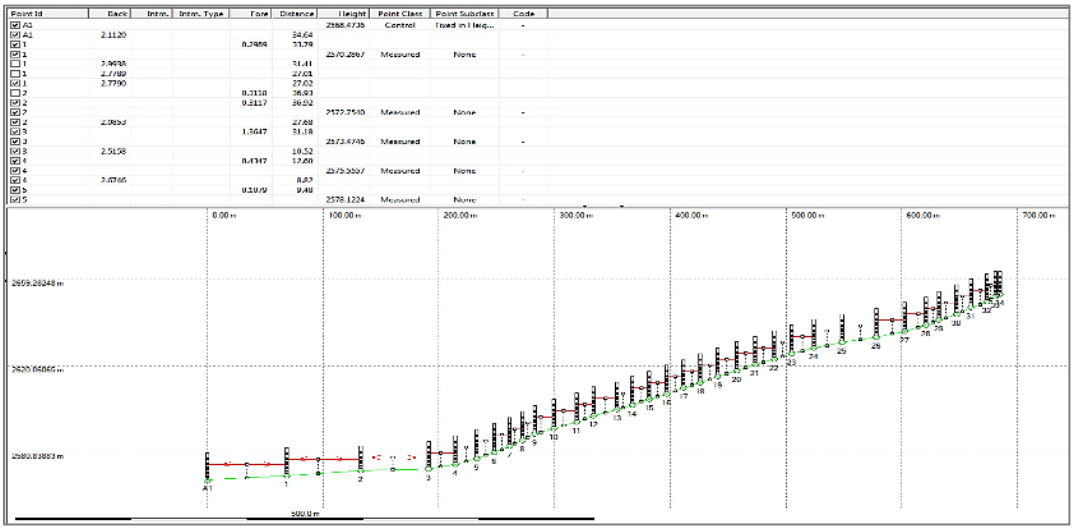


Figura 16. Nivelación de A-1 a GPS-1

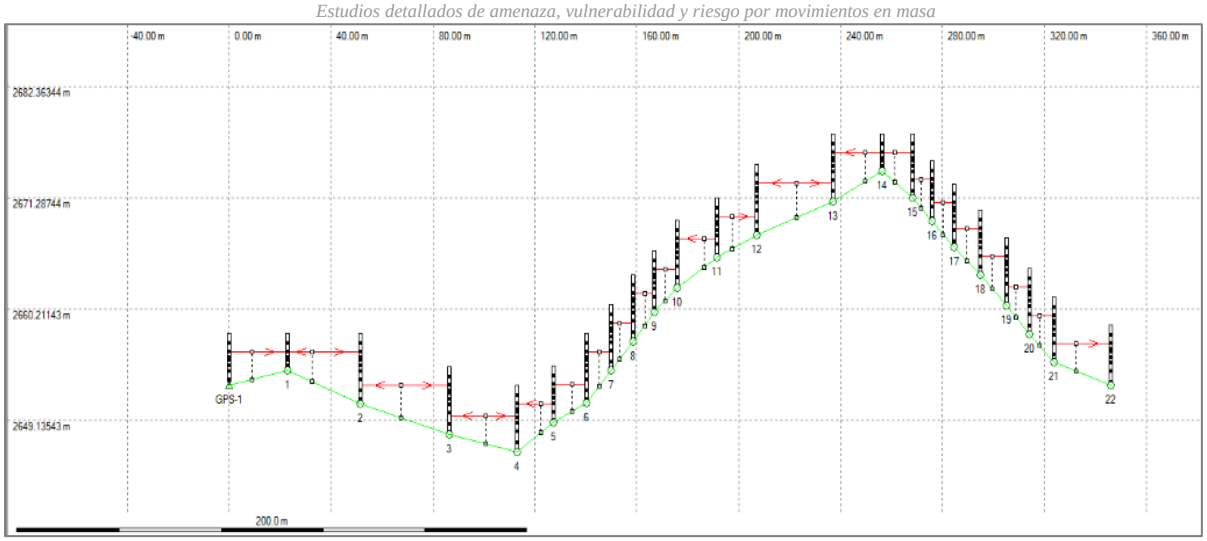


Figura 17. Circuito sobre GPS-1.

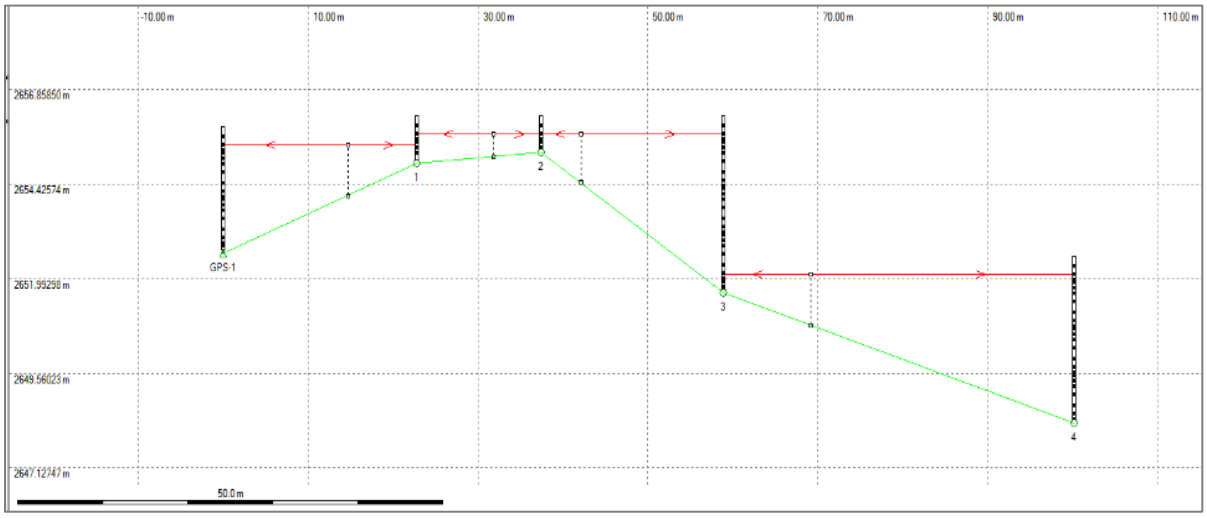


Figura 18. Nivelación de pozos.

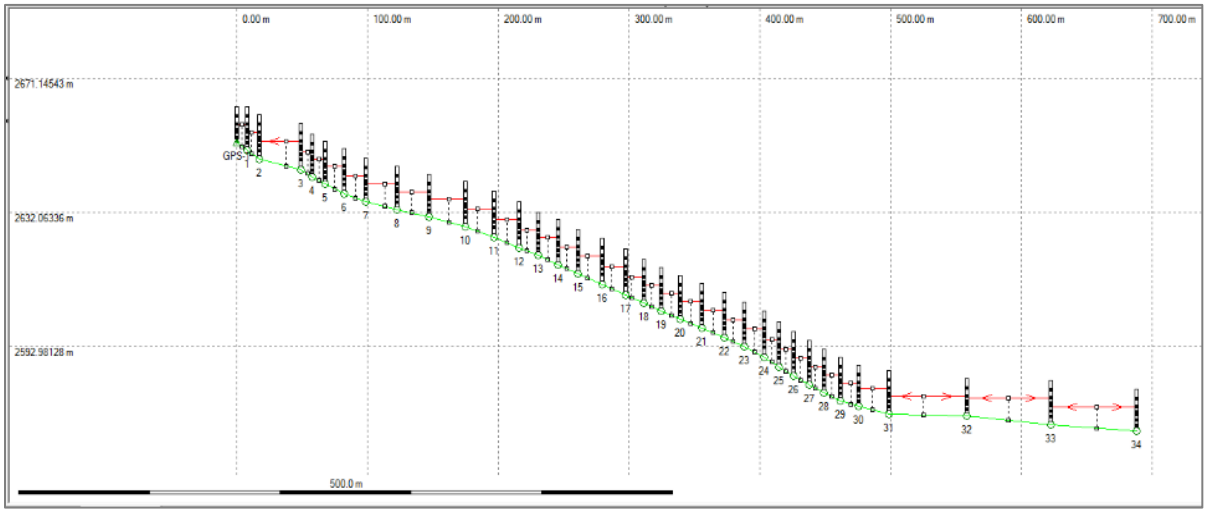


Figura 19. Contranivelación GPS-1 a A-1.

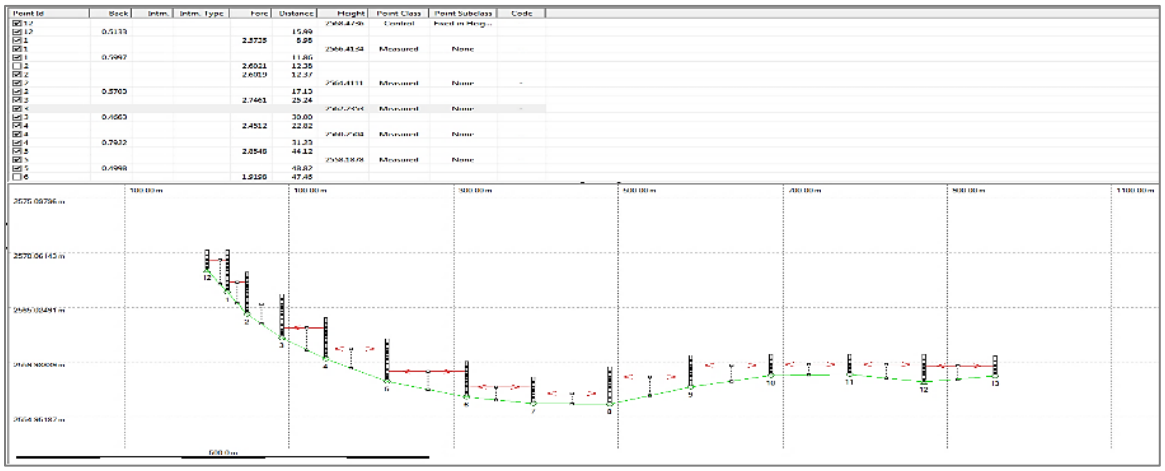


Figura 20. Contranivelación A-1 a LZ-03-029.

Los tres (3) circuitos de nivelación cumplen a satisfacción la tolerancia requerida con cierres por debajo de 1.0 mm/km, las cotas de todos los deltas de la poligonal son:

Tabla 8. Cotas geométricas Deltas Levantamiento.

RESUMEN GENERAL DE COTAS DELTAS LEVANTAMIENTO	
PUNTO	**COTA**
GPS-1	2652.634
DEL-1	2654.145
DEL-1A	2650.822
DEL-2	2674.299
DEL-2A	2674.299
DEL-3	2662.316
DEL-4	2667.551
DEL-4A	2670.946
DEL-5	2673.902

NIVELACIÓN BOGOTÁ
POR TRAMOS SEGÚN CIRCUITOS
TRAMO L03-029-Z5 A A-1

PUNTO	V(+)	V(I)	V(-)	ALTURA INSTRUMENTAL	DISTANCIA	COTA
L03-029-						2558.6790
	0.9328			2559.6118	49.24	
1			1.3617		43.1	
1						2558.2501
1	2.0484			2560.2985	34.09	
2			1.2952		50.23	
2						2559.0033
2	1.7037			2560.707	48.94	
3			2.1603		50.88	
3			2.1603		49.67	
3						2558.5467
3	1.464			2560.0107	48.1	
4			2.6266		46.47	
4						2557.3841
4	0.8243			2558.2084	46.62	
5			2.1941		46.69	
5						2556.0143
5	1.7735			2557.7877	47.99	
5	1.7734				47.99	
6			1.6103		46.87	
6						2556.1774
6	1.811			2557.9884	48.95	
7			1.4021		49.13	
7						2556.5863
7	2.5032			2559.0894	49.19	
7	2.5031				49.18	
8			0.3989		45.86	
8						2558.6905
8	2.8626			2561.553	45.27	
8	2.8625				45.28	
9			0.4199		35.57	
9						2561.1331
9	2.7122			2563.8452	23.47	
9	2.7121				23.48	
10			0.3379		29.8	
10						2563.5073
10	2.6443			2566.1516	12.86	
11			0.1954		16.88	
11						2565.9562
11	2.7611			2568.7173	13.96	
12			0.2439		16.11	
A-1						2568.4734

Figura 21. Ejemplo Cartera Formulada en Excel.

2.1.1.3.2 Reseña Fotográfica Nivelación

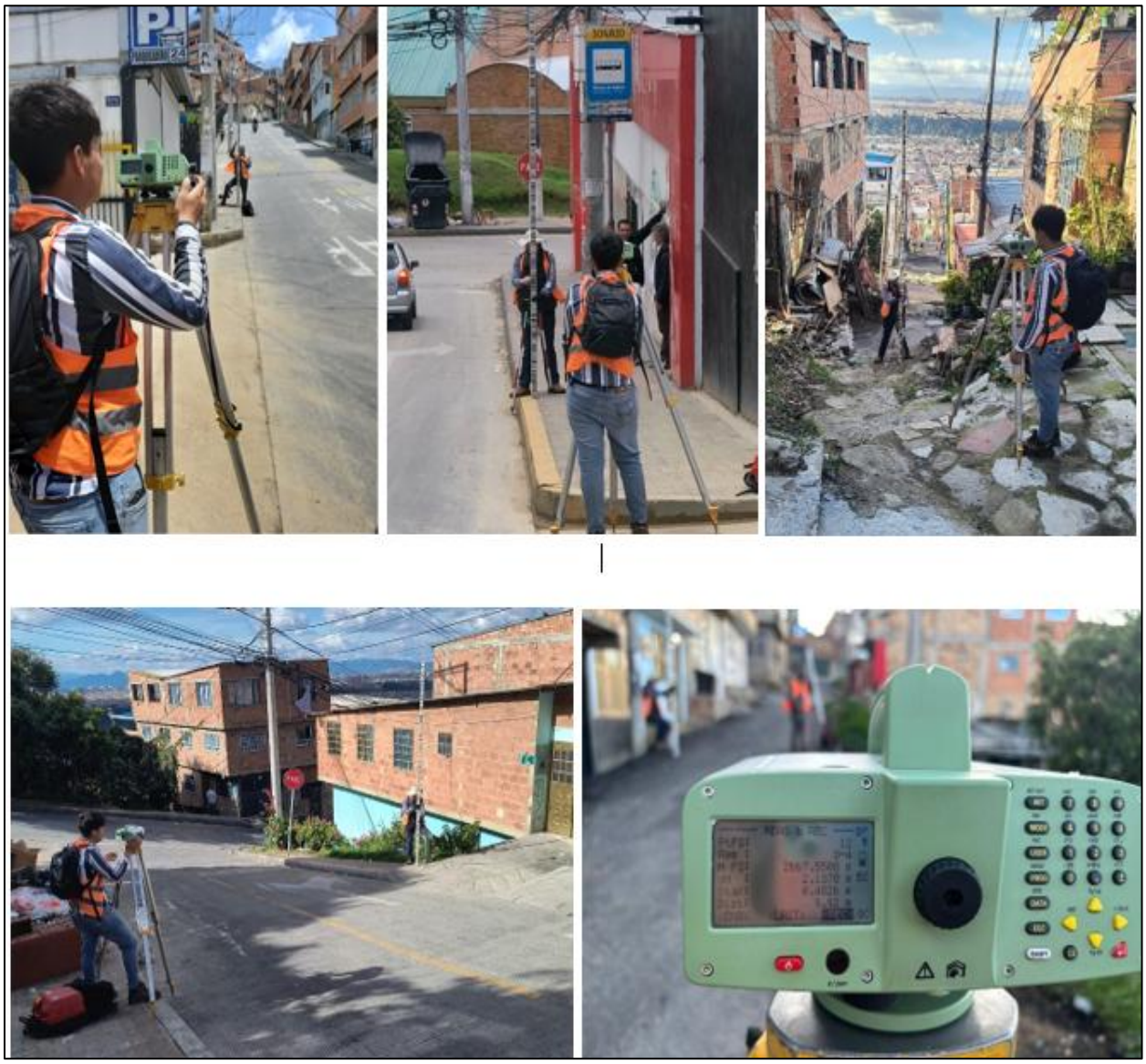


Figura 22. Actividades de Nivelación.

2.1.1.3.3 Equipo utilizado

Nivel electrónico Leica DNA-10, cuyas especificaciones se adjuntan a continuación:

Tabla 9. Especificaciones Nivel Electrónico Leica DNA10.

Datos técnicos	LEICA DNA03	LEICA DNA10
Campo de aplicación	– Medición sencilla de alturas, diferencias de nivel y replanteo de cotas	– Medición sencilla de alturas, diferencias de nivel y replanteo de cotas
	– Nivelaciones de 1°. y 2°. orden	– Nivelaciones para topografía catastral
	– Mediciones de gran precisión	– Mediciones de precisión
Precisión	Desviación típica en 1km de nivelación doble (ISO 17123-2)	
Medición electrónica:		
con mira ínvar	0.3 mm	0.9 mm
con mira estándar	1.0 mm	1.5 mm
Medición óptica	2.0 mm	2.0 mm
Desviación típica de medición de distancia	(electr.) 1 cm/20 m (500 ppm)	
Alcance		
Medición electrónica	1.8 m – 110 m	
Medición óptica	a partir de 0.6m	
Medición electrónica		
Resolución en medición de altura	0.01 mm, 0.0001 ft, 0.0005 inch	0.1 mm, 0.001 ft
Duración de una medida suelta	típ. 3 segundos	
Modos de medición	Medición suelta, Media, Mediana, Mediciones repetidas	
Programas de medición	Medir y Registrar, Altura de mira/Distancia, puntos EF, aEF, EFFE, aEFFE intermedios, compensación, cálculo de cierres, replanteo	
Codificación	Descripción, Código libre, Código rápido	
Registro de datos		
Memoria interna	6000 mediciones o 1650 estaciones (EF)	
Aseguramiento de los datos	Tarjeta PCMCIA (ATA-Flash/SRAM/CF)	
Funcionamiento en línea	Formato GSI vía RS232	
Intercambio de datos con memoria interna	GSI8/GSI16/XML/formatos flexibles	
Aumento del anteojo	24x	
Compensador		
Tipo	De péndulo con amortiguación magnética	
Margen de inclinación	±10'	
Precisión de estabilización (desviación típica)	0.3"	0.8"
Pantalla	LCD, de 8 líneas de 24 caracteres	
Funcionamiento con baterías		
GEB111	12 h de duración en funcionamiento	
GEB121	24 h de duración en funcionamiento	
Adaptador GAD39 para pilas	Pilas alcalinas, 6x LR6/AA/AM3, 1.5V	
Peso	2.8 kg (incl. batería GEB111)	
Condiciones ambientales		
Temperatura en servicio	–20° C à +50° C	
Temperatura en almacén	–40° C à +70° C	
Polvo/agua (IEC60529)	IP53	
Humedad	95%, sin condensación	

2.1.1.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento de detalles se hizo por método convencional, estación total y prismas, radiando cada uno de los detalles encontrados en campo, partiendo de la base GPS-1 a GPS-2, se radió en directa-inversa, distancia adelante atrás a D-5 para orientar la poligonal de campo, dado que GPS-2 solo se utilizó de señal de azimut y está fuera del área de trabajo.

2.1.1.4.1 Personal

Tabla 10. Personal Profesional Topografía

Cargo	Nombre	Cédula	Título	Matrícula profesional
Ingeniero	Rodrigo Antonio Villabona	79.306.695 de Bogotá	Ingeniero Catastral y Geodesta	25222-099224 CND
Topógrafo	Juan David Quiroga Pineda	1000.470.361 de Bogotá	Topógrafo	01-21543

2.1.1.4.2 Poligonal

Para el levantamiento de detalles, se elaboró una poligonal cerrada compuesta por seis (6) vértices que incluyen el GPS-1 que abarca toda el área de diseño y con cierre superior a 1:25000. A partir de los vértices D1, D2 y D4 se radiaron auxiliares adicionales comprobadas en directa-inversa, distancia adelante-atrás, cota adelante-atrás y por ceros atrás para complementar la toma de datos.

Tabla 11. Poligonal Principal para toma de datos.

POLIGONAL 1 - ESTANCIA

ID	Δ	O	Angulo G	M	S	Dec	Angulo Corregido G	M	S	Dec	Azimut Corregido G	M	S	Dec	Angulo Vertical G	M	S	Dec	Dist Inclinada	Dist Horizontal	Proyecciones N-S	E-W	Proyecciones Corregidas N-S	E-W	Coordenadas N	E	O	Cota
	LECTURA INICIAL ORIENTACIÓN POLIGONAL																											
1	GPS-1	GPS-2	0	0	0						255	9	8	255.15222														
		D-5	270	3	42	270.06167	270	3	42	270.06167	165	12	50	165.21389	74	53	40	74.89444	82.560	79.707	-77.068	20.342	-77.067	20.343	98914.641	89028.546	D-5	2654.145
	POLIGONAL																											
1	GPS-1	D-5									178	0	0	178.00000											98991.708	89008.203	GPS-1	
		D-1	330	49	59	330.83306	330	49	60	330.833241	148	49	60	148.83324	84	45	54	84.76500	13.878	13.795	-16.938	10.245	-16.938	10.245	98974.770	89018.448	D-1	2654.145
2	D-1	GPS-1																										
		D-2	141	50	2	141.83389	141	50	3	141.834074	110	40	2	110.66731	94	59	56	94.99889	89.841	89.499	-31.588	83.740	-31.588	83.742	98943.183	89102.189	D-2	2646.009
3	D-2	D-1																										
		D-3	263	54	7	263.90194	263	54	8	263.90213	194	34	10	194.56944	71	53	23	71.88972	52.82800	50.211	-48.596	-12.631	-48.596	-12.630	98894.587	89089.559	D-3	2662.316
4	D-3	D-2																										
		D-4	267	18	17	267.30472	267	18	18	267.304907	281	52	28	281.87435	80	25	48	80.43000	31.82500	31.382	6.457	-30.711	6.457	-30.710	98901.044	89058.849	D-4	2667.551
5	D-4	D-3																										
		D-5	181	5	10	181.08611	181	5	11	181.086296	282	57	38	282.96065	82	35	32	82.59222	49.53100	49.118	11.016	-47.866	11.016	-47.865	98912.061	89010.984	D-5	2673.902
5	D-5	D-4																										
		GPS-1	255	2	21	255.03917	255	2	22	255.039352	358	-1	60	358.00000	104	52	52	104.88111	82.46100	79.695	79.647	-2.781	79.648	-2.781	98991.708	89008.203	GPS-1	2650.132
																				313.700	-0.002	-0.005	0.000	0.000				

Suma	1439	59'	56.00"	1439.99889
Suma Teorica	1440	0'	0.00"	1440.00000
Diferencia	0	0'	4.00"	0.00111
Error Permitido	7 "			
Número de vertices	6			
Tipo de Angulo	Externo			

Suma	1440	0	0	1440.00000

ERROR DE CIERRE DE LA POLIGONAL	0.005	
Σ SUMATORIA DE PROYECCIONES	158.580	192.325
PRECISION	1: 62738.226	
CORECCION UNITARIA PARA LAS N'S Y E'S	-0.000012	-0.000025



Coordenadas		O	Cota
N	E		
98991.708	89008.203	GPS-1	2652.634
98914.641	89028.546	D-5	2654.145
98991.708	89008.203	GPS-1	
98974.770	89018.448	D-1	2654.145
98943.183	89102.189	D-2	2646.009
98894.587	89089.559	D-3	2662.316
98901.044	89058.849	D-4	2667.551
98912.061	89010.984	D-5	2673.902
98991.708	89008.203	GPS-1	2650.132

Figura 23. Esquema Poligonal y Coordenadas Finales.

2.1.1.4.3 Levantamiento de Detalles

Se tomaron un total de 3366 puntos a partir de los deltas colocados, en los deltas de las poligonales las precisiones obtenidas son de 1:62738 lo que equivale a 1 cm en 627 m, en radiaciones directas según especificaciones del equipo se presume un error de 1.0 cm y en auxiliares de 2.0 a 3.0 cms. Se radiaron todos los detalles correspondientes a las zonas involucradas en el proyecto como: talud, vías, linderos, paramentos, construcciones, senderos, zonas duras, materas, árboles, redes de servicios, urbanismo en general y demás detalles existentes requeridos para representar de forma veraz las superficies del terreno y la zona de influencia del mismo.

Para ello se partió de cada uno de los deltas de la poligonal y de las auxiliares debidamente ajustados y calculados, con posiciones X, Y y alturas niveladas geométricamente siempre por ceros atrás y se presentan los respectivos cálculos en formato Excel, todo el plano y puntos radiados se llevaron a los nuevos valores de coordenadas 2018.0. De estas radiaciones se genera la siguiente nube de puntos, que permiten realizar un plano en 3D de la zona.



Figura 24. Nube de puntos Levantamiento.

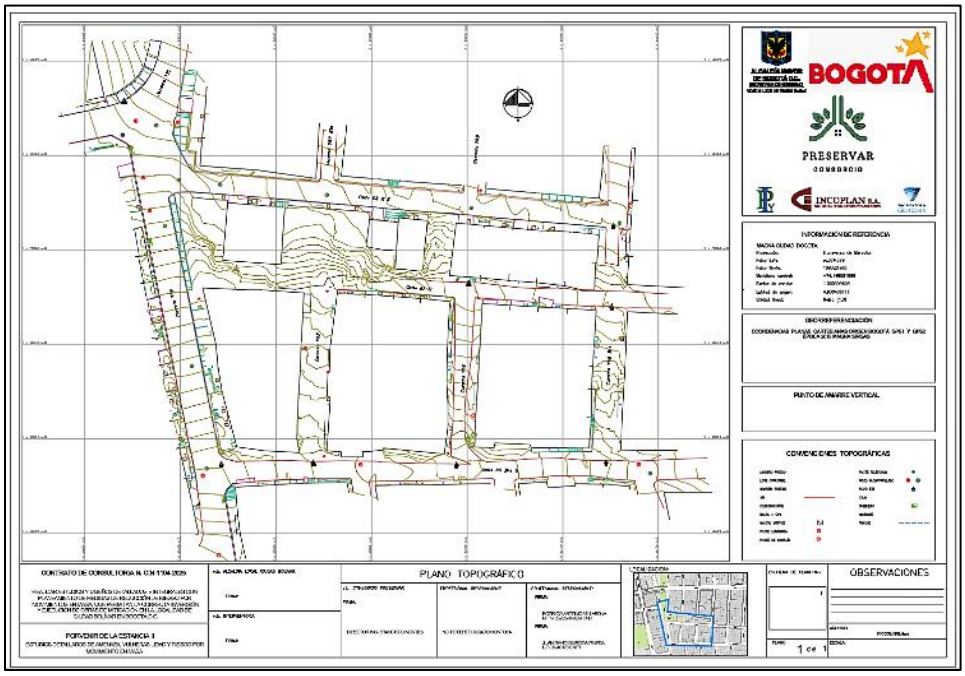


Figura 25. Plano Topográfico.

2.1.1.4.4 Reseña Fotográfica Levantamiento Topográfico



Figura 26. Registro fotográfico del levantamiento topográfico y de las condiciones superficiales observadas en el área de intervención (Serie 1).



Figura 27. Registro fotográfico del levantamiento topográfico y de las condiciones superficiales observadas en el área de intervención (Serie 2).



Figura 28. Registro fotográfico del levantamiento topográfico y de las condiciones superficiales observadas en el área de intervención (Serie 3).

2.1.1.4.5 Levantamiento topográfico con estación total – Leica TCR702.

Tabla 12. Especificaciones Estación Total.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

- **Estación Total Leica TCR 702**

Datos técnicos	
Medida de ángulos	
Desviación típica DIN 18723	2"(0.6mgon)
Unidad mínima en pantalla	1"(0.1mgon)
Anteojo	
Aumento	30x
Campo visual/Distancia de enfoque mínima	1° 30' (26m a 1km)/1.7m
Medida de distancias (IR)	láser infrarrojo
Alcance con diana reflectante (60mm x 60mm)	250m
Unidad mínima en pantalla	1mm
Desviación típica/Tiempo para una medición (IR)	láser infrarrojo
Modo Preciso	2mm + 2ppm/< 1 seg.
Modo Rápido	5mm + 2ppm/< 0.5 seg.
Medida de distancias sin reflector (RL)	láser rojo
Alcance	170m (tablilla blanca, según Gray Card de Kodak)
Tamaño del punto a 100m	ca. 15mm x 30mm
Desviación típica/Tiempo para una medición (RL)	láser rojo
Modo Normal	3mm + 2ppm/3s (+1s/10m más de 30m)
Modo Tracking	5mm + 2ppm/1s (+ 0.3s/10m)
Medida de distancias (RL)	láser rojo
Alcance con prisma circular GPR1 (Leica)	1000m–7500m (condiciones medias)
Reconocimiento automático del prisma (ATR)	
Alcance con prisma circular, reflector 360°	1000m/600m
Precisión (Desviación típica)	a 300m: 3mm, > 300m: 2", 3", 5" (Typ)

2.1.1.5 CATASTRO DE REDES

Se hizo el levantamiento de toda la red pluvial y sanitaria de la zona y la nivelación geométrica a nivel de rasante de los pozos al costado norte, al lado y abajo del talud en estudio

2.1.2 LEVANTAMIENTO DE DATOS Y CARTOGRAFÍA

La cartografía se produjo a partir de los levantamientos topográficos en 3D, que nos determina la forma real topográfica de todos los elementos existentes en la zona en estudio mediante el uso de poligonales cerradas y la radiación directa de detalles. Se lleva la nube de puntos y las polilíneas en 3D a civil para generar los breaklines , las curvas de nivel respectivas y obtener el DEM del proyecto. La cartografía se elaboró con polilíneas en 3D y utilizando todos los bloques correspondientes a pozos, postería, árboles, deltas, etc., de tal manera que sirva de base para realizar cualquier diseño u obra civil correspondiente. Se anexan los reportes de cálculo de GPS, los rinex tanto de las bases como de los puntos posicionados, los crudos, las carteras topográficas y el reporte de postproceso de la Ortofoto, que nos permite visualizar la calidad y procesamiento de los puntos que dan origen a la cartografía que se presenta.

2.1.3 DATOS OBTENIDOS POR CADA PRODUCTO Y SUBPRODUCTO

- Los resultados en coordenadas ajustadas a partir de la Georreferenciación y las poligonales permiten afirmar que la calidad de los puntos de la red geodésica, tienen una precisión promedio menor de 0.02 m en posición y en amarre a cota geométrica de 0.0005 m en altura.

- Las coordenadas finales ajustadas nos arrojan valores en (X, Y) por debajo de 1.00 cm y en Z de 3.0 cmS, cosa que no trasciende al cálculo ya que la altura adoptada es la geométrica.
- Se realizó una poligonal principal y deltas auxiliares que cubren con generosidad el área de diseño, cumpliendo con las tolerancias exigidas en la componente angular y con cierres en la componente lineal superiores a 1:40000, los ángulos y distancias utilizados para el cálculo de las poligonales, fueron los promedios entre las lecturas directas e inversas.
- Se realizaron 2 circuitos de nivelación, partiendo inicialmente del punto BOGOTÁ-1 del IGAC y luego trasladando la cota al proyecto al BM GPS-23A, todos los circuitos cumplieron a satisfacción la tolerancia exigida con la siguiente formula $e=n\sqrt{k}$. Donde e es el error de cierre permisible o tolerancia entre la ida y el regreso (nivelación y contra nivelación), n es igual a 1 mm y k la distancia nivelada en kilómetros.
- Para el ajuste de las poligonales se utilizó el método de Bowditch o regla de la brújula por compensación de los ángulos ajustando los azimuts.
- Debido al requerimiento del proyecto, la geometría de la poligonal es la mejor, se cumple con los cierres solicitados en las especificaciones técnicas.
- Los circuitos de nivelación y contra nivelación correspondientes a la red geodésica cumplen con los errores por debajo de 0.001 m por Km.
- Se materializaron e incrustaron dos placas para cada uno de los GPS sobre zonas duras con su respectiva placa descriptiva en aluminio de 7.5 cms diámetro.

2.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

2.2.1 METODOLOGÍA

En este numeral se describe la metodología empleada y las etapas de desarrollo correspondientes para la elaboración de los estudios y diseños del proyecto del sector de referencia.

La metodología general adoptada para el desarrollo del presente estudio (geología y geomorfología del sector) se fundamenta en los Términos de Referencia establecidos en la Resolución No. 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER, y en los documentos de metodológicos temáticos de aplicación de la geología/geomorfología a la Ingeniería elaborados por el SGC (Servicio Geológico Colombiano).

La metodología establece el enfoque técnico y los procedimientos adoptados para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos, incluyendo la recopilación de información, el análisis de datos, la realización de trabajos de campo y consideraciones sobre las soluciones planteadas.

La metodología empleada para la elaboración del estudio geológico y geomorfológico del corredor en estudio, se basó en la recopilación, revisión y evaluación de la información temática de referencia existente, (topográfica, geológica, geomorfológica y de amenazas, fotointerpretación de aerofotografías y de imágenes satelitales), Ortofotos y los datos obtenidos en la visita técnica a la zona del trazado, descripción de las exploraciones del subsuelo, elaboración de la cartografía y generación del informe final del área de estudio, para las cuales comprenden las siguientes fases:

Fase 1 – Recopilación, Análisis y condensación de Información Secundaria:

Comprende la recopilación, evaluación, análisis y condensación de la información temática básica correspondiente a:

- **Recopilación de la información temática básica.**

- La cartografía base del IDECA e IGAC. Igualmente, todo lo relacionado con fotografías aéreas del área de ubicación del sector en estudio y sectores aledaños, además de lo relacionado con imágenes de sensores remotos.

- Información temática (geológica, geomorfológica y de movimientos en masa), disponible tanto en el SGC (Servicio Geológico Colombiano), al igual de la que la se pueda disponer en otras entidades como en las oficinas de Planeación Municipal, Universidades, y Corporaciones Regionales entre otras, (donde se incluye la, geología regional, geología y geomorfología para ingeniería, geología de detalle, metodologías de análisis, y caracterización de los materiales geológicos, entre otros).

- Información climatológica e hidrológica del IDEAM.

- Informes del IDIGER para los sectores de interés. También se incluye la revisión del POT Distrital (Decreto 555 de 2021) y sus instrumentos complementarios para el análisis de usos del suelo y clasificación de amenaza.

En la siguiente tabla se especifican las principales fuentes de información y productos a consultar para el acopio y análisis de la información.

Tabla 13. Fuentes de información secundaria.

PRODUCTO / INFORMACIÓN	ENTIDAD / AUTOR / SISTEMA DE INFORMACIÓN
IGAC- Cartografía básica del IGAC (a las distintas escalas disponibles)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
• Planchas topográficas. Plancha 246-II-B; Escala 1: 25.000. • Fotografías aéreas del sector en estudio. Aerofotografías entre las décadas 1980 a 2010. Fotografías tomadas en la región entre los años 1987 y 2004, a diferentes escalas.	IGAC
Imágenes Satelitales	Google Earth, Landsat, Sentinel, Planet Scope
Modelo Digital de Elevación ALOS PALSAR 12x12	Alaska Satellite Facility - Distributed Active Archive Center
Requerimientos técnicos estudios Fase III - Estudio de geología y geomorfología local. (septiembre de 2023).	Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
(SGC)-Cartografía Geológica y Geomorfológica. (Planchas 1:100.000 regionales o a mayor escala según disponibilidad del Motor de Integración de Información Geocientífica – MIIG y el visor geográfico del Estado de la Cartografía Geológica). • MAPA GEOLÓGICO PARA INGENIERÍA SABANA DE BOGOTÁ, Plancha 246-II-B, INGEOMINAS, Bogotá, 2004. • ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ Volumen I, “CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA SABANA DE BOGOTÁ, INGEOMINAS, Bogotá, 2004. • Mapa geológico Sabana de Bogotá, INGEOMINAS; esc. 1: 100.000, Bogotá, 2005. • Geología de la Sabana de Bogotá, memoria temática, INGEOMINAS, Bogotá, 2005.	Servicio Geológico Colombiano (SGC) (antiguo INGEOMINAS).

PRODUCTO / INFORMACIÓN	ENTIDAD / AUTOR / SISTEMA DE INFORMACIÓN
• Mapa geomorfológico para ingeniería Sabana de Bogotá; Plancha Geomorfológica 246-II-B, INGEOMINAS, Bogotá, 2004.	
Datos Abiertos del Servicio Geológico Colombiano (Información de Geociencias Básicas, Geoamenazas, Hidrogeología, entre otros). • SGC (Servicio Geológico Colombiano). (2017). Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por movimientos en masa escala 1: 25. 000. (Julio de 2017). • SGC (Servicio geológico colombiano). (2017). Anexo 3.2.2. Unidades Geológicas Superficiales (UGS). • INGEOMINAS. Proyecto Compilación y Levantamiento de la Información Geomecánica. Propuesta metodológica para el desarrollo de la Cartografía Geológica para Ingeniería; Volumen II. (diciembre 2004). • Carvajal Perico, J. H. (Ed.). (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Libros del Servicio Geológico Colombiano.	Servicio Geológico Colombiano (SGC).
Reportes e información de licencias	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)
Visor geográfico (capas geográficas de la ANM, y realización de consultas geográficas, mediciones y análisis básicos, así como su exportación de la información disponible)	Agencia Nacional de Minería (ANM)
Información climatológica e hidrológica del IDEAM,	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
Registros históricos de movimientos en masa.	(DesInventar, SGC)
También se incluye la revisión del POT Distrital (Decreto 555 de 2021) y sus instrumentos complementarios para el análisis de usos del suelo y clasificación de amenaza.	
Cartografía e Insumos Básicos Geológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (IDIGER/FOPAE/INGEOCIM). Conceptos y Diagnósticos Técnicos Institucionales (DPAE / FOPAE / IDIGER). -Estudios temáticos en diferentes sitios de Ciudad Bolivar	DPAE- FOPAE -IDIGER – IDECA-INGEOCIM- - Ingeniería y Georiesgos.
Revisión del POT Distrital (Decreto 555 de 2021) y sus instrumentos complementarios para el análisis de usos del suelo y clasificación de amenaza.	ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ

Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis y condensación de Información Secundaria obtenida (temática básica).**

A la información obtenida en la fase de recopilación, se le realizo un análisis y condensación de los elementos de utilidad para su aplicación temática dentro del proyecto. para lo cual se realizó un análisis de las fuentes de información (secundaria) o estudios de referencia disponibles para el desarrollo del proyecto, para lo cual se acompaña con un muy corto resumen, al igual que las guías metodológicas de utilidad. Para lo cual se tienen las siguientes fuentes:

- **Fotointerpretación y tratamiento de imágenes de satélite (geomática).**

Corresponde a una etapa inicial del análisis, que permite identificar las zonas de interés dentro del corredor en estudio y sus características temáticas generales para ser corroboradas en campo. Para esta actividad se seleccionaron fotografías aéreas de diferentes épocas y escalas, y comprendidas entre las décadas 1980 a 2010, para lo cual se seleccionaron los años, 1987, y 2004, a diferentes escalas, para lo cual se abarca un período total de 39 años (1987-2026).

- La actividad fotogeológica fue complementada con la información de las actividades de campo y con el análisis de las imágenes de sensores remotos disponibles, con el objetivo de obtener un análisis multitemporal de utilidad del área de estudio.

- De la fotointerpretación se obtuvo igualmente, el análisis multitemporal del área de estudio con el fin de allegar información sobre la evolución los aspectos morfológicos de los terrenos y los procesos morfodinámicos.

- Igualmente, se elaboraron los mapas temáticos preliminares (geológicos y geomorfológicos, y figuras en calcos de las aerofotografías) a las escalas generales o/semidetalle, resultantes de la actividad de recolección de la información secundaria y de la fotointerpretación del área, con la definición de la cartografía de las unidades geológicas, geomorfológicas y procesos morfodinámicos encontrados, como elementos básicos para las actividades de reconocimiento de campo y toma de información de detalle correspondiente y su definición de los mapas temáticos respectivos.

Es de anotar, que de acuerdo con la información de referencia (secundaria), los sitios de estudio presentan características geológicas y geomorfológicas similares, con pequeños cambios en las condiciones locales.

2.2.2 ANTECEDENTES

Dentro de los elementos importantes para el estudio del proyecto de la referencia, se tiene el proceso de recopilación de la información básica necesaria para definir las condiciones geológicas-geomorfológicas,

Para el desarrollo del estudio de las temáticas de geología y geomorfología se utilizará como fuentes de información secundaria la siguiente:

1- REQUERIMIENTOS TÉCNICOS ESTUDIOS FASE III - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL. Septiembre de 2023 (Ref. 1). En este documento se presenta las condiciones técnicas requeridas para los estudios de las vías nacionales y especial la referida en el presente proyecto.
2- MAPA GEOLÓGICO PARA INGENIERÍA SABANA DE BOGOTÁ, Plancha 246-II-B, Volumen II, INGEOMINAS, Bogotá, 2004 (Ref. 2).
3- ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ Volumen I, “CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA SABANA DE BOGOTÁ, INGEOMINAS, Bogotá, 2004 (Ref. 3).
4- Mapa geológico Sabana de Bogotá, INGEOMINAS; esc. 1: 100.000, Bogotá, 2005 (Ref.4).
5- Geología de la Sabana de Bogotá, memoria temática, INGEOMINAS, Bogotá, 2005 (Ref.5).
6- Mapa geomorfológico para ingeniería Sabana de Bogotá; Plancha Geomorfológica 246-II-B, INGEOMINAS, Bogotá, 2004(Ref. 6).
7- INGEOMINAS (SGC) MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LA SABANA DE BOGOTÁ. Subdirección de Recursos del subsuelo, Grupo de Aguas Subterráneas; Bogotá D.C., Julio 2002 (Ref. 7).
8- SGC (SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO). (2017). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1: 25.000, (SGC, BOGOTÁ D.C., JULIO DE 2017) (Ref. 8). En este documento se presenta los elementos metodológicos guías para la elaboración de los mapas temáticos en los estudios de zonificación de amenazas por movimientos de remoción en masa.

9- SGC (SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO). (2017). ANEXO 3.2.2. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS) (Ref.9). Descripción en Campo de Suelos y Rocas para la Elaboración de Mapas de Unidades Geológicas Superficiales escala 1: 25.000. DIRECCIÓN DE GEOAMENAZAS, GRUPO DE EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, BOGOTÁ D.C., julio de 2017 (Ref. 8). Documento Metodológico en el que se presenta en forma ordenada la descripción en campo de los materiales rocosos (suelos y rocas) para el desarrollo de los aspectos geológicos en la elaboración de mapas temáticos para su aplicación en los trabajos de la Ingeniería.

10- IGAC, Aerofotografías entre las décadas 1980 a 2010 (Ref. 10). Fotografías tomadas en la región entre los años 1984 y 2004, a diferentes escalas, las cuales muestran las condiciones de superficie de los terrenos, con sus elementos temáticos, morfológicos, geológicos y morfodinámicos entre otros, del área en estudio y sus alrededores.

Fase 2 – Trabajo de Campo:

Recorridos de reconocimiento geológico-geomorfológico, inventario de movimientos en masa existentes y levantamiento topográfico de detalle. Ejecución del programa de exploración del subsuelo (apiques, sondeos mecánicos por percusión en suelo blando y duro, perforaciones en roca y coluvión, ensayos CPTu con piezocono) con toma de muestras inalteradas para ensayos de laboratorio. Registro fotográfico sistemático y documentación de las condiciones de cada sector.

- **Reconocimiento y/o verificación de campo.**

Esta es una actividad requerida para la identificación y el levantamiento cartográfico de detalle de todos los elementos temáticos (geológicos, geomorfológicos y procesos morfodinámicos), para la caracterización y los análisis de las condiciones de los materiales geológicos (rocas y suelos), de sus elementos estructurales, su definición y la clasificación de las unidades geológicas para ingeniería (UGI), y subunidades/elementos geomorfológicos (UG) respectivos, presentes en la zona del corredor en estudio, para su posterior procesamiento y análisis temático correspondiente. Igualmente, para la clasificación de zonas geológicamente homogéneas o unidades de terreno, con características y condiciones litológicas, estructurales y de comportamiento similar para su aplicación en la ingeniería geotécnica. A su vez, para la identificación y caracterización de los elementos temáticos correspondientes (geológicos/geomorfológicos) de las zonas para fuentes de materiales, entre otros.

- Para el desarrollo de las actividades de campo se realizaron estaciones o puntos de control temático en los sitios de existencia de información de utilidad con la utilización de formatos para los registros correspondientes, y así como un registro fotográfico amplio de campo del área para la ilustración de las características temáticas.

- Se realizó la identificación e inventario de los sitios críticos y/o de zonas inestables afectados por procesos erosivos o movimientos en masa, presentes en los terrenos del corredor en estudio.

- Igualmente se realizó la caracterización temática de los sitios específicos de interés ingenieril como fuentes de materiales, entre otros.

- Estudio de las amenazas geológicas del área de ubicación del proyecto y caracterización de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI).

De acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto y con base en la información de referencia secundaria obtenida, de la fotointerpretación de aerofotografías y de los sensores remotos, y la comprobación de campo, y su caracterización temática correspondiente, se elaboró un análisis y zonificación de las áreas/sitios que puedan generar amenazas geológicas dentro de la zona de estudio, con la consecuente generación del mapa temático correspondiente.

Igualmente, se realizó la caracterización de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI), para su aplicación en la ingeniería geotécnica y la elaboración, por lo tanto, del mapa temático respectivo.

Fase 3 – Ensayos de Laboratorio:

Ejecución de ensayos de clasificación y propiedades índice (granulometría, límites de Atterberg, humedad, peso unitario), resistencia al corte (triaxial CU y CD, corte directo), consolidación unidimensional y permeabilidad, de acuerdo con las normas INV y ASTM aplicables. Los resultados alimentarán el modelo geotécnico del terreno.

Fase 4 – Análisis y Modelación:

Elaboración del modelo geotécnico del terreno, definición de perfiles representativos y parámetros geomecánicos de diseño. Ejecución de análisis de estabilidad de taludes en condición estática (FS ≥ 1.5), pseudoestática (FS ≥ 1.05) y con nivel freático (FS ≥ 1.3) mediante métodos de equilibrio límite (Bishop, Spencer, Morgenstern-Price) y software especializado. Análisis hidrológico e hidrogeológico de las cuencas de aporte.

Fase 5 – Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo:

Zonificación de la amenaza por movimientos en masa en categorías alta, media y baja a escala 1:2000. Identificación de elementos expuestos (infraestructura, edificaciones, población, redes de servicios públicos) y análisis cuantitativo de la vulnerabilidad física. Determinación del nivel de riesgo mediante la combinación de amenaza y vulnerabilidad, con elaboración de mapas y escenarios de riesgo.

Fase 6 – Diseño de Medidas de Reducción del Riesgo y Elaboración de Entregables:

Formulación y diseño definitivo de medidas estructurales (obras de contención y estabilización, drenaje superficial y subterráneo, protección y bioingeniería) y no estructurales (plan de monitoreo e instrumentación, sistema de alerta temprana, restricciones de uso del suelo). Elaboración de memorias de cálculo, planos constructivos, especificaciones técnicas, cantidades de obra, presupuesto de inversión y programación de obras. Análisis de costo-beneficio de las medidas propuestas. Todo lo anterior conforme a los estándares técnicos del NSR-10, las normas INV y los lineamientos del IDIGER para Bogotá D.C.

2.2.3 GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

En este capítulo se describen las características geológicas, estructurales, geomorfológicas, del área de influencia directa e indirecta del sitio en estudio, definidas a partir de la compilación, análisis e integración de la información secundaria existente y complementada con el trabajo de campo y de las investigaciones del subsuelo realizadas.

En los siguientes numerales se detallan los aspectos geológicos y geomorfológicos regionales del área del proyecto, haciendo uso de la información proveniente de las planchas de cartografía geológica-geomorfológica proporcionadas por el Servicio Geológico Colombiano (Ref. 2 y Ref. 6).

Es de anotar, que de acuerdo con la información de referencia (secundaria), los sitios de estudio presentan desde el punto de vista regional características geológicas y geomorfológicas similares, con pequeños cambios en las condiciones locales.

2.2.3.1 Geología regional

Con base en la información de referencia existente y disponible (Ref. 2), el área de ubicación del proyecto en estudio dentro de la carretera Bogotá-Villavicencio, se encuentra localizada en la parte oriental de la Cordillera Oriental, y en la parte suroriental del departamento de Cundinamarca, en las laderas de la

margen derecha del río Cáqueza, la cual corresponde a una región influenciada por eventos estratigráficos y tectónicos de variada complejidad.

El área de estudio y sus alrededores se encuentra constituida fundamentalmente por rocas sedimentarias de edad Cretácico Inferior (Ki)-Terciario (E), agrupadas en las unidades, Formación Arenisca Labor Tierna (K2t); y Guaduas (K2E1g); y depósitos Cuaternarios, de origen aluvial, agrupados en las unidades. **(Q2ch)-**Formación Chia; (Q1tu)- Formación Tunjuelito, (ver **Figura 29**).

En la Figura 29 se ilustra en esquema geológico (tomado y adaptado de (Ref. 4) el área de ubicación de los sitios en estudio y sus alrededores.

El presente estudio comprende tres (3) sectores priorizados, localizados en zonas urbanas consolidadas y de expansión, correspondientes a los barrios: **Sitio 1**, (**Polígono** 1, **Porvenir de la Estancia II**), **Sitio 2, (Polígono 4, Sierra Morena III – Corte vial),** y **Sitio 3**, (Polígono 5, Arborizadora **Alta – Candelaria La Nueva).**

2.2.3.1.1. Aspectos estratigráficos

Las rocas de edad cretácica presentes dentro del área se encuentran agrupadas en las Formaciones Arenisca Labor-Tierna (K2t) y Guaduas (K2E1g), (**Figura 29**).

- **Formación Labor-Tierna(K2t**).

  Esta unidad se presenta en la parte superior de los cerros que bordean la Sabana de Bogotá y para el presente estudio al sur de la Sabana. Consta de tres conjuntos: a) uno inferior conformado por areniscas cuarzosas, de color gris claro, de poco espesor, de grano fino a medio, ligeramente friables; b) un conjunto intermedio donde predominan arcillolitas y limolitas silíceas, y c) el conjunto superior constituido por areniscas cuarzosas, gris claro, de grano medio a grueso, con estratificación cruzada, moderadamente friables, y en estratos de 0,2 a 3,0 m de espesor. Se considera que se depositó en un ambiente litoral durante el Maastrichtiano temprano a medio

  El espesor total de la unidad es variable, el cual oscila entre 200m y 300m. Para el presente estudio, esta unidad aflora fuera de la zona de investigación temática.

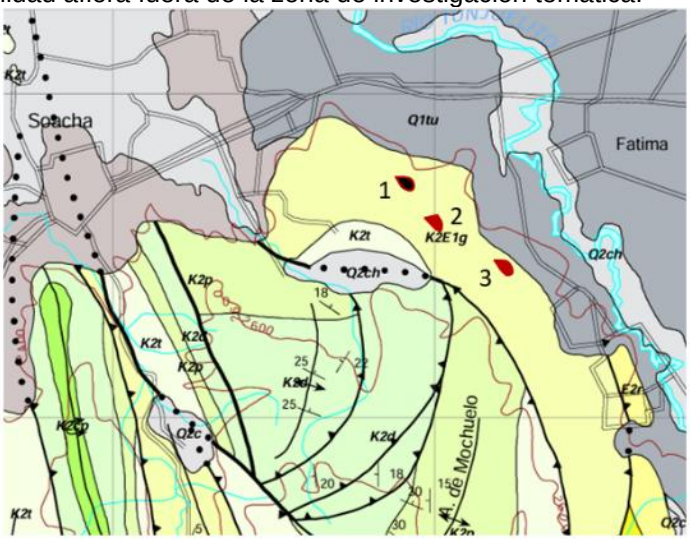


Figura 29. Mapa geológico Regional, con ubicación de los sitios de estudio y sus alrededores.
Sitio 1-Porvenir La Estancia II**; Sitio 2**-Sierra Morena Corte vial; **Sitio 3**-Arborizadora Alta.

CONVENCIONES: (K2t)-Formación Arenisca Labor Tierna; **(K2E1g)-** Formación Guaduas; **(Q2ch)-**Formación Chia; **(Q1tu)-** Formación Tunjuelito.
Fuente: Información tomada y adaptada del Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá, (Ref. 4).

- **Formación Guaduas(K2E1g)**

  Está unidad aflora en varios sectores del piedemonte de los cerros que bordean la sabana. Para el área de estudio conforma la parte superiormedia-inferior de los cerros donde se ubica la zona de estudio.

  Litológicamente, consta de tres conjuntos: a) el inferior, conformado por arcillolitas y areniscas de grano fino y mantos de carbón; b) el conjunto intermedio, constituido por areniscas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón de poco espesor, y c) el superior, constituido por arcillolitas de color gris oscuro, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y mantos de carbón. De acuerdo con la información de referencia, la zona donde se ubican los sitios de estudio, está conformada por el conjunto intermedio de la Formación Guaduas (interestratificación de areniscas y arcillolitas y mantos de carbón).

  El espesor de la unidad para la zona de estudio oscila entre 700m y 1.000, aproximadamente. Los sedimentos de la Formación Guaduas se depositaron en un ambiente marino para la parte inferior, y en un ambiente transicional y aluvial para la parte media y superior. Su edad se considera Maastrichtiano tardío - Paleoceno temprano.

- **Depósitos Cuaternarios (Q).**

Los materiales de edad cuaternaria dentro del área son de tipo aluvial (Qal), se presentan conformando la parte baja de los cerros y las orillas del río Tunjuelito y en algunos sectores de la parte suroccidental de la zona de estudio, pero de la zona de influencia de los sitios de estudio. Se agrupan en las Formaciones Río Tunjuelito(Q1tu) y Chia (Q2ch) (ver **Figura 29**).

- La Formación Río Tunjuelito (Q1tu), litológicamente está constituida por gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas, con bloques de tamaño heterométrico.

- La Formación Chia (Q2ch), corresponde a sedimentos fluviales de inundación, y de los cauces actuales, localizados a lo largo de los ríos principales que cruzan la Sabana (zona de estudio, río Tunjuelito); está constituida principalmente por arcillas de color gris claro, oscuro y amarillo; localmente puede contener limos y arcillas orgánicas. Su espesor máximo puede alcanzar los 5.00 m.

2.2.3.1.2. Condiciones tectónico-estructurales

De acuerdo con la información de referencia existente y disponible (Ref. 5), desde el punto de vista estructural, el área donde se ubica la zona en estudio corresponde a la parte de la región sur de la Sabana de Bogotá, la cual integra la parte central de la mega estructura de la Cordillera Oriental, la cual se encuentra influenciada a nivel regional por una tectónica de naturaleza compleja, con la presencia de elementos estructurales de tipo fallamiento de magnitud regional. Igualmente, los elementos estructurales del área no presentan una influencia directa sobre los sitios de estudio (**Figura 29**).

En la **Figura 29** se ilustra los aspectos estructurales presentes en los alrededores del área de estudio.

2.2.3.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

De acuerdo con la información de referencia (Mapa Geomorfológico de la plancha 246-II-B, de la Sabana de Bogotá, (Ref. 6), para el área de ubicación de la zona de estudio y sus alrededores, la génesis de las formas del terreno corresponde principalmente a orígenes o ambientes morfogenéticos con la definición de unidades de tipo estructural, denudacional y fluvial, resultado la dinámica de los complejos procesos tectónicos relacionados al levantamiento de la Cordillera Oriental.

Por consiguiente, se distinguen las siguientes geoformas/unidades de ambientes morfogenéticos, de origen: i) estructural (laderas estructurales, laderas de contrapendiente), ii) denudacional (cono coluvial/deslizamientos), y iii) de origen fluvial (planicie de inundación).

Es de anotar, que para la zona de estudio se presentan principalmente las geoformas de origen estructural, y las demás unidades forman parte de sus alrededores y se describen como ilustración, sin tener influencia o relación directa con los sitios de estudio (ver Figura 30).

En la Figura 30 se ilustra en esquema geomorfológico (tomado y adaptado de (Ref. 6) el área de ubicación del área en estudio y sus alrededores.

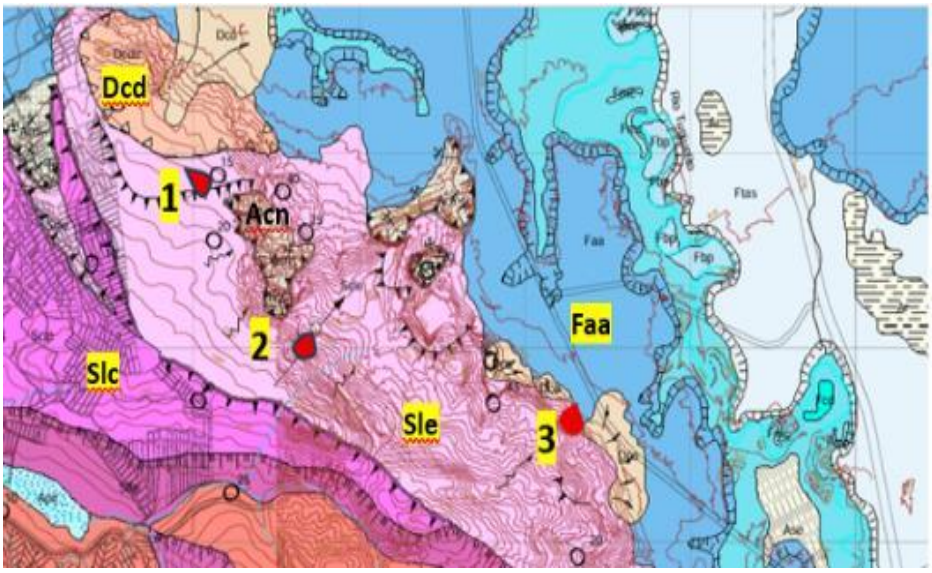


Figura 30. Mapa geomorfológico Regional, con ubicación de los sitios de estudio y sus alrededores.
Sitio 1-Porvrnir La Estancia II**; Sitio 2**-Sierra Morena-Corte vial; **Sitio 3**-Arborizadora Alta.
CONVENCIONES: (Sle), Ladera estructural denudada; **(Slc),** Ladera de contrapendiente denudada; **(Dcda),** Cono de deslizamiento antiguo; (**Faa**), Depósitos aluviales, (**Acn**), cantera.
Fuente: Información tomada y adaptada del Mapa Geomorfológico plancha 246-II-B, de la Sabana de Bogotá.

i)- **Las unidades de ambiente estructural (S)**, corresponden a geoformas originadas por la influencia de la actividad tectónica sobre los macizos rocosos, generando expresiones principalmente escarpadas, así como por la disposición de sus estratos con respecto a la pendiente del terreno, y el desarrollo de geoformas de tipo, Ladera estructural (Sle) y Ladera de contrapendiente (Slc).

- **La Ladera estructural (Sle)**, corresponde a geoformas en las que las rocas se presentan buzando en la misma dirección de la pendiente de los terrenos, de forma convexa a recta, con pendientes en general de altas a escarpadas, y con un patrón de drenaje de subdendrítico a subparalelo. Esta

subunidad se presenta principalmente conformando las laderas de la zona de ubicación de los sitios de estudio.

- **Las Laderas de contrapendiente (Slc),** se presentan como una superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por estratos dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno, con pendientes variadas entre muy altas a escarpadas; tienen un patrón de drenaje de subdendrítico. Esta subunidad se presenta conformando principalmente las laderas suroccidentales, y fuera de la zona de estudio.

ii)-**Subunidades de ambiente fluvial (F).** Corresponden a las geoformas originadas por el efecto erosivo y principalmente de sedimentación de las corrientes principales (río Tunjuelito) y secundarios (quebradas) que bordean y atraviesan el área en estudio, los cuales acumulan sus materiales (depósitos fluviales) en los cauces y orillas, conformando los elementos de depósitos antiguos/subrecientes/recientes (planicie de inundación de la Sabana de Bogotá, Faa). Esta unidad conforma los terrenos de morfología plana bordeantes de la zona de estudio por su parte nororiental.

iii)- Subunidades de ambiente Denudacional (Dco). Corresponden a las geoformas originadas por procesos de transporte y depositación de materiales provenientes de las partes altas y son depositados sobre las laderas, que está relacionado con movimientos de inestabilidad tipo deslizamientos. Esta subunidad se presenta en forma de cono y se presenta en la parte norte y fuera de la zona de estudio.

iii)- Subunidad/elementos de **origen antrópico (Acn).** Corresponden a las geoformas y/o superficies resultantes de las excavaciones para la extracción de materiales para el uso ingenieril, son de formas variadas y pendientes de moderadas a altas y muy altas. Estos elementos se han desarrollado y se presentan en diferentes sitios dentro y fuera de la zona de ubicación de los sitios de estudio.
Es de anotar, que los sitios de estudio se encuentran ubicados en sitios donde se han desarrollados actividades de explotación de materiales para usos industriales.

2.2.3.2.1. Análisis de fotointerpretación

Siguiendo con el orden de la metodología propuesta y requerida en los trabajos de investigación del presente proyecto, se presenta en este numeral el análisis de fotografías aéreas, tomadas por el IGAC en diferentes épocas y a diferentes escalas en el área de estudio y sus alrededores, como una herramienta para las observaciones preliminares y complementarias de la información de las temáticas de geología, geomorfología y procesos morfodinámicos.

El objeto principal de la fotointerpretación es la obtención de información sobre los aspectos temáticos correspondientes para la caracterización preliminar del área en estudio, como un elemento base para determinar las características sobre la evolución de las condiciones morfológicas y morfodinámicas antiguas, y subrecientes/recientes del área de estudio y su zona de influencia, para la programación de actividades complementarias de campo, al igual que para la obtención de información para el análisis multitemporal del área. Para el análisis de fotointerpretación se utilizaron vuelos comprendidos entre los años 1987 al 2004.

Para el análisis de la fotointerpretación se tuvo en cuenta la información de referencia secundaria, para lo cual también es complementada con observaciones de trabajos de campo al área de ubicación de los sitios de estudio.

2.2.3.2.1.1 Aspectos fotogeológicos de las aerofotografías

Para la realización del análisis de las aerofotografías se siguió el método de fotointerpretación tradicional básico, consistente en la selección de pares de fotografías aéreas tomadas por el IGAC en diferentes épocas y a diferentes escalas en la región de ubicación del área de estudio y sus alrededores, para lo cual se utilizó como herramienta fundamental el estereoscopio (de espejos y/o de bolsillo), caracterizando la información temática correspondiente, (unidades geológicas, elementos estructurales y, rasgos

geomorfológicos y morfodinámicos, entre otros), obteniendo de esa manera las imágenes (fotocalcos) de la cartografía respectiva con los datos necesarios para la complementación de la información de referencia y la elaboración de los mapas temáticos preliminares respectivos.

La información obtenida del análisis de las aerofotografías será correlacionada con las observaciones de las visitas de reconocimiento de campo. Para la referenciación de las unidades geológicas y geomorfológicas de la fotointerpretación, se tomó como base la cartografía de los mapas, Geológico de la Sabana de Bogotá, (Ref. 4) y geomorfológico de la plancha 246-II-B, de la Sabana de Bogotá (Ref. 6).

Igualmente, con los elementos anteriores se realizó un análisis multitemporal, con el objeto de obtener información sobre la evolución de los terrenos o geoformas y sus características morfodinámicas tanto antiguas como subrecientes/recientes del área del corredor en estudio y sus alrededores (zona de influencia).

En el trabajo fotogeológico se analizó (referenció y/o cartografió) como aspectos principales: las unidades geológicas principales, los rasgos estructurales y elementos temáticos pertinentes, las unidades componentes geomorfológicos, los procesos morfológicos y morfodinámicos antiguos/subrecientes/recientes (coronas y cuerpos de procesos, principalmente en lo ateniente a la zona de influencia y/o sitios de estudio.

2.2.3.2.1.2 Análisis de fotointerpretación de las aerofotografías seleccionadas

Para el análisis de fotointerpretación del área de estudio, se utilizaron los vuelos de los años 1985 y 2007. En la siguiente tabla, se muestra los elementos de identificación de las aerofotografías seleccionadas.

Tabla 14. Vuelos y número de aerofotografías seleccionadas para el proyecto

No. Vuelo (C)	Fotografías No.	Sobre (S)	Escala	Año
C-2269	273-274-275	S-33753	1: 35.730	1987
C-2717	115-116	S-39297A	1: 20.300	2004
C-2717	164-165-166	S-39298B	1: 20.300	2004

Fuente: Elaboración propia.

Es de anotar que, de acuerdo con las escalas de las aerofotografías, 1:35.000 (1 cm = 350 m), 1:20.300 (1 cm = 203 m), no es posible obtener características temáticas de detalle para estas imágenes, por lo tanto, se utilizaron las fotografías con escala 1: 20.300 (año 2004), para los análisis temáticos correspondientes.

Análisis Aerofotografías Nos. 164-165-166; Escala 1: 20.300; Vuelo C-2717; Año 2004.

- **Condiciones geológicas y geomorfológicas**

Desde el punto de vista geológico, las aerofotografías muestran que el área donde se ubican los sitios en estudio y sus alrededores está conformada ampliamente por rocas sedimentarias, la cual de acuerdo con los documentos de referencia (Ref. 2), se agrupan en la Formación Guaduas, conjunto intermedio (K2E1gm).

Es de anotar que los sitios se encuentran con un amplio desarrollo urbanístico en sus alrededores; igualmente se observa que estos sectores han sido sometidos a excavaciones para la explotación de fuentes de materiales para usos industriales.

Igualmente, del análisis de las aerofotografías se observa que hacia la parte baja de la zona (parte nor oriental y en cercanías al sitio 3, se presentan depósitos de origen aluvial (Qal) conformantes de la planicie de la sabana de Bogotá.

Desde el punto de vista estructural y como se muestra en la fotointerpretación, dentro del área en estudio y su zona de influencia, se observan algunos lineamientos, los cuales de acuerdo con la información de referencia corresponden a elementos estructurales de tipo fallamiento y estructuras menores (fallas secundarias y/o lineamientos). Desde el punto de vista local los materiales rocosos presentan rumbo/buzamientos (NW/NE) en dirección de la pendiente de los terrenos conformando laderas estructurales (Sle), mientras que en otros sectores (locales) se presentan en sentido contrario, conformando laderas de contrapendiente (Slc).

•**Desde el punto de vista geomorfológico**, en el área de estudio y sus alrededores se observan geoformas de variada naturaleza y origen, diferenciándose principalmente:

- Geoformas, de tipo estructural denudativo **(Sle),** las cuales conforman ampliamente las laderas donde se encuentran ubicados los sitios de estudio, las cuales se relacionan con rocas pertenecientes a la Formación Guaduas, en su conjunto medio (areniscas y arcillolitas). Morfológicamente conforman terrenos de pendiente alta a muy alta.

- Geoformas conformantes de laderas de contrapendiente **(Slc),** se presentan en las laderas de la parte suroeste del área, fuera de la zona de estudio.

- geoformas de origen fluvial **(Faa)** conformantes de los depósitos aluviales antiguos de variada naturaleza antigua/subrecientes, conformantes de la planicie sur de la Sabana de Bogotá, las cuales bordean principalmente por su parte nor-este el sitio 3 del proyecto de investigación, pero sin tener relación alguna con la investigación temática.

- En menor proporción se observan subunidades o elementos de tipo antrópico, entre las que se tienen las canteras **(Acn)** o sitios de explotación de materiales de uso industrial. Estos elementos son de baja magnitud y se encuentran desarrollados en diferentes sitios de las laderas del área de investigación.

•**Desde el punto de vista morfodinámico,** los terrenos del área de estudio y sus alrededores han sido afectados a nivel de superficie desde hace varios años (mucho antes de 1987) por procesos denudativos principalmente de tipo erosivo de moderada intensidad; en menor proporción se presentan procesos o fenómenos de tipo deslizamiento los cuales se observan en sitios muy puntuales.

Es de anotar, que el área tanto en la zona de ubicación de los sitios de estudio como sus alrededores se encuentra influenciada por un avance intenso de desarrollo urbanístico.

Análisis Aerofotografías Nos. 273-274-275; Escala 1: 35.730; Vuelo C-2269; Año 1987.

- **Condiciones geológicas y geomorfológicas.**

A estas aerofotografías de una escala más pequeña, (1: 35.730;1cm= m), que abarcan igualmente la zona en estudio, se les realizo un análisis general, y de los cuales se observan características geológicas y geomorfológicas muy similares a las observadas en el vuelo anterior (Nos. 164-165-166, C-2717, escala 20.300, y año 2004), con unas condiciones temáticas similares, con la diferencia de que se observa una menor intensidad en su desarrollo urbanístico.

Como conclusión, de los análisis y la comparación de las aerofotografías seleccionadas para el estudio de los años 1987 y 2004, para un periodo de tiempo de 17 años entre la toma de los registros de las aerofotografías, y para un tiempo total de 39 años (con referencia al año actual, 2026), no se observan rastros o indicios de procesos morfodinámicos o movimientos de remoción en masa importantes dentro de ese periodo de tiempo, para los sitios de estudio y sus alrededores, con excepción de los procesos puntuales que afectan a los sitios de estudio.

2.2.4 CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS DE DETALLE DEL SITIO DE ESTUDIO

(ASPECTOS TEMÁTICOS PARA INGENIERÍA).

De acuerdo con los objetivos y alcances del proyecto, y la metodología presentada para el análisis del Estudio de los sitios programados, en los cuales se tuvo en cuenta, la información de referencia, las consideraciones de la fotointerpretación, y la información obtenida en los reconocimientos de campo a los sitios de investigación temática, para el desarrollo de los aspectos temáticos para ingeniería, se tienen en cuenta 3 aspectos principales: i) reconocimiento campo y obtención de la información, ii) investigaciones del subsuelo, iii) y el análisis de la información.

Como resultado de las actividades correspondientes se elaboraron los mapas temáticos finales (geológicos y geomorfológicos) a las escalas de detalle exigidas en los Términos de Referencia (1:2.000 y 1:1.000), los cuales se incluyen en su totalidad como productos cartográficos (ver en ANEXO B, mapas geológicos, y geomorfológicos), junto con la complementación del informe correspondiente.

2.2.4.1 Toma de información de campo, investigaciones del subsuelo y análisis de la información

2.2.4.1.1 Reconocimiento de campo y obtención de la información

Para el desarrollo de las investigaciones de campo se utilizó como metodología: la toma de información temática de detalle (geología, geomorfología y procesos morfodinámicos) en los diferentes sitios, las cuales se complementaron con la información de las investigaciones del subsuelo (apiques, barrenos y/o sondeos) realizadas en algunos puntos de los sectores en estudio. Igualmente, se complementó con la investigación de registros sísmicos.

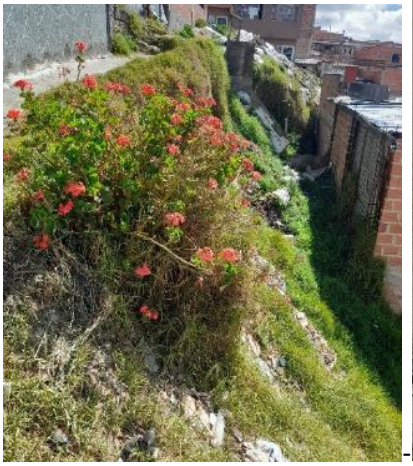
Los datos de la toma de información, compilación y análisis temáticos correspondientes a geología, condiciones geomorfológicas y morfodinámicas obtenidos de los reconocimientos de campo en los diferentes sitios, se consignaron y organizaron para su presentación, (ver Tabla 15).

Como resultados del proceso de investigación de campo se elaboraron planos temáticos (geológico y geomorfológico), a la escala de detalle exigida para su aplicación de acuerdo con los alcances para su aplicación en la ingeniería.

En la siguiente tabla se ilustra en algunas fotografías el registro de la información temática obtenida en el Sitio 1 (Porvenir La Estancia II) en estudio.

Tabla 15. Resumen e ilustración de la información temática obtenida en el sitio de Porvenir La Estancia.

Abscisa/ Unidad geológica/ procesos morfodinámicos	Fotografía de puntos de observación
Aspectos del sitio en la parte norte al sur del borde de la calle 62K.S. Obsérvese, en la foto 1, pequeño afloramiento de rocas (areniscas), en la parte oeste de la vivienda con presencia de depósitos antrópicos tipo basuras. En la foto2, parte intermedia presencia de depósitos antrópicos y en los	 

Abscisa/ Unidad geológica/ procesos morfodinámicos	Fotografía de puntos de observación
alrededores presencia de viviendas.	
Aspectos del sitio en la parte sur en el borde de la calle 63.S. Obsérvese, en la foto 3 material de basuras entre el talud y las viviendas. En la foto 4, aspectos de la calle 63. S, con agrietamientos en el pavimento.	 
Aspectos del sitio en la parte sur en el borde de la calle 63.S, con la presencia de agrietamientos en la vía y presencia de basuras en la esquina occidental del sitio.	 

2.2.4.1.2 Investigaciones del subsuelo y análisis de la información

Para la caracterización geológico-geotécnica de los materiales conformantes del sitio en estudio, se realizaron exploraciones consistentes en apiques, barrenos, y registros de líneas sísmicas, ejecutados en diferentes puntos del sitio.
Los registros de las exploraciones del subsuelo se presentarán en el siguiente avance del informe.

2.2.4.2 Condiciones geológicas y geomorfológicas

Con base en la información encontrada (secundaria, el análisis fotogeológico, el reconocimiento de campo y los registros de las investigaciones del subsuelo) nos permite obtener una caracterización temática (geológica, geomorfológica y morfodinámica) del corredor en estudio para su aplicación en la ingeniería geotécnica para el desarrollo del proyecto.

2.2.4.2.1 Condiciones geológicas

Desde el punto de vista geológico los terrenos del sitio 1 en estudio a nivel de superficie y del subsuelo, se encuentra constituido por: i) macizo rocoso y ii) depósitos antrópicos de características variadas, (ver Figura 33 y Figura 34).

En la Figura 33 se ilustran el mapa geológico y los perfiles correspondientes del sitio de estudio.

i) **El macizo rocoso**, está constituido principalmente una secuencia interestratificada de areniscas de grano fino-medio, color amarillo y naranja por meteorización, de consistencia

dura a moderada, en estratos de delgados a medios, poco cementadas. Las rocas a nivel de superficie (ver Figura 31, fotografía de pequeño afloramiento cercano a la esquina de la carrera 75G y la calle 62KS) se observan altamente meteorizadas, con desarrollo de suelo residual areno limoso, color naranja, con la presencia de los horizontes IV-V-VI del perfil general de meteorización y con un espesor entre 1.00m-1.50m; igualmente las rocas se presentan muy fracturadas por los efectos de una estructura tipo falla, y con la presencia de superficies de fricción.

Los estratos rocosos presentan como elementos estructurales, (R/B), N70°W/10°NE. La falla que afecta las rocas presenta (R/B), N10°E/85°N-90°.



Figura 31. Fotografía 1, de pequeño afloramiento cercano a la esquina de la carrera 75G y la calle 62KS), con ilustración de las características de las rocas presentes en el sitio 1 de investigación.

ii) **Los depósitos antrópicos** presentes en el sitio son de 2 clases: de relleno ingenieril (Qri) y depósitos de escombros (Qan).

- Los depósitos de relleno ingenieril (Qri), corresponden a las capas de base y subbase para el desarrollo de cimentación de las viviendas y las vías; de composición variada y espesores que pueden oscilar entre 1.0m/1.50m.

- Los depósitos de basuras (Qan), corresponden a los materiales de escombros resultantes del desarrollo urbano (basuras, etc.), los cuales han sido expuestos en los espacios libres de construcción y hacia la parte baja del talud de excavaciones.



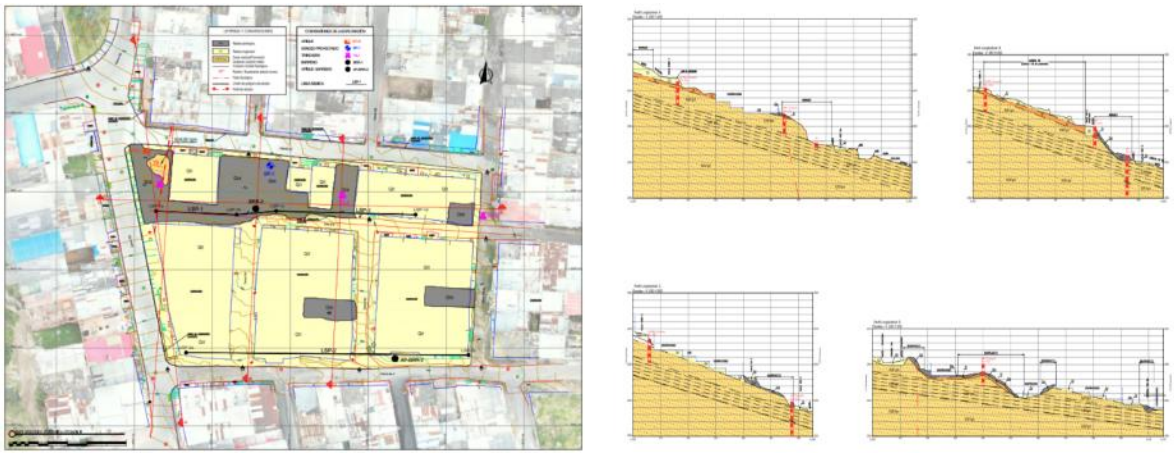
Fotografía 2- Deposito de basuras y escombros en la esquina sur-occidental del sitio.



Fotografía 3- Deposito de escombros en la parte intermedia entre las calles 62KS y 63S

y en la parte baja d antiguo talud de excavación.

Figura 32. Ilustración mediante fotografías de las características de los depósitos antrópicos del sitio de estudio.



Mapa geológico Perfiles geológicos

Figura 33. Ilustración del mapa geológico y los perfiles (a nivel borrador) del sitio de estudio.

2.2.4.2.2 Condiciones geomorfológicas

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona del sitio de estudio presenta como características morfológicas: i) una geoforma o ladera estructural (Sle), generada por la inclinación de los estratos rocosos en el mismo sentido de la pendiente del terreno; ii) geoformas de origen antrópico (Aeb) conformantes de: una superficie de talud de excavación antigua, posiblemente para la extracción de materiales de uso ingenieril, y superficies conformantes de depósitos de escombros; e igualmente superficies de excavación para el desarrollo urbanístico (Ari) (viviendas y vías de comunicación).

En la siguiente figura se ilustran el mapa geomorfológico del sitio de estudio.



Figura 34. Mapa geomorfológico del sitio de estudio.

2.2.4.2.2.1 Condiciones morfodinámicas (procesos morfodinámicos)

Desde el punto de vista morfodinámico (procesos de inestabilidad), el sitio se encuentra influenciado principalmente por agrietamientos que han afectado el pavimento de la calle 63S (conformante de la vía intermedia del sitio), que limita por su parte norte con un talud resultante de excavaciones antiguas, generadas por la extracción de materiales de uso ingenieril.

La inestabilidad del talud, por descompresión del terreno, ha afectado la función vial de la calle 63S, con la generación de grietas y que a su vez también afectan las viviendas aledañas.



Fotografía 4- Aspectos de los agrietamientos en el pavimento de la calle 63S.



Fotografía 5- Aspectos de los agrietamientos y hundimientos en la calle 63S, generados por la inestabilidad del talud de excavaciones antiguas.

Figura 35. Ilustración mediante fotografías de las características de los depósitos antrópicos del sitio de estudio.

2.2.4.2.2.2 Inventario de procesos morfodinámicos

Dentro del área del sitio 1 se presentan como procesos morfodinámicos principales que están afectando algunas viviendas de la l zona, entre los cuales se tienen los siguientes.

- **Proceso No.1.**

Corresponde a los procesos de agrietamientos que se presentan sobre el pavimento de la Calle 63s, los a cuáles la afectan a lo largo de la manzana al igual que a algunas viviendas aledañas; igualmente se presentan algunos hundimientos.

Los procesos tienen alguna antigüedad y para los cuales se han realizado obras de corrección como reparcheo. En la fotografía No. 6 se ilustran los procesos.



Figura 36. Fotografía 6- Aspectos de las afectaciones del sector de la calle 63S. Obsérvese los agrietamientos en el pavimento, procesos de hundimiento; igualmente se observa algunas obras de reparaciones y algunos muros de protección de las viviendas.

- **Proceso No.2.**

Corresponde a proceso de caída de detritos reciente en un punto intermedio del talud contiguo a la calle 63S, el cual deja al descubierto la tubería del alcantarillado que pasa por el sector. Involucra material de depósito de escombros/basuras. En la fotografía No. 7 se ilustran el proceso.



Figura 37. Fotografía 7- Aspectos de las afectaciones por caída de detritos/basuras presentes en el talud.

- **Proceso No.3.**

Se hace referencia a la caída de detritos presentes en el talud resultante de las excavaciones antiguas del sector, y sobre el cual se han depositado materiales de escombros/basuras. Este proceso amenaza afecta ampliamente la superficie del mismo y amenaza con afectar el muro de protección, al igual que a las

viviendas ubicadas en la parte inferior y/o contiguas a la calle 62Ks.En la fotografía No. 8 se ilustran el proceso.



Figura 38. Fotografía 8- Aspectos de las afectaciones por caída de detritos/basuras presentes en el talud.

- **Proceso No.4.**

Corresponde a los procesos de afectaciones sobre el borde oriental del andén de la carrera 75G contiguo a la esquina con la calle 62Ks del sitio. En la fotografía No. 9 se ilustra el proceso.



Figura 39. Afectaciones sobre el borde oriental del andén de la carrera 75G

2.5 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LOS SITIOS DE ESTUDIO, (EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA).

En este numeral se presenta la caracterización hidrogeológica del área de ubicación de los sitios de estudio, el cual se desarrolla en el marco conceptual general del proyecto, que se enfoca al cumplimiento

de los Términos de referencia para la elaboración del diagnóstico de evaluación de las amenazas geológicas de los sitios programados.

Para el análisis del componente hidrogeológico de los sitios en estudio, se tuvo en cuenta las características geológicas (condiciones litológicas y estructurales) y geomorfológicas, presentes en el área de estudio y sus alrededores, y por consiguiente tomando como base la información de referencia, así como la información de los reconocimientos de campo y las investigaciones del subsuelo de cada uno de los sitios referenciados.

La caracterización geológica y geomorfológica regional y general, al igual que las investigaciones temáticas se analizaron en los numerales correspondientes de la geología y geomorfología.

Para la evaluación de las condiciones hidrogeológicas del área de interés, se consideró como parámetros básicos las características de los materiales geológicos (litología, composición, textura, porosidad, permeabilidad y estructura) y geomorfológicos (subunidades y elementos) de los terrenos componentes del área de ubicación de los sitios de estudio.

La hidrogeología define la como la “rama de la hidrología que estudia las aguas subterráneas y se basa en la geología y la mecánica de fluidos.”.
El campo de acción de la hidrogeología son las aguas que se encuentran bajo la superficie terrestre, relacionando factores que controlan el flujo del agua y los cambios químicos que acontecen en este proceso; estos parámetros se pueden asociar a la incidencia del hombre en la explotación y aprovechamiento del agua subterránea para temas industriales, domésticos o agropecuarios.

2.5.2 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

Para la evaluación de las condiciones hidrogeológicas de los sitios de estudio, se tuvo en cuenta fundamentalmente los parámetros geológicos y geomorfológicos que pueden tener influencia en la zona y sus alrededores.

- **Desde el punto de vista geológico**, se tienen en cuenta: las rocas de Formación Guaduas, en su conjunto medio(K2E1gm), la cual aflora ampliamente en el área donde se ubican los sitios de estudio y sus alrededores.

    - La Formación Guaduas, en su conjunto medio (K2E1gm), está constituida por una secuencia interestratificada de areniscas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón. Esta unidad conforma ampliamente la zona de ubicación de los sitios de estudio.

- **Desde el punto de vista geomorfológico**, los terrenos del área de ubicación de los sitios de estudio están conformados principalmente por laderas estructurales (Sle), cuyos estratos rocosos buzan en el mismo sentido de la pendiente de los terrenos.

Por consiguiente, de los aspectos temáticos anteriores se obtiene que, las **condiciones hidrogeológicas del conjunto medio de la Formación Guaduas** en la zona de estudio y sus alrededores, están controladas principalmente por la alternancia de **areniscas cuarzosas**, **arcillolitas**, limolitas y mantos de carbón. Esta sucesión genera un comportamiento hidrogeológico heterogéneo, en el que las areniscas constituyen los principales niveles acuíferos y las arcillolitas actúan como unidades confinantes.
Los niveles de arenisca del conjunto medio de la Formación Guaduas, presentan las mejores condiciones para el almacenamiento y circulación de agua subterránea debido a:

- Porosidad primaria moderada y permeabilidad incrementada por fracturamiento.
- Espesores variables entre varias decenas de metros.

- Recarga directa donde afloran en los cerros del sur de Bogotá y recarga indirecta por infiltración desde depósitos cuaternarios.
- Comportamiento como acuíferos libres en las zonas de afloramiento y como acuíferos confinados o semiconfinados hacia el interior de la cuenca.

Los Niveles de arcillolita presentan características muy diferentes así:

- Muy baja permeabilidad.
- Elevada capacidad de retención de agua.
- Funcionan principalmente como **acuitardos** o, localmente, como **acuicludos**.
- Limitan el flujo vertical del agua subterránea y generan condiciones de confinamiento sobre los niveles arenosos.
- Cuando están fracturadas pueden transmitir pequeñas cantidades de agua, pero generalmente los caudales son bajos.

Por lo tanto, el régimen hidrogeológico para la zona de estudio presenta las siguientes características.

- Las areniscas constituyen los principales conductos del flujo subterráneo.
- Las arcillolitas separan hidráulicamente los diferentes niveles acuíferos.
- Los mantos de carbón pueden almacenar pequeñas cantidades de agua, aunque su aporte al flujo regional es limitado.
- El flujo subterráneo sigue preferentemente la dirección del buzamiento de los estratos (en el mismo sentido de la pendiente de las laderas) y las principales fracturas regionales.

Como conclusión, sobre las condiciones hidrogeológicas de la zona de ubicación de los sitios de estudio se obtiene: en el conjunto medio de la Formación Guaduas, los niveles de arenisca constituyen acuíferos de importancia hidrogeológica moderada, especialmente donde afloran o están intensamente fracturados. En contraste, las arcillolitas funcionan como unidades de baja permeabilidad que controlan el confinamiento, la recarga y la dirección del flujo subterráneo.

2.3 COMPONENTE DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO.

En el anexo C. Cartografía, se presentan los archivos correspondientes a la cartografía donde se incluye la localización de las tres áreas de intervención, el inventario forestal realizado, sobre las coberturas de la tierra, bajo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

Las coberturas de la Tierra fueron interpretadas a partir de una ortofoto del IDECA de la ciudad de Bogotá y una imagen o base map de Esri para el año 2026, permitiendo observar dinámicas o no. Para el barrio Porvenir, se encontraron 3 coberturas. En las siguientes tablas se presentan la interpretación del año 2017 y los resultados del 2026.

Tabla 16. Coberturas de la tierra año 2017.

UNIDAD VEGETAL	NIVELES CORINE LAND COVER (CLC)					AREA (m2)	%
	2	3	4	5	6		
PORVENIR							
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo				3630,52	56,28

UNIDAD VEGETAL	NIVELES CORINE LAND COVER (CLC)					AREA (m2)	%
	2	3	4	5	6		
	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 terrenos asociados			2005,46	31,09
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.3. Pastos	2.3.1 Pastos limpios				815,24	12,64
TOTAL						6451,23	100

Fuente: Consorcio Preservar, 2026

El área de Porvenir es de 6451,23 m^2, que particularmente para el año 2017 se observan pastos limpios sobre una matriz de tejido urbano continuo.



Figura 40. Coberturas de la tierra 2017 y 2026 Porvenir.
Fuente: Consorcio Preservar, 2026

La cobertura del talud se mantiene dominada por gramíneas durante el periodo de análisis. Aunque el entorno urbano presenta modificaciones asociadas a la consolidación de la infraestructura vial y de las edificaciones, no se identifican cambios significativos en la cobertura vegetal del polígono, por lo que se conserva la clasificación como Pastos limpios.

Tabla 17. Coberturas de la tierra año 2026

UNIDAD VEGETAL	NIVELES CORINE LAND COVER (CLC)					AREA (m2)	%
	2	3	4	5	6		
PORVENIR							
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo				3024,51	46,88
	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 terrenos asociados			2997,03	46,46
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.3. Pastos	2.3.1 Pastos limpios				429,69	6,66
TOTAL						6451,23	100

Fuente: Consorcio Preservar, 2026

Las coberturas de la tierra de los diferentes barrios están representadas por áreas intervenidas, consecuencia de la construcción de vías que dejan áreas estabilizadoras y en conjunto con el análisis multitemporal, no es apreciable un aumento significativo de individuos y/o cambio en las dinámicas intrínsecas de la ciudad, para generar un cambio de cobertura significativo. Entre las más importantes están los pastos, que en el contexto urbano puede ser parte de otras zonas verdes como resultado de un manejo del arbolado, sendero o caminos. Pero, cuando eso no sucede y se abandona el área, empiezan a presentarse una regeneración natural, esto sucede en Sierra Morena, pese a presentar la mayoría de los individuos, estos no pasan de 2 m en promedio de altura total, con especies como Chilco de tipo arbustivo e individuos aislados de acacias su cobertura permanece como pastos enmalezados.

2.4 EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL

2.4.1 METODOLOGÍA

La metodología apropiada para obtención de los caudales máximos de escorrentía superficial para diseño de las estructuras hidráulicas de conducción y descarga, es el método racional adecuado para microcuencas hidrográficas aferentes de hasta 2.5 km^2 de área, según se especifica en el Manual de Drenaje del INVÍAS; este método se apoya en las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF.

2.4.2 DEFINICIÓN AREAS DE APORTE

Para el canal proyectado de escorrentía superficial, se halló el área aportante de lluvias, la que se presenta en la planta de la siguiente figura. Para el lote en zona verde de la izquierda, se consideró como techo de viviendas, teniendo en cuenta que hacia el futuro puede se construyan, estando de esta forma por el lado de la seguridad en el cálculo de los caudales máximos.

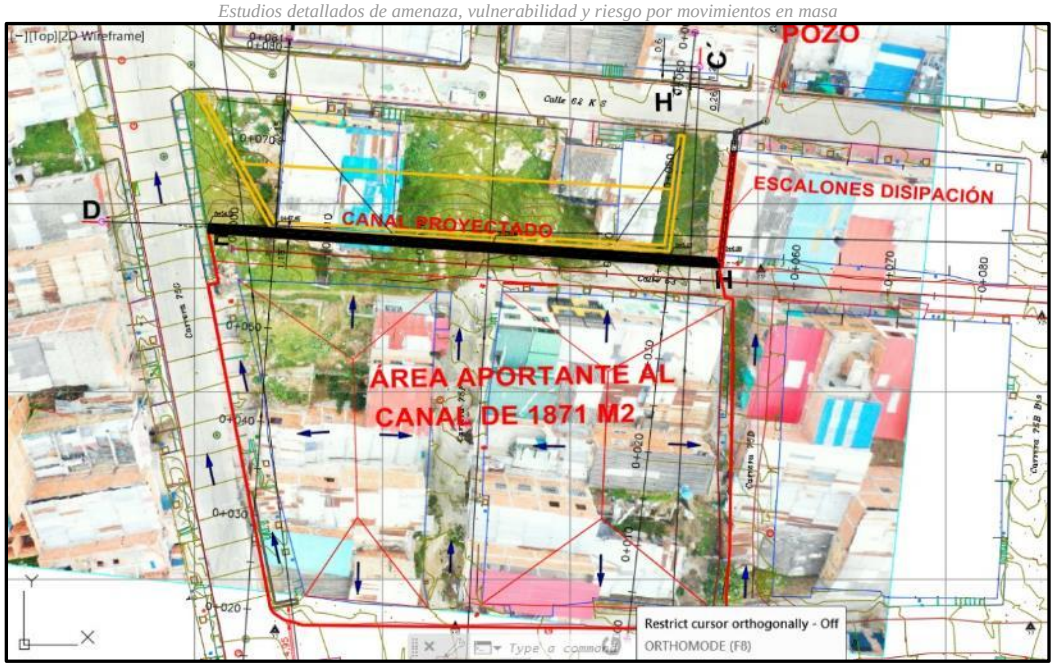


Figura 41. Planta del canal de aguas lluvias proyectado, con el área aportante de escorrentía superficial. (En el fondo imagen del dron aproximada no muy ortogonal)

2.4.3 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS REGISTROS HIDROCLIMATOLÓGICOS

De acuerdo con las redes de las estaciones hidrometeorológicas existentes en la zona, se dispone de la estación pluviométrica Altos de la Estancia (Código 2120000101) del INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO – IDIGER, con registros desde junio de 2018, como se observa en el mapa de la Figura 42.

Las precipitaciones mensuales totales y máximas en 24 horas, se adjuntan en el Anexo D1.

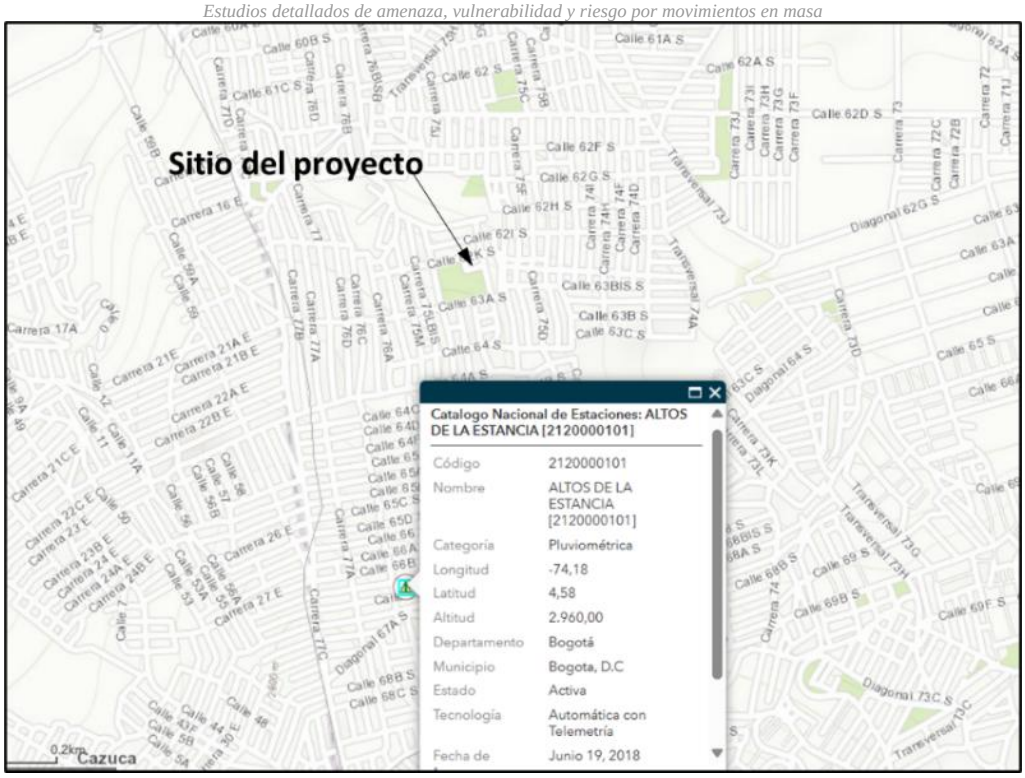


Figura 42. Estación pluviométrica del IDIGER
Fuente: Página web del IDEAM.

2.4.3.1 Precipitaciones Medias

Las precipitaciones medias mensuales multianuales de la estación pluviométrica Altos de La Estancia del IDIGER, se presentan en la siguiente figura , donde se aprecia una distribución de tipo bimodal, con valores máximos en los meses de marzo a junio para el primer semestre y octubre a noviembre para el segundo y mínimos entre diciembre y febrero y a mediados del año entre julio y septiembre en el período de verano; la precipitación media anual en la estación meteorológica es de 787 qm.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE

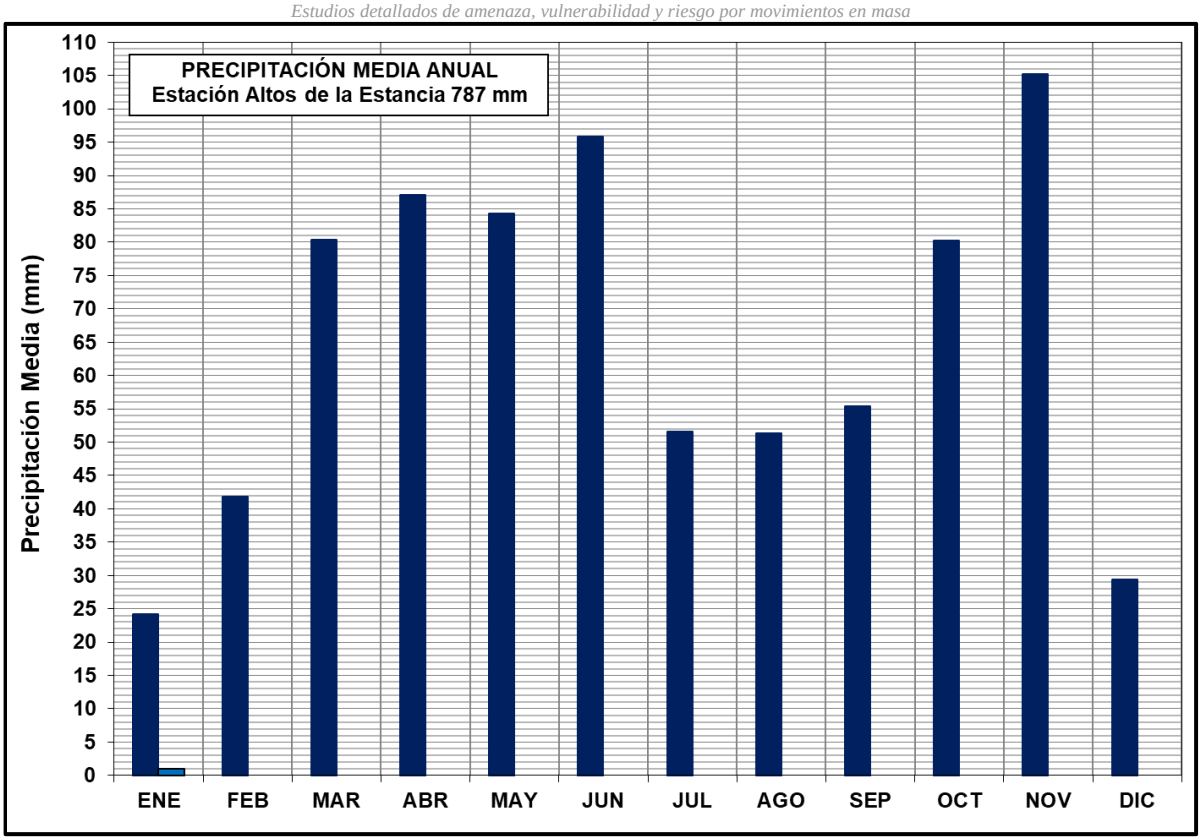


Figura 43. Distribución de las Precipitaciones medias mensuales en la estación meteorológica Altos de La estancia del IDIGER. Período 2016-2026
Fuente: Elaboración propia con información del IDIGER.

2.4.3.2 Precipitaciones Máximas

Las precipitaciones máximas en 24 horas mensuales multianuales en la estación meteorológica Altos de La Estancia del IDIGER, cuya distribución durante el año se observa en la siguiente figura, es de tipo bimodal con máximos en los meses de marzo a mayo en el primer semestre y noviembre en el segundo, en tanto que los más bajos ocurren en los meses del período de verano entre diciembre y febrero y a mediados del año en julio.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE

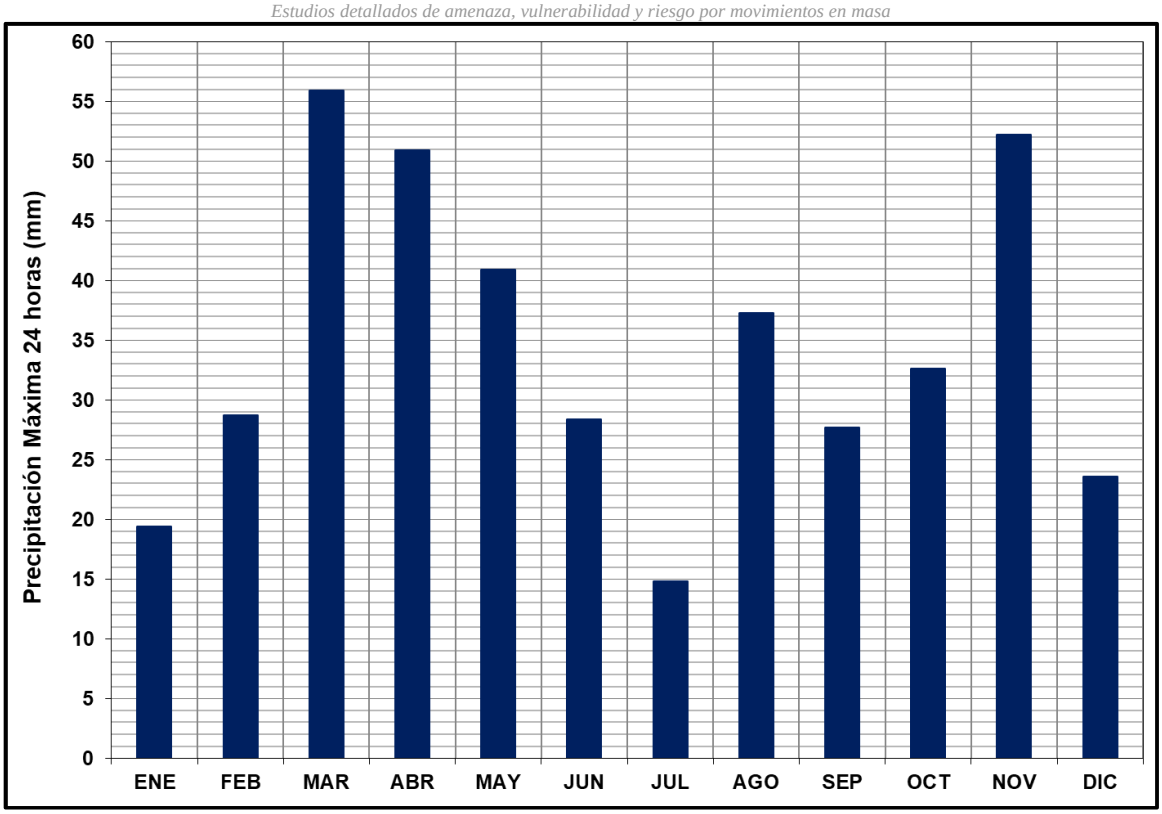


Figura 44. Distribución de las Precipitaciones máximas en 24 horas mensuales multianuales en la estación meteorológica Altos de La Estancia. Período 2016-2026.
Fuente: Elaboración propia con información del IDIGER

2.4.4 LLUVIAS CRITICAS O DE DISEÑO

2.4.4.1 Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF

Las curvas de intensidad, duración y frecuencia IDF de las lluvias máximas, resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno; gráficamente expresan de cuan intensa es una precipitación, en función de cuánto dura el episodio de lluvia y con que, probabilidad puede excederse ese episodio de lluvias.

Para el presente estudio, dichas curvas fueron suministradas por el Área de Hidrología dependencia de la Dirección de Ingeniería Especializada de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, para las coordenadas del sitio del proyecto Porvenir de La Estancia II, cuya ecuación y coeficientes se presentan en la siguiente tabla, disgregados para diversos períodos de retorno.

Tabla 18. Ecuación de las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF en el sitio del proyecto Porvenir de La Estancia II, según la EAAB.

acueducto
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Ecuación cálculo curvas IDF

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

Tabla coeficientes ecuación IDF

Id	Punto (E,N) EPSG:3116	Tiempo de retorno 3 años			Tiempo de retorno 5 años			Tiempo de retorno 10 años			Tiempo de retorno 25 años			Tiempo de retorno 50 años			Tiempo de retorno 100 años		
		C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2
1	989030,998974	1809.91	21.2	-1.00496	2069.93	20.0	-1.00412	2522.61	19.6	-1.01325	3020.22	19.0	-1.01534	3465.46	18.7	-1.02298	3892.05	18.6	-1.02633

NOTAS:

1) Unidades en la aplicación de la ecuación IDF: Intensidad [mm/h], Duración [min]

2) Sistema de Referencia de Coordenadas: MAGNA-SIRGAS / Zona Bogotá Colombia, EPSG 3116.

Fuente: Área de Hidrología – Dirección de Ingeniería Especializada de la EAAB.

2.4.5 RELACIONES ENTRE LA LLUVIA ANUAL Y LA LLUVIA CRÍTICA QUE DISPARA LOS MOVIMIENTOS EN MASA

La lluvia es el evento o parámetro hidrológico que dispara con mayor frecuencia los fenómenos de remoción en masa, por esta razón los autores descritos al pie de página[1], desarrollaron algunas relaciones de precipitación crítica y duración de lluvias que disparan movimientos en masa en Colombia y su relación con la lluvia anual de cada lugar.

Las lluvias tienen características variables definidas por su intensidad, duración y distribución, por esta razón los umbrales de falla por lluvia varían de un sitio a otro debido a las condiciones locales tanto de la precipitación como de la ladera.

Cuando se cuenta con una buena información pluviométrica, o mejor aún pluviográfica de una zona determinada, es posible identificar los períodos de lluvia, su distribución espacial y temporal y cuantificar la relación intensidad-duración o los volúmenes de agua que han caído como precipitación en determinadas épocas, especialmente, coincidiendo con la ocurrencia de deslizamientos.

Las relaciones de Precipitación-Frecuencia de cada evento, tienden a demostrar que existe una relación evidente entre los movimientos en masa y las lluvias antecedentes al evento y el umbral de falla se alcanza cuando se presenta un volumen acumulado de lluvia que se obtiene con una duración específica, la cual se denomina Duración Crítica.

La cantidad de lluvia requerida para disparar deslizamientos, tiende a ser mucho mayor en las zonas donde la precipitación anual es alta que en aquellas zonas con precipitaciones anuales bajas.

En general, la lluvia acumulada crítica (LLcr) está relacionada con la lluvia anual (LLa) en forma lineal, mientras que la duración de la lluvia (Dr) se relaciona de manera exponencial con la lluvia acumulada crítica, relaciones que se expresan en las siguientes ecuaciones:

[1] *Relaciones entre la Lluvia Anual y la Lluvia Crítica que dispara Movimientos en Masa. IX Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Ingenieros Álvaro González y Ramiro Castellanos*.

$$LLcr\ (mm) = 51 + 0.41\ LLa(mm)$$
$$Dr\ (días) = 3.3\ (LLcr)^{0.42}$$

Donde:

LLcr = Lluvia crítica en mm

LLa = Lluvia Anual en mm

Dr = Duración de la Lluvia en días o Duración crítica

No se ha logrado establecer una relación confiable entre el período de retorno y la lluvia acumulada crítica, por lo que este análisis se debe efectuar para cada caso en particular.
La duración de la precipitación crítica es diferente para los deslizamientos y avalanchas. La duración de la lluvia antecedente a la ocurrencia de las avalanchas, tiende a ser de 1, 5 ó 10 días y en algunos casos hasta de 45 días.

Los deslizamientos presentan en general una duración crítica en algunos eventos hasta de 90 días, siendo la precipitación en este tiempo o precipitación crítica del orden de 44% de la precipitación anual.
Para el cálculo del factor de seguridad o probabilidad de falla durante el análisis de estabilidad de un talud, se deberá considerar una lluvia de diseño con período de retorno superior o igual al identificado para la lluvia crítica que dispara movimientos en masa en la región.

El factor de seguridad se incrementa con un adecuado programa de estabilización que involucre sistemas de drenaje tanto superficial como subsuperficial y profundo, diseñados y proyectados para una lluvia de características similares o mayores a la lluvia identificada como crítica.

2.4.6 APLICACIÓN PARA EL PRESENTE ESTUDIO

Desarrollando el análisis descrito para la estación meteorológica representativa Altos de La Estancia, la duración crítica media anual oscila entre 38 y 42 días, siendo en promedio de 40 días; para fines prácticos y con el fin de estar por el lado de la seguridad, se consideró inicialmente una duración crítica de 60 días, graficando para cada mes los porcentajes máximos de las lluvias acumuladas en dos meses consecutivos con relación a la lluvia anual, según se presenta en la Figura 45 Adicionalmente, se calculó la duración crítica de 30 días cercana a la calculada de 36 días, según se observa en la Figura 46.

El porcentaje anual de la lluvia crítica con relación a la lluvia anual constante para los 12 meses del año que representa el umbral crítico promedio, es del 47%, oscilando entre 46 y 48%, porcentajes iguales para ambas duraciones críticas graficadas de 30 y 60 días. Los cálculos de este procedimiento se adjuntan en el **Anexo D2**.

Como se aprecia en las gráficas de las figuras antes descritas, la relación en porcentaje de la lluvia máxima acumulada con relación a la lluvia anual para las duraciones graficadas de 30 y 60 días, no superan las granjas de los umbrales críticos, por lo tanto, desde el punto de vista hídrico no se esperan movimientos en masa o deslizamientos por acumulación de aguas en la ladera; sin embargo, se debe tener en cuenta que este análisis se basa en las pocas investigaciones elaboradas sobre deslizamientos en el territorio nacional y las ecuaciones planteadas son muy generales, lo que podría originar sesgos en los resultados por defecto y aún por exceso, por lo que se requiere ajustar dichas ecuaciones a áreas locales o departamentales para una mayor precisión.

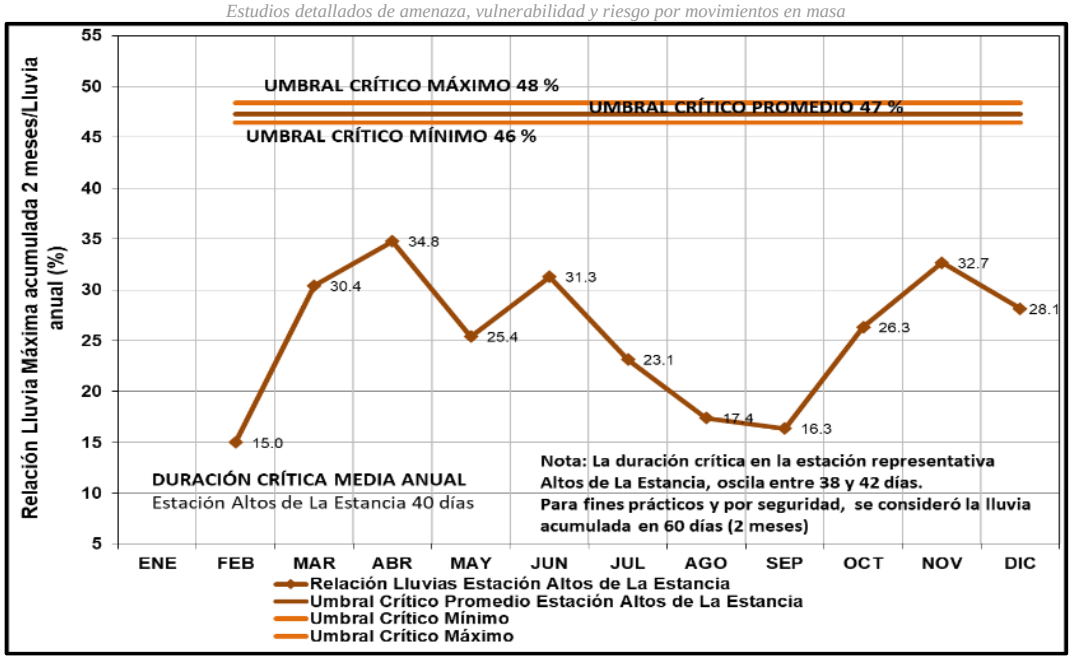


Figura 45. Porcentaje mensual de la lluvia máxima acumulada en 60 días, con relación a la lluvia anual y umbrales críticos que definen la ocurrencia de movimientos en masa.
Fuente: Elaboración propia con información de estaciones del IDIGER y el artículo de las IX Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Ingenieros Álvaro González y Ramiro Castellanos.

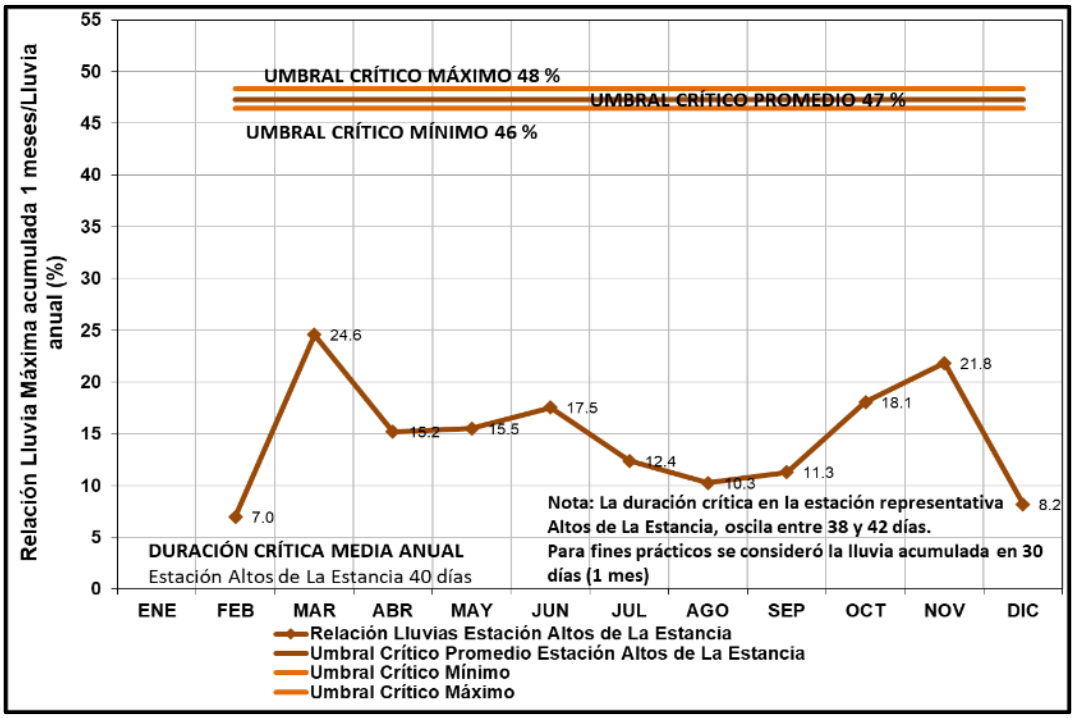


Figura 46. Porcentaje mensual de la lluvia máxima acumulada en 30 días, con relación a la lluvia anual y umbrales críticos que definen la ocurrencia de movimientos en masa.

Fuente: Elaboración propia con información de estaciones del IDIGER y el artículo de las IX Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Ingenieros Álvaro González y Ramiro Castellanos.

2.4.7 CALCULO CAUDALES DE ESCORRENTÍA

2.4.7.1 Método Racional

Para el cálculo de los caudales máximos aferentes a las estructuras de drenaje superficial proyectadas, se aplicó el método racional adecuado para áreas de microcuencas hidrográficas hasta de 2.5 km^2 y los siguientes aspectos básicos:

2.4.8 PERÍODOS DE RETORNO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PROYECTADAS

Los períodos de retorno para diversas estructuras hidráulicas, según lo descrito en la Tabla 13.1.1 de la nota bibliográfica a pie de texto[2] son los siguientes:

Cunetas, escalones de disipación y alcantarillas:	10 años
Box-culverts o alcantarillas de cajón:	20 años
Pontones:	50 años
Puentes:	100 años

Por las características del proyecto, para el diseño del canal en concreto, se asumió un período de retorno general de 10 años.

El cálculo de los caudales máximos para diversos períodos de retorno se efectuó por el método racional aplicable a cuencas hasta de 250 hectáreas (2.5 Km^2) según el Manual de Drenajes de INVÍAS, mediante la expresión relacionada a continuación:

$Q_{Tr} = 0.278\ C\ I_{Tr}\ A$

Donde:

Q_{Tr} = Caudal máximo en m^3/s para un período de retorno "Tr".
C = Coeficiente de escorrentía adimensional
A = Área de drenaje, en km^2.
I_{Tr} = Intensidad de la lluvia en mm/h para un período de retorno "Tr" y una duración de lluvia igual al tiempo de concentración.

El procedimiento de la obtención de los parámetros básicos del Método Racional, como son el coeficiente de escorrentía, se describe más adelante y la intensidad de la lluvia para el área aportante.

2.4.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda una gota de agua, precipitada en el punto más lejano de la cuenca, en llegar hasta el sitio de interés. Cuando el tiempo de concentración es igual a la duración de la lluvia se produce el máximo aporte simultáneo de toda la cuenca hidrográfica, es decir el caudal máximo de escorrentía[4]; con dicha duración se obtiene de las curvas IDF la intensidad máxima de lluvia para los diversos períodos de retorno considerados.

En este subcapítulo se describen las cuatro metodologías utilizadas en el presente estudio:

- Método de Kirpich

[2] *Hidrología Aplicada de Ven Te Chow.*
[4] *Chow, V.T. Handbook of Applied Hydrology.*

Dentro de las formulaciones para el tiempo de concentración, se utiliza la fórmula de Kirpich, adecuada para pendientes del cauce entre 3 y 10%, que corresponde a la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.000325 * \frac{L^{0.77}}{J^{0.385}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce principal en metros.

J = Pendiente media o ponderada del cauce principal en m/m.

- **Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos**

$$T_c = 0.3 * \frac{L^{0.76}}{J^{0.19}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de Concentración en horas

L = Longitud del cauce en km

S = Pendiente media del cauce en m/m

- Californiana

Expresión deducida de Kirpich según datos de Ramser, adoptada por la Dirección General de Carreteras y el State of California Division of Highways.

$$T_c = 0.066 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce principal en km

J = Pendiente media del cauce principal en m/m

- **Ven Te Chow**

$$T_c = 0.197 * \frac{L^{0.64}}{S^{0.32}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce principal en km.

J = Pendiente media del cauce principal en m/m.

Como tiempo de concentración representativo se consideró el promedio de los cuatro métodos aplicados, estableciendo un umbral mínimo de 10 minutos cuando resultan tiempos inferiores, como es el caso de todas las áreas hidrográficas aferentes a las estructuras de drenaje.

2.4.10 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía en cada área aportante se definió mediante la evaluación de los coeficientes parciales en las diversas áreas que las componen, acorde con la delimitación de las características del terreno, cubierta vegetal y pendiente media, en función del período de retorno, de acuerdo con los recomendados por Chow (1988), que se presentan en la Tabla 19; para el presente estudio se consideró la condición promedio de cubierta de pasto del 50 al 75% del área parcial considerada. Los coeficientes de escorrentía calculados para el presente estudio se presentan en la Tabla 20.

Tabla 19. Coeficientes de Escorrentía propuestos

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

	Periodo de retorno (años)						
Característica de la superficie	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58

Fuente: Chow, V. T. Maidment, D. R. Mays, L.W, Hidrología Aplicada, 1988.

Tabla 20. Coeficientes de escorrentía obtenidos para el área aportante al canal

ÁREA APORTANTE	CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICE	PENDIENTE ÁREA APORTANTE%	COEFICIENTE (años)[1]						ÁREA PARCIAL m^2	ÁREA APORTANTE TOTAL m^2	Cálculo Coeficientes de Escorrentía					
			2.33	5	10	20	50	100			$C_{2.33\ x}$ Área	$C_{5\ x}$ Área	$C_{10\ x}$ Área	$C_{20\ x}$ Área	$C_{50\ x}$ Área	$C_{100\ x}$ Área
Estancia	Concreto/Techo	29.3	0.75	0.80	0.83	0.87	0.92	0.97	1532	1871	1149.0	1225.6	1271.6	1332.8	1409.4	1486.0
	Pastizales		0.37	0.40	0.42	0.45	0.49	0.53	339		125.2	135.4	142.2	152.3	165.9	179.4
										Suma	1274.2	1361.0	1413.7	1485.2	1575.3	1665.4
										Coeficiente Escorrentía	**0.68**	**0.73**	**0.76**	**0.79**	**0.84**	**0.89**

[1] Tomado de la Tabla 15.1.1 Coeficientes de Escorretía para ser usados por el Método Racional. Hidrología Aplicada Ven Te Chow, pág.511

2.4.11 PROCEDIMIENTO CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

El procedimiento de cálculo se desarrolló obteniendo inicialmente los caudales máximos del área aportante, para diversos períodos de retorno, aplicando el método racional, los que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 21. Cálculo de los caudales máximos de escorrentía superficial esperados en el canal proyectado, para diversos períodos de retorno

Zona	Canal o estructura	Tipo	Período de Retorno	Parámetros áreas aportantes								Intensidad (mm/h)	Qescorrentía (m^3/s)
				Area (m^2)	Coeficiente Escorrentía	CxA	Σ CxA	L (m)	ΔH (m)	S (m/m)	Tconc. (min)		
Altos Estancia	Canal	Primario	10	1,871	0.76	1421.960	1422.0	36.9	10.80	0.2927	10.00	81.5	0.032
			20		0.79	1478.090	1478.1					98.9	0.041
			50		0.84	1571.640	1571.6					111.8	0.049

2.4.12 MODELACIÓN HIDRÁULICA

2.4.12.1 Generalidades

Los parámetros dinámicos en el canal de conducción de aguas lluvias, se generaron por el modelo hidráulico matemático denominado Hec Ras V6.5 del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, simulando el caudal máximo de diseño de 10 años de retorno.

2.4.12.2 Descripción General del Modelo Unidimensional Hec Ras

El Modelo Matemático HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles", calcula además de las características geométricas tales como el área, perímetro mojado, radio hidráulico y la profundidad media, las características dinámicas como velocidades y esfuerzos del flujo, la pendiente hidráulica y el número de Froude entre otros e indirectamente el factor hidráulico, para las condiciones de un tipo de flujo permanente o no permanente, uniforme y no uniforme y perfil gradualmente variado en canales naturales o artificiales no prismáticos.

Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning y el método convencional por pasos; en el presente estudio se consideró un tipo de flujo permanente y no uniforme.

2.4.12.3 Resultados de la modelación hidráulica unidimensional para el canal de aguas lluvias

Para el caudal máximo de diseño de 10 años de retorno en el río canal proyectado con magnitud 0.032 m^3/s, mediante la modelación hidráulica unidimensional con el programa Hec Ras V6.5, se obtuvo en el tramo en estudio de 55 m, un régimen de flujo mixto entre cuasi-crítico (números de Froude entre 0.70 y 1.30) y supercrítico o rápido, dados los números de Froude entre 1.00 y 4.93; las velocidades medias del flujo oscilaron entre 0.98 y 2.95 m/s (inferiores al valor permisible de 5 m/s para el concreto); la lámina de agua se presenta entre 0.04 y 0.11 m.

En la planta de la siguiente figura se presenta el abscisado del modelo Hec Ras y en la Figura 48el perfil longitudinal del canal y el perfil hidráulico de la lámina de agua, para el caudal máximo de diseño de 10 años de retorno.

El coeficiente de rugosidad de Manning para el concreto se asumió de 0.017, un poco mayor al valor normal, considerando desgaste y acumulación de basuras; como parámetros de frontera se adoptaron la pendiente del tramo inicial del lecho aguas arriba en la misma frontera y la pendiente crítica en el control hidráulico de la frontera aguas abajo.

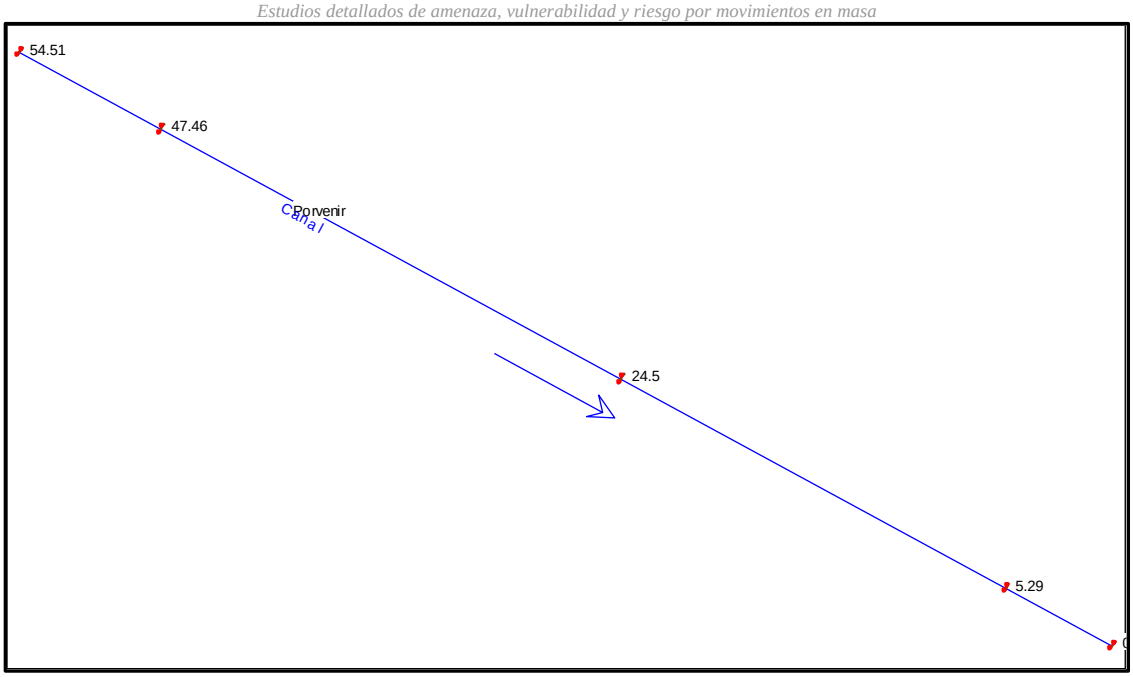


Figura 47. Planta del canal proyectado de aguas lluvias en la modelación hidráulica unidimensional, con el abscisado en el programa Hec Ras.

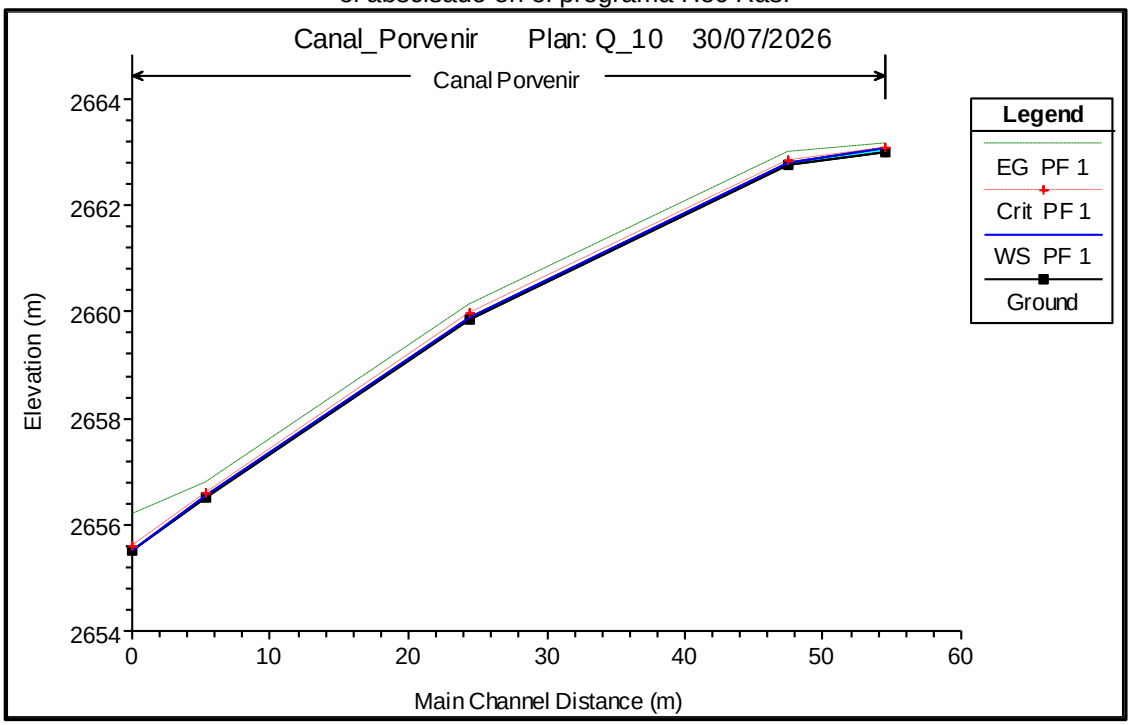


Figura 48. Perfil longitudinal del canal proyectado de aguas lluvias en la modelación hidráulica unidimensional, con el nivel de agua para el caudal máximo de 10 años de retorno.

Tabla 22. Resumen de los resultados de la modelación hidráulica unidimensional del canal de aguas lluvias, con los parámetros hidráulicos y geométricos más relevantes, para el caudal máximo de diseño de 10 años de retorno.

HEC-RAS Plan: Q10 River: Canal Reach: Porvenir Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Total	Vel Chnl	Mann Wtd Total	Shear LOB	Shear Chan	Shear ROB	Hydr Depth	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m/s)		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)	(m)	(m)	
Porvenir	54.51	PF 1	0.03	2663.00	2663.10	2663.10	2663.15	0.008783	0.95	0.99	0.016	2.27	6.57		0.09	0.36	0.99
Porvenir	47.46	PF 1	0.03	2662.75	2662.80	2662.85	2663.00	0.071048	1.92	1.98	0.016	9.44	31.22		0.05	0.33	2.75
Porvenir	24.5	PF 1	0.03	2659.86	2659.91	2659.96	2660.15	0.100048	2.15	2.21	0.016	11.93	40.11		0.05	0.33	3.24
Porvenir	5.29	PF 1	0.03	2656.50	2656.55	2656.60	2656.81	0.110805	2.23	2.28	0.016	12.81	43.21		0.04	0.33	3.40
Porvenir	0	PF 1	0.03	2655.50	2655.53	2655.60	2656.18	0.459880	3.52	3.58	0.016	34.21	121.01		0.03	0.32	6.65

2.4.12.4 Diseño hidráulico escalones de disipación

El método se basa en que el flujo escalón a escalón o "nappe flow", sigue una trayectoria tipo jet con un lente de aire bajo la napa, golpeando la huella del escalón aguas abajo y generando un resalto hidráulico parcial.

La pérdida de energía se produce entonces por la dispersión del chorro en el aire, por la mezcla del agua en el impacto y por el desarrollo total o parcial del resalto hidráulico. La metodología para el análisis de este flujo es presentada por Chanson (1994) y Ven Te Chow en su libro de Canales Abiertos denominado Método del número de caída, que se expresa mediante la siguiente formulación:

$$\mathbf{D = q^2 / g\, h^3}$$

Donde:

D = Número de caída

q = Caudal por unidad de ancho

g = Aceleración de la gravedad

h = Altura de la caída

Las características de los escalones se definen así:

$L_d = 4.30\ h\ D^{0.27}$

$d_p = h\ D^{0.22}$

$d_1 = 0.54\ h\ D^{0.425}$

$d_2 = 1.66\ h\ D^{0.27}$

Siendo:

L_d = Longitud de caída, desde el muro hasta la posición de d_1 inicio del resalto (m)

d_1 = Profundidad al pie de la napa o inicio del resalto (m)

d_2 = Profundidad secuente de salida correspondiente a d_1 (m)

d_p = Lámina de agua al pie del escalón bajo la napa (m)

Para el diseño de los escalones, se considera únicamente la longitud de caída desde el muro o la contrahuella del escalón, hasta el inicio del resalto con altura de la lámina "d_1", sin que se forme el resalto hidráulico o aun permitiendo que se forme una pequeña longitud de este, pero nunca completo. Los parámetros hidráulicos básicos se presentan en la siguiente tabla, mientras que sus características geométricas e hidráulicas son objeto de la Tabla 24; en esta última tabla, de acuerdo con las diversas pendientes de la ladera, se buscan en la tabla individualmente la de mayor similitud y que siempre debajo del chorro se preserve una lámina de agua "dp" inferior a la altura del escalón para una aireación adecuada, haciendo algunas veces un pequeño ajuste de la longitud en el escalón en el dibujo, siempre alargándolo,

sin que se presente resalto hidráulico completo. La altura de los muros laterales se fijó por encima de la lámina crítica y medidas en el filo del escalón, pero no menor a 0.25 m

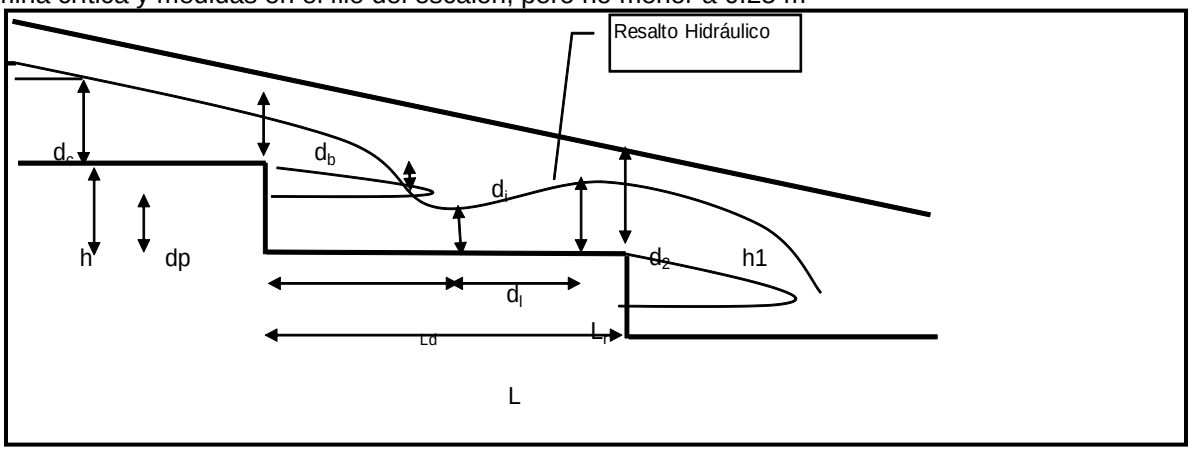


Figura 49. Esquema con los componentes del cálculo hidráulico de los escalones de disipación.

Tabla 23. Parámetros hidráulicos básicos diseño escalones de disipación, para el caudal máximo de 10 años de retorno.

Información Básica		
Parámetros Básicos	**Valor**	**Unidad**
Caudal Máximo Q_{10}	0.032	m^3/s
Ancho "B"	0.30	m
Caudal Unitario "q"	0.11	$m^3/s/m$
Lámina crítica $d_c = (q^2/g)^{1/3}$	0.11	m
Lámina escalón $d_b = 0.715 * d_c$	0.08	m
Área Escalón $A_b = B * d_b$	0.02	m^2
Velocidad Escalón $V_b = Q/A_b$	1.42	m/s

Tabla 24. Características geométricas e hidráulicas de los escalones de disipación, proyectados para 10 años de retorno.

Dimensiones y Características Escalones sin Resalto Hidráulico						
h (m)	**Ld (m)**	**d1 (m)**	**d2 (m)**	**dp (m)**	**L (m)**	**Pendiente Escalón (m/m)**
0.20	0.51	0.05	0.20	0.13	0.61	0.328
0.25	0.53	0.04	0.21	0.14	0.63	0.395
0.30	0.55	0.04	0.21	0.15	0.70	0.429
0.35	0.57	0.04	0.22	0.16	0.67	0.524
0.40	0.58	0.04	0.22	0.17	0.68	0.586
0.45	0.60	0.04	0.23	0.17	0.73	0.616
0.50	0.61	0.04	0.23	0.18	0.75	0.667
0.50	0.61	0.04	0.23	0.18	0.72	0.694
0.55	0.62	0.04	0.24	0.18	0.73	0.753
0.60	0.63	0.04	0.24	0.19	0.75	0.800
0.65	0.64	0.03	0.25	0.20	0.74	0.880
0.70	0.65	0.03	0.25	0.20	0.75	0.936
0.75	0.66	0.03	0.25	0.20	0.76	0.992

2.4.12.4.1 Diseño tubería descarga al Pozo de la EAAB

Para proyectar el diámetro de la tubería de descarga al Pozo de la EAAB, se aplicó la ecuación de Manning, ajustada a tuberías dejando como incógnita el diámetro a tubo lleno, según la siguiente expresión:

$$D = (3.21\, Q\, n / S^{0.5})^{3/8}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (m)

Q = Caudal (m^3/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

S = Pendiente hidráulica (m/m)

Para el presente estudio, el caudal máximo de diseño corresponde al período de retorno de 10 años, con valor de 0.032 m^3/s, el coeficiente de rugosidad de Manning adoptado es de 0.016, un tanto superior al normal de 0.013, asumiendo un tiempo de uso de la tubería; la pendiente hidráulica se proyectó igual a la pendiente de la tubería asociada al terreno de 27%, resultando en el cálculo un diámetro comercial de 8” (200 mm) para un caudal a tubo lleno de 0.144 m^3/s, superior al caudal máximo de diseño de 10 años de retorno, siendo este último el 22%.

2.5 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

2.5.1 GENERALIDADES

En este numeral se presenta la caracterización hidrogeológica del área de ubicación de los sitios de estudio, el cual se desarrolla en el marco conceptual general del proyecto, que se enfoca al cumplimiento de los Términos de referencia para la elaboración del diagnóstico de evaluación de las amenazas geológicas de los sitios programados.

Para el análisis del componente hidrogeológico de los sitios en estudio, se tuvo en cuenta las características geológicas (condiciones litológicas y estructurales) y geomorfológicas, presentes en el área de estudio y sus alrededores, y por consiguiente tomando como base la información de referencia, así como la información de los reconocimientos de campo y las investigaciones del subsuelo de cada uno de los sitios referenciados. La caracterización geológica y geomorfológica regional y general, al igual que las investigaciones temáticas se analizaron en los numerales correspondientes de la geología y geomorfología.

Para la evaluación de las condiciones hidrogeológicas del área de interés, se consideró como parámetros básicos las características de los materiales geológicos (litología, composición, textura, porosidad, permeabilidad y estructura) y geomorfológicos (subunidades y elementos) de los terrenos componentes del área de ubicación de los sitios de estudio.

La hidrogeología define la como la “rama de la hidrología que estudia las aguas subterráneas y se basa en la geología y la mecánica de fluidos”.

El campo de acción de la hidrogeología son las aguas que se encuentran bajo la superficie terrestre, relacionando factores que controlan el flujo del agua y los cambios químicos que acontecen en este proceso; estos parámetros se pueden asociar a la incidencia del hombre en la explotación y aprovechamiento del agua subterránea para temas industriales, domésticos o agropecuarios.

2.5.2 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

Para la evaluación de las condiciones hidrogeológicas de los sitios de estudio, se tuvo en cuenta fundamentalmente los parámetros geológicos y geomorfológicos que pueden tener influencia en la zona y sus alrededores:

- **Desde el punto de vista geológico**, se tienen en cuenta: las rocas de Formación Guaduas, en su conjunto medio(K2E1gm), la cual aflora ampliamente en el área donde se ubican los sitios de estudio y sus alrededores.

    - La Formación Guaduas, en su conjunto medio (K2E1gm), está constituida por una secuencia interestratificada de areniscas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón. Esta unidad conforma ampliamente la zona de ubicación de los sitios de estudio.

- **Desde el punto de vista geomorfológico**, los terrenos del área de ubicación de los sitios de estudio están conformados principalmente por laderas estructurales (Sle), cuyos estratos rocosos buzan en el mismo sentido de la pendiente de los terrenos.

Por consiguiente, de los aspectos temáticos anteriores se obtiene que, las **condiciones hidrogeológicas del conjunto medio de la Formación Guaduas** en la zona de estudio y sus alrededores, están controladas principalmente por la alternancia de **areniscas cuarzosas**, **arcillolitas**, limolitas y mantos de carbón. Esta sucesión genera un comportamiento hidrogeológico heterogéneo, en el que las areniscas constituyen los principales niveles acuíferos y las arcillolitas actúan como unidades confinantes.

Los niveles de arenisca del conjunto medio de la Formación Guaduas, presentan las mejores condiciones para el almacenamiento y circulación de agua subterránea debido a:

- Porosidad primaria moderada y permeabilidad incrementada por fracturamiento.
- Espesores variables entre varias decenas de metros.
- Recarga directa donde afloran en los cerros del sur de Bogotá y recarga indirecta por infiltración desde depósitos cuaternarios.
- Comportamiento como acuíferos libres en las zonas de afloramiento y como acuíferos confinados o semiconfinados hacia el interior de la cuenca.

Los Niveles de arcillolita presentan características muy diferentes así:

- Muy baja permeabilidad.
- Elevada capacidad de retención de agua.
- Funcionan principalmente como **acuitardos** o, localmente, como **acuicludos**.
- Limitan el flujo vertical del agua subterránea y generan condiciones de confinamiento sobre los niveles arenosos.
- Cuando están fracturadas pueden transmitir pequeñas cantidades de agua, pero generalmente los caudales son bajos.

Por lo tanto, el régimen hidrogeológico para la zona de estudio presenta las siguientes características.

- Las areniscas constituyen los principales conductos del flujo subterráneo.
- Las arcillolitas separan hidráulicamente los diferentes niveles acuíferos.
- Los mantos de carbón pueden almacenar pequeñas cantidades de agua, aunque su aporte al flujo regional es limitado.

- El flujo subterráneo sigue preferentemente la dirección del buzamiento de los estratos (en el mismo sentido de la pendiente de las laderas) y las principales fracturas regionales.

Como conclusión, sobre las condiciones hidrogeológicas de la zona de ubicación de los sitios de estudio se obtiene: en el conjunto medio de la Formación Guaduas, los niveles de arenisca constituyen acuíferos de importancia hidrogeológica moderada, especialmente donde afloran o están intensamente fracturados. En contraste, las arcillolitas funcionan como unidades de baja permeabilidad que controlan el confinamiento, la recarga y la dirección del flujo subterráneo.

3 ESTUDIOS DETALLADOS

3.1 INVENTARIO DETALLADO

El presente capítulo consolida el inventario detallado de los elementos que intervienen en la condición de amenaza y riesgo del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II, sector localizado en la Localidad de Ciudad Bolívar (Bogotá D.C.), sobre el eje de la Calle 62K Sur y la Carrera 75D. El inventario integra la información secundaria recopilada ante las entidades distritales de gestión del riesgo (DPAE, FOPAE e IDIGER) — conceptos técnicos (CT), diagnósticos técnicos (DI) y registros de obra (RO)— con las observaciones directas obtenidas durante los reconocimientos de campo y el levantamiento topográfico. Su propósito es caracterizar de manera sistemática el proceso morfodinámico activo, las cargas actuantes, el área de influencia y las redes de servicios comprometidas, así como las estructuras existentes y afectadas, con el fin de constituir el insumo base para la modelación geotécnica y la evaluación de vulnerabilidad de las fases posteriores del estudio.

El inventario se estructura en cinco componentes: (i) inventario del proceso morfodinámico; (ii) cargas actuantes por edificaciones y tránsito vehicular; (iii) afectación del área de influencia y de las redes de servicios públicos; (iv) estructuras afectadas (viviendas y vías); y (v) estructuras existentes de contención y protección, con la geometría asociada del talud.

3.1.1 INVENTARIO DEL PROCESO MORFODINÁMICO

El proceso morfodinámico predominante en el Polígono 1 corresponde a movimientos en masa de tipo caída y deslizamiento somero, desarrollados sobre taludes de corte vial desconfinados y sin obras de contención. La configuración típica del proceso se localiza en el eje de la Calle 62K Sur con Carrera 75D, donde el corte practicado para la conformación de la banca vial genera pérdida de soporte lateral para los predios ubicados en la parte superior de la ladera y compromete progresivamente la corona del talud. Los materiales involucrados corresponden a depósitos coluviales y suelos residuales arcillosos de baja resistencia al corte, altamente susceptibles a la saturación.

El factor detonante predominante es la gestión deficiente de las aguas superficiales y subsuperficiales sobre estos materiales, asociada a la ausencia de estructuras de captación y canalización de escorrentía y a aportes de agua provenientes de las redes de servicios. El factor condicionante principal es la práctica recurrente de cortes de talud viales sin medidas de contención. De acuerdo con los diagnósticos técnicos disponibles, los eventos documentados presentan taludes de corte del orden de 3,0 a 7,0 m de altura y 10,0 m de longitud, con desplazamiento de volúmenes de material del orden de 2 a 5 m³ hacia la base del talud. La evidencia de campo y el esquema del perfil del proceso se presentan en la Figura 50.

Desde el punto de vista geológico, y en concordancia con la caracterización regional del estudio, el sector se emplaza sobre la Formación Guaduas (K2E1g), específicamente sobre su conjunto intermedio, constituido por la interestratificación de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, arcillolitas y mantos de carbón, que conforma la parte media de los cerros donde se ubica la zona de estudio. Sobre este sustrato se desarrollan perfiles de meteorización y una cobertura de suelos residuales y depósitos coluviales, junto con rellenos antrópicos y escombros producto de la intensa intervención de la ladera. Estos materiales, con matriz predominantemente limo-arcillosa y alta capacidad de retención de humedad, se disponen sobre laderas de fuerte pendiente, condición que, sumada al desconfinamiento topográfico por los cortes antrópicos, eleva la susceptibilidad de los materiales a fallar.

Geomorfológicamente, el sector corresponde a geoformas de ambiente estructural (ladera estructural, Sle), con estratos que buzan en dirección de la pendiente y desarrollo de laderas de altas a escarpadas, intensamente intervenidas por la ocupación urbana y la explotación de materiales. Con base en las zonificaciones de los Estudios Básicos, el sector evaluado presenta una amenaza de media a alta ante la reactivación de movimientos en masa activos.



a. **b.**

Figura 50. Evidencia de inestabilidad activa: (a) esquema del perfil del talud de corte (Sección A–A', predio Calle 62K Sur No. 75D-15) y (b) registro fotográfico donde se señala la línea de sección A–A' correspondiente al esquema de la parte (a), junto con la dirección del movimiento y la tubería de alcantarillado en la corona.

Fuente: IDIGER – Diagnóstico Técnico DI-18325 (2022) y reconocimiento de campo.

Anteriormente (año 2023), en la zona de desconfinamiento existía una vía vehicular que en la actualidad ya no opera, debido al desprendimiento constante y a las caídas de relleno y suelo residual. En la siguiente figura, se ilustra el tramo vial en sus condiciones previas al desconfinamiento de la banca.

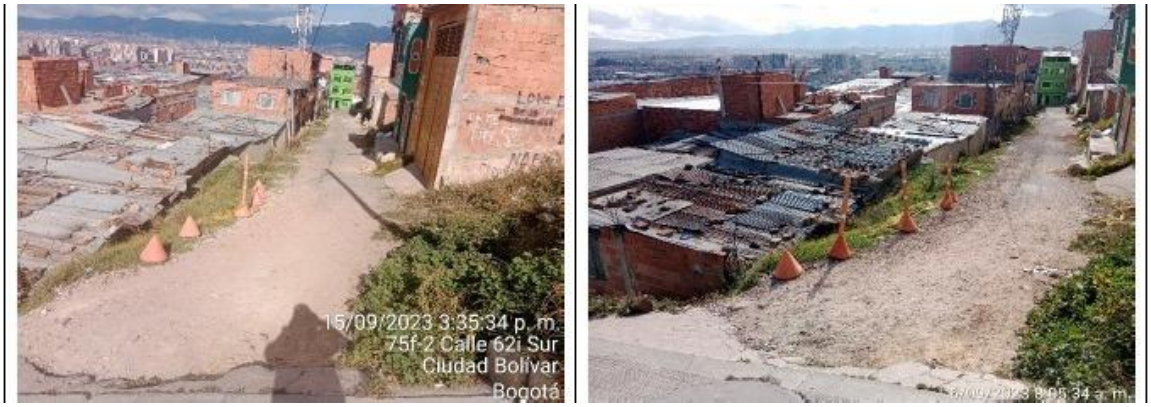


Figura 51. Tramo de la Calle 63 Sur antes del desconfinamiento de la banca.

Fuente: IDIGER (2023).

La delimitación de la corona del proceso y las direcciones de movimiento sobre el ortomosaico del sector se presentan en la Figura 52 donde se aprecia el carácter retrogresivo del fenómeno que afecta la calzada de la Calle 63 Sur.



Figura 52. Ilustración de la corona (línea segmentada) y de la dirección del proceso de remoción en masa que afecta la calzada de la Calle 63 Sur, en vista de ortomosaico.
Fuente: Elaboración propia a partir de reconocimiento de campo e IDIGER.

Con el fin de representar espacialmente la distribución de la inestabilidad, se elaboró el mapa de procesos morfodinámicos en planta que se presenta en la Figura 53. En él se resaltan los escarpes de los procesos denudativos identificados en el sector, cartografiados sobre el ortomosaico del levantamiento, junto con las direcciones del movimiento del material. Los escarpes se concentran en el sector central del polígono, en el eje de la Calle 62K Sur con Calle 63 Sur, con direcciones de movimiento predominantes hacia la calzada y los predios de la parte baja de la ladera, lo que confirma el carácter retrogresivo del proceso y la exposición directa de las viviendas y la vía.



Figura 53. Mapa de procesos morfodinámicos en planta: escarpes de los procesos denudativos y direcciones de movimiento sobre el ortomosaico del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II.
Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista morfodinámico, el sitio se encuentra influenciado principalmente por agrietamientos que han afectado el pavimento de la Calle 63 Sur —vía intermedia del sector—, que limita por el norte con un talud resultante de excavaciones antiguas asociadas a la extracción de materiales de uso ingenieril. La inestabilidad de este talud, por descompresión del terreno, ha comprometido la función vial de la Calle 63 Sur, generando grietas y hundimientos que a su vez afectan las viviendas aledañas.

Dentro del área del sitio se identifican cuatro procesos morfodinámicos principales que afectan las viviendas y la infraestructura del sector, los cuales se relacionan en la siguiente tabla. Su descripción detallada y el registro fotográfico correspondiente se presentan en el capítulo de procesos morfodinámicos.

Tabla 25. Inventario de procesos morfodinámicos identificados en el sitio (Porvenir de la Estancia II).

Proceso	Descripción	Localización	Afectación
No. 1	Agrietamientos y hundimientos del pavimento (procesos antiguos, con reparcheos previos)	Pavimento de la Calle 63 Sur (a lo largo de la manzana)	Vía y viviendas aledañas
No. 2	Caída de detritos reciente que deja al descubierto la tubería del alcantarillado; involucra escombros y basuras	Punto intermedio del talud contiguo a la Calle 63 Sur	Tubería de alcantarillado y talud
No. 3	Caída de detritos sobre el talud de excavaciones antiguas con depósito de escombros y basuras	Talud contiguo a la Calle 62K Sur	Muro de protección y viviendas de la parte inferior
No. 4	Afectaciones sobre el borde del andén	Borde oriental del andén de la Carrera 75G (esquina con Calle 62K Sur)	Andén / espacio público

Fuente: Elaboración propia.

El sector cuenta con un amplio y documentado historial de inestabilidad geotécnica. El inventario consolidado de la información secundaria (fuentes IDIGER SIG Predial y relación documental SIRE) registra para el Polígono 1 un total de veinticinco (25) pronunciamientos técnicos emitidos entre 1999 y 2025, discriminados en dieciséis (16) diagnósticos técnicos (DI), ocho (8) conceptos técnicos (CT) y un (1) registro de obra (RO). Los diagnósticos de la última década se concentran en el eje de la Calle 62K Sur con Carrera 75D, evidenciando el carácter activo, progresivo y estructural de la inestabilidad. La relación de antecedentes se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 26. Inventario de antecedentes técnicos del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II (1999–2025).

#	Documento	Año	Dirección	Escenario	Evac.	Reasent.
1	CT-3273	—	—	—	—	—
2	CT-3266	1999	—	—	—	—
3	CT-3821	2000	—	—	—	—
4	CT-3901	2003	—	—	—	—
5	DI-2739	2006	—	—	—	—
6	CT-4828	2007	—	—	—	—
7	DI-4828	2010	CL 63 Sur 75F-11	RPMM	Sí	Sí
8	DI-6482	2012	CL 63 Sur 75F-11	RPMM	Sí	Sí
9	CT-6957	2013	—	—	—	—
10	DI-6957	2013	CL 63 Sur 75F-11	RPMM	Sí	Sí
11	DI-7006	2013	CL 62I Sur 75D-16	RPAC	Sí	—
12	CT-7928	2015	—	—	—	—
13	DI-7928	2015	KR 75F 63-07 Sur	RPMM	No	Sí
14	DI-11203	2017	CR 75F 62G-49 Sur	RPMM	No	No
15	DI-15109	2020	CL 62K Sur 75D-09	RPMM	No	No
16	DI-15213	2020	CL 62K Sur 75D-03	RPMM	No	No

#	Documento	Año	Dirección	Escenario	Evac.	Reasent.
17	DI-16619	2021	CL 62K Sur 75D-15	RPMM	Sí	No
18	DI-16671	2021	KR 75B Bis 63-25 Sur	RPAC	No	—
19	DI-16842	2021	KR 75B Bis 63-25 Sur	RPAC	No	No
20	DI-17797	2022	KR 75G 62I-40 Sur	RPMM	Sí	—
21	DI-18325	2022	CL 62K Sur 75D-15	RPMM	No	Sí
22	DI-19313	2023	KR 75G 62I-40 Sur	RPMM	Sí	No
23	DI-20267	2024	KR 75F 63-07 Sur	RPMM	No	No
24	RO-150918	2024	CL 69B Sur 74B-42 y otros	RPMM	No	—
25	CT-4222	2005/2025	Deslizamiento El Espino	RPMM	—	Sí

Nota: DI – Diagnóstico Técnico; CT – Concepto Técnico; RO – Registro de Obra. Escenario SIRE: RPMM – riesgo por movimientos en masa; RPAC – riesgo por proceso asociado. «Evac.» recomendación de evacuación; «Reasent.» inclusión en programa de reasentamiento.

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario Consolidado SIRE, Contrato CIN-1104-2025.

3.1.2 CARGAS ACTUANTES: EDIFICACIONES Y TRÁNSITO VEHICULAR

Sobre la corona y la zona de influencia inmediata del talud actúan dos tipos de sobrecargas relevantes para los análisis de estabilidad: las cargas transmitidas por las edificaciones residenciales y las cargas asociadas al tránsito vehicular sobre las vías locales. La ocupación del sector corresponde a vivienda informal consolidada, con edificaciones de uno a tres pisos construidas predominantemente en mampostería estructural y pórticos de concreto, implantadas directamente sobre la corona de los taludes de corte, sin retiro ni aislamiento respecto del borde. Para efectos del inventario y de los análisis de estabilidad, la carga transmitida por las edificaciones se estima en 1,0 t/m² por piso, de modo que las viviendas de uno a tres pisos aportan sobrecargas del orden de 1,0 a 3,0 t/m² (aproximadamente 10 a 30 kPa) sobre la corona del talud.

En cuanto a la sobrecarga vehicular, se adopta el valor mínimo establecido por el numeral H.5.1.2 del Título H de la NSR-10 para vías públicas y zonas libres próximas a excavaciones temporales. En consecuencia, en los análisis de estabilidad se aplica una sobrecarga superficial uniforme q = 15 kPa (1,5 t/m²) sobre la corona del talud y las zonas de circulación adyacentes, actuando en la condición más desfavorable. Las sobrecargas adoptadas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 27. Cargas y sobrecargas actuantes adoptadas para el inventario y los análisis de estabilidad.

Fuente de carga	Descripción	Valor adoptado	Referencia
Tránsito vehicular (vía local)	Sobrecarga uniforme en corona y zonas de circulación	q = 15 kPa (1,5 t/m²)	NSR-10, num. H.5.1.2
Edificaciones residenciales	Vivienda de 1 a 3 pisos en mampostería / concreto sobre la corona	≈ 1,0 t/m² por piso (≈ 10 kPa/piso; 1–3 pisos: 1,0–3,0 t/m² ≈ 10–30 kPa)	Estimación / campo
Acumulación de materiales	Disposición de escombros y basuras en lotes vacíos adyacentes	Carga variable no controlada	DI-15213 (2020)

Fuente: Elaboración propia con base en NSR-10, Título H.

3.1.3 AFECTACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y DE LAS REDES DE SERVICIOS

El área de influencia considerada para el inventario abarca la extensión del talud de corte existente en el polígono y su zona inmediata (ladera arriba, ladera abajo y lateralmente), con el fin de capturar los rasgos morfológicos asociados a los procesos de inestabilidad activos e inactivos. Para el Polígono 1, el área de levantamiento se extiende desde la banca de la Calle 62K Sur hasta la cima del talud de corte, incluyendo la zona de influencia del predio de la Carrera 75D. En esta franja se concentran los elementos expuestos: viviendas en ladera, vías locales de calzada sencilla y las redes de servicios públicos.

Las redes de servicios públicos constituyen un elemento crítico del inventario, tanto por su condición de infraestructura expuesta como por su papel en el mecanismo de inestabilidad. Los reconocimientos de campo y los diagnósticos técnicos evidencian la presencia de tubería de la red de alcantarillado en la corona del talud de corte de la Calle 62K Sur en una configuración que favorece los aportes de agua al terreno en caso de fugas u obstrucciones. De manera reiterada, los pronunciamientos del sector señalan la ausencia de estructuras de captación y canalización de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial como factor detonante principal (DI-16619, DI-15109), así como la necesidad de garantizar el adecuado funcionamiento de las redes de acueducto y alcantarillado gestionadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP). La afectación potencial del área de influencia y de las redes se sintetiza en la siguiente tabla.

Tabla 28. Elementos del área de influencia y redes de servicios inventariados.

Elemento	Descripción	Afectación / interacción con el proceso
Red de alcantarillado	Tubería localizada en la corona del talud (Calle 62K / 63 Sur)	Aporte de agua al terreno por fugas/obstrucción; exposición a la deformación de la corona
Manejo de aguas lluvias	Ausencia de estructuras de captación y canalización de escorrentía	Saturación de materiales coluviales y residuales; detonante de los movimientos
Red de acueducto	Redes internas y de servicio en sector de ladera	Aportes de agua permanentes al suelo asociados a fugas
Vía local (banca)	Calzada sencilla sin estructura de pavimento (Calle 62K / 63 Sur)	Pérdida de banca en la corona del talud; compromiso de la funcionalidad vial
Zona de influencia (50 m)	Franja perimetral ladera arriba / abajo del polígono	Predios residenciales superiores con pérdida de soporte lateral

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 ESTRUCTURAS AFECTADAS (VIVIENDAS Y VÍAS)

El inventario de estructuras afectadas se construye a partir de los diagnósticos técnicos emitidos por las entidades distritales, los cuales documentan de manera individualizada los predios, viviendas y tramos viales comprometidos por el proceso morfodinámico, junto con las recomendaciones de manejo asociadas (evacuación preventiva, restricción de uso, estabilización o reasentamiento). La afectación se concentra en el eje de la Calle 62K Sur con Carrera 75D y en los barrios El Porvenir II Etapa, El Rincón del Porvenir, Rincón de Galicia, Casa Loma y El Mirador de la Estancia. Los predios clasificados con Prioridad Técnica Uno (1) fueron incorporados al programa de reasentamiento y como suelo de protección. La relación de estructuras afectadas se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29. Estructuras afectadas documentadas en los diagnósticos técnicos del Polígono 1.

Documento	Año	Predio / sector	Afectación	Recomendación
DI-4828	2010	CL 62K Sur / banca vial	Emergencia (Evento 1645); afectación de predios	Estabilizar la banca de la vía
DI-6482	2012	Predios sector El Espino	Prioridad Técnica Uno (1)	Reasentamiento e incorporación como suelo de protección
DI-6957	2013	Vivienda – Rincón de Galicia	Emergencia estructural; asentamientos diferenciales	Evacuación preventiva
DI-7006	2013	Viviendas – Rincón del Porvenir	Talud de corte al costado norte de viviendas	Estabilización y/o contención del talud
DI-7928	2015	Casa Loma, Rincón de Galicia, El Mirador	Movimientos en masa; riesgo a viviendas	Evacuación preventiva y estabilización

Documento	Año	Predio / sector	Afectación	Recomendación
DI-15109	2020	CL 62K Sur 75D-09	Inestabilidad del talud de corte vial	Intervenir el talud de corte de la vía
DI-15213	2020	CL 62K Sur 75D-03	Mal uso de lotes vacíos (basuras)	Garantizar la estabilidad del talud adyacente
DI-16619	2021	CL 62K Sur 75D-15	Escorrentía superficial y subsuperficial	Captación y canalización de aguas
DI-11203	2017	CR 75F 62G-49 Sur	Humedad y estabilidad en vivienda en ladera	Mantenimiento y manejo de aguas
DI-17797	2022	El Porvenir II Etapa	Afectación a vivienda y vía	Evacuación preventiva y estabilización del talud
DI-18325	2022	CL 62K Sur 75D-15	Deslizamiento somero en talud de corte (3,0 m)	Reasentamiento; manejo de aguas y estabilización
DI-19313	2023	El Porvenir II Etapa	Seguimiento; afectación a vivienda y vía	Evacuación y restricción de uso

Fuente: Elaboración propia a partir de los diagnósticos técnicos del IDIGER.

3.1.5 ESTRUCTURAS EXISTENTES Y GEOMETRÍA DEL TALUD

El inventario de estructuras existentes recoge los elementos de contención, protección y drenaje presentes en el sector, así como la geometría de los taludes de corte que gobierna la condición de estabilidad. La característica dominante del Polígono 1 es la ausencia generalizada de obras de contención formales; no obstante, sobre el talud afectado se identificó un muro de contención puntual y la zona de tubería expuesta, elementos que se ilustran en la siguiente figura.



Figura 54. Muro de contención existente y zona de tubería expuesta en el talud afectado.
Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento y los reconocimientos de campo.

Por lo anterior, las estructuras existentes se limitan a obras menores de reparación y a algunos muros de protección construidos por los propios habitantes para la defensa de sus viviendas, sin especificaciones técnicas, y a una placa huella en la Calle 63 Sur, aparentemente construida por la comunidad. No se identificaron estructuras de contención tipo gaviones ni muros de concreto diseñados en el eje crítico de la Calle 62K Sur, lo cual constituye una de las principales deficiencias del sector frente a la amenaza documentada.

En cuanto a la geometría, los taludes de corte inventariados presentan alturas del orden de 7,0 m y longitudes de exposición del orden de 10,0 m, con pendientes pronunciadas próximas o superiores al ángulo de reposo de los materiales coluviales, de relleno y residuales, condición que explica su carácter desconfinado y la ocurrencia de deslizamientos someros. Esta geometría, sumada a la ausencia de contención y de manejo de aguas, define el escenario base para la modelación geotécnica de las secciones de análisis. Las estructuras existentes inventariadas se relacionan en la Tabla 30

Tabla 30. Estructuras existentes y geometría del talud inventariadas.

Estructura / elemento	Descripción	Geometría / dimensión	Estado
Talud de corte vial	Corte para conformación de banca y emplazamiento de viviendas	H ≈ 7,0 m; L ≈ 10,0 m; pendiente pronunciada	Desconfinado, sin contención
Muro de contención / protección	Muro de contención puntual sobre el talud afectado y muros menores construidos por la comunidad	Variable	Puntual / precario, sin especificación técnica
Placa huella (Calle 63 Sur)	Vía de calzada sencilla, aparentemente construida por la comunidad	—	Sin estructura de pavimento ni drenaje
Gaviones / muros de concreto	No identificados en el eje crítico Calle 62K Sur	No existentes	Deficiencia frente a la amenaza
Estructuras de drenaje	Elementos de recolección y canalización de aguas lluvias	No existentes	Ausencia generalizada

Fuente: Elaboración propia a partir de los reconocimientos de campo.

3.1.6 CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD

La clasificación del movimiento en masa se realiza conforme al marco metodológico del Servicio Geológico Colombiano (Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, SGC, 2017), que adopta la terminología del Proyecto Multinacional Andino (PMA: GCA, 2007) y la clasificación de Cruden & Varnes (1996). Bajo este esquema, el proceso identificado en el Polígono 1 corresponde a un deslizamiento de tipo traslacional somero, con caídas de suelo asociadas sobre el talud de corte vial, desarrollado en depósitos coluviales y suelos residuales arcillosos. El movimiento presenta un escarpe principal (zona de inicio) en la corona del talud, sobre el eje de la Calle 62K Sur con Calle 63 Sur, y un cuerpo o zona de depósito en la base, sobre las zonas de patio y servidumbre de los predios inferiores. Sus atributos se sintetizan en la Tabla 31.

Tabla 31. Clasificación del movimiento en masa del Polígono 1 según SGC (2017) / PMA: GCA (2007).

Atributo	Descripción / valor
Tipo de movimiento	Deslizamiento (con caídas de suelo asociadas en el talud de corte)
Subtipo	Traslacional somero
Partes identificadas	Escarpe principal (e) en la corona; cuerpo / zona de depósito (d) en la base del talud
Estilo	Único a múltiple
Distribución	Retrogresivo
Estado de actividad	Activo (movimientos recurrentes documentados 1999–2025)
Edad relativa	Reciente
Material involucrado	Depósitos coluviales y suelos residuales arcillosos (matriz limo-arcillosa)
Dirección del movimiento	Ladera abajo, hacia la calzada (Calle 62K / 63 Sur) y predios inferiores
Factor detonante	Aguas de escorrentía y subsuperficiales; probables fugas de redes
Volumen movilizado por evento	2 a 5 m³ (deslizamientos someros documentados)

Fuente: Elaboración propia con base en SGC (2017) y PMA: GCA (2007).

En cuanto a la velocidad, la Guía la considera un descriptor de la intensidad del movimiento y remite a la escala de Cruden & Varnes (1996), que define siete clases (Tabla 32). El comportamiento de fondo de la ladera corresponde a desplazamientos del orden de milímetros por día, es decir, una velocidad muy lenta a extremadamente lenta (clases 1 a 2). No obstante, durante los episodios detonados por lluvia, los deslizamientos someros del talud de corte fallan de manera súbita, movilizando volúmenes de 2 a 5 m³, con velocidades que alcanzan las clases rápida a muy rápida (clases 5 a 6). En consecuencia, el proceso se caracteriza por una deformación lenta y progresiva de la corona, puntuada por eventos de falla rápidos que constituyen la principal amenaza para las viviendas y la vía.

Tabla 32. Escala de velocidad de los movimientos en masa.

Clase	Descriptor	Velocidad típica
7	Extremadamente rápida	> 5 m/s
6	Muy rápida	5 m/s – 3 m/min
5	Rápida	3 m/min – 1,8 m/h
4	Moderada	1,8 m/h – 13 m/mes
3	Lenta	13 m/mes – 1,6 m/año
2	Muy lenta	1,6 m/año – 16 mm/año
1	Extremadamente lenta	< 16 mm/año

Fuente: Cruden & Varnes (1996), adoptada por SGC (2017).

En síntesis, el inventario detallado confirma que el Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II presenta una condición de inestabilidad geotécnica estructural, activa y progresiva, gobernada por taludes de corte vial desconfinados sin obras de contención, cargas de edificaciones y tránsito sobre la corona, redes de servicios que aportan agua al terreno y una ausencia generalizada de estructuras de contención y drenaje. Este inventario, junto con la clasificación del movimiento y la estimación de su velocidad, constituye el insumo directo para la definición de las secciones de análisis, la modelación de estabilidad y la evaluación de vulnerabilidad de las fases subsiguientes del estudio.

3.2 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.2.1 PLAN DE EXPLORACIÓN.

La campaña de exploración geotécnica contempló la ejecución de perforaciones profundas con recuperación continua de muestras, incluyendo la realización de ensayos de penetración estándar (SPT), así como la obtención de muestras inalteradas tipo Shelby y/o tipo SS, en función de las condiciones geológicas y geotécnicas encontradas en el subsuelo. De manera complementaria, se efectuaron exploraciones subsuperficiales mediante barrenos manuales, apiques y trincheras, orientadas a la identificación detallada de la estratigrafía del sitio y a la extracción de muestras tipo bolsa destinadas a la realización de ensayos de laboratorio especializados.

En las siguientes figuras se ilustran los esquemas de los tipos de perforaciones y excavaciones realizadas en el sector Porvenir – La Estancia II, como parte de los trabajos ejecutados:

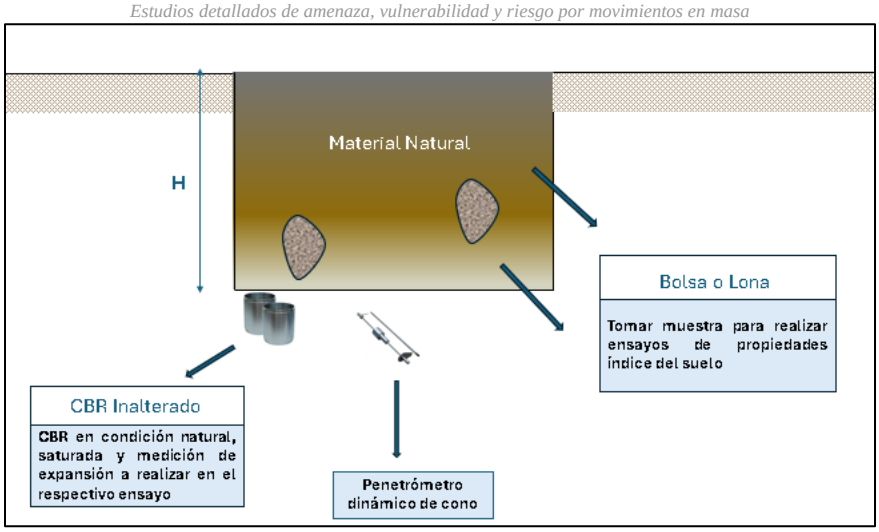


Figura 55. Esquema de Apique en terreno natural.
Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de perforación consiste en la excavación manual de una sección cuadrada 1,00 m x 1,00 m hasta una profundidad de 1.50 m, permitiendo la exposición directa del material natural para su inspección y evaluación geotécnica, tal como se observa en la figura anterior. Durante el proceso se identifican visualmente las características del suelo y se extraen muestras representativas, las cuales se colocan ciudadosamente en bolsas para la posterior realización de ensayos de propiedades físicas y mecánicas. En el interior del apique se efectúa el ensayo CBR inalterado, especialmente en condición natural o saturada, con el fin de evaluar la capacidad portante y expansión del suelo en su estado original. Adicionalmente, se emplea un penetrómetro dinámico de cono para determinar la resistencia del terreno in situ, complementando la caracterización geotécnica. Este conjunto de actividades y equipos permiten garantizar una evaluación confiable del suelo, basada tanto en observaciones directas como en mediciones obtenidas mediante ensayos de campo.

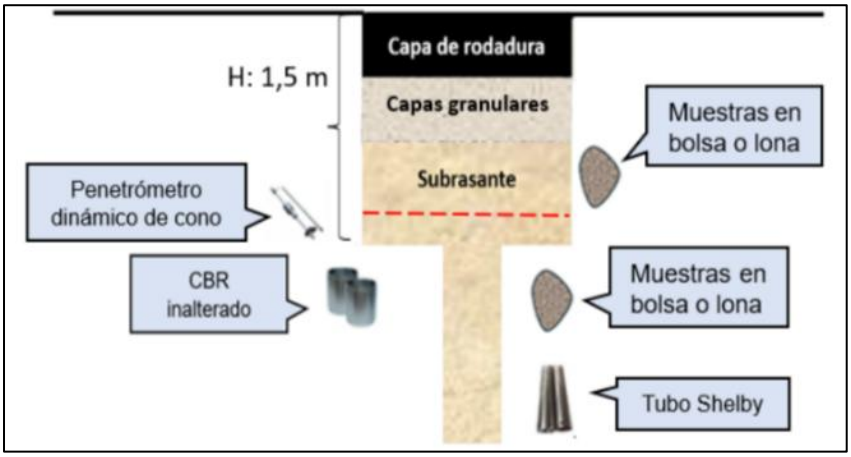


Figura 56. Esquema de Apique Barreno en pavimento existente.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la ejecución de un apique barreno se desarrolla inicialmente mediante la excavación manual del apique, conforme al procedimiento previamente descrito y hasta alcanzar una profundidad aproximada de 1,50 m. Seguidamente, se procede con la perforación tipo barreno de manera manual o mecánica, con el fin de profundizar la investigación del subsuelo. Durante esta fase se realiza la extracción de muestras utilizando tubos tipo Shelby para obtener muestras inalteradas, así como tubos Split Spoon y/o tipo NQ, según el tipo de material encontrado en el sitio. La combinación de ambos permite complementar la

información estratigráfica y mecánica del terreno, asegurando una caracterización más detallada y representativa de las condiciones del subsuelo a una mayor profundidad.

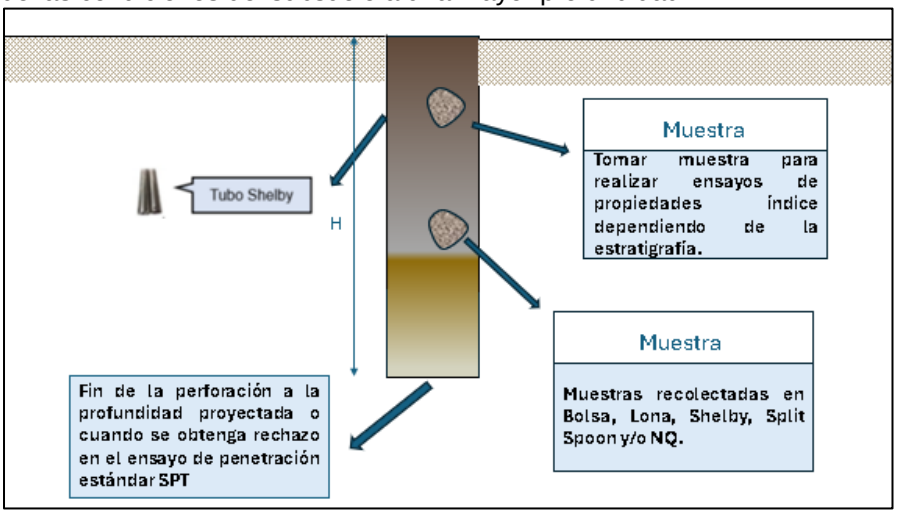


Figura 57. Esquema de Barreno en terreno natural.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la ejecución de una perforación tipo barreno en terreno natural se lleva a cabo con el objetivo de profundizar la investigación geotécnica del subsuelo en un sitio particular de interés de análisis geotécnico en base a las condiciones observadas en campo. El procedimiento inicia con la preparación y nivelación del punto de perforación, seguido de la excavación progresiva mediante barreno manual o mecánico, de acuerdo con la profundidad proyectada. Durante la perforación se realiza el registro estratigráfico continuo, identificando los cambios litológicos, niveles de humedad y consistencia del material. La obtención de muestras se efectúa utilizando tubos tipo Shelby para muestras inalteradas y tubos Split Spoon o NQ para muestras alteradas o semiinalteradas, según el tipo de suelo y el ensayo a ejecutar. Estas muestras son debidamente rotuladas, protegidas y almacenadas para su posterior análisis en laboratorio, garantizando la representatividad y calidad de la información.

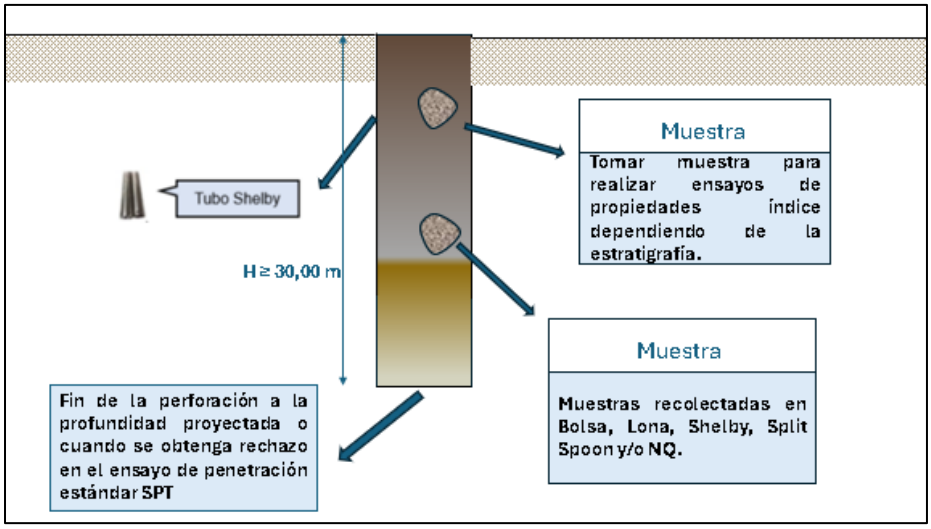


Figura 58. Esquema de Sondeo en terreno natural.
Fuente: Elaboración propia.

Particularmente, la ejecución de un sondeo mecánico profundo en terreno natural se realiza con el propósito de caracterizar las condiciones geotécnicas del subsuelo a mayores profundidades, permitiendo

identificar la variabilidad estratigráfica, las propiedades mecánicas de los materiales y la presencia de niveles freáticos en el área de estudio.

El procedimiento inicia con la localización, adecuación y nivelación del punto de perforación, garantizando condiciones estables para la instalación del equipo. Posteriormente, se procede con la perforación mediante equipo mecánico rotatorio (tipo GY o similar), empleando herramientas como brocas trícono, muestreadores y circulación de fluido (agua).

Durante el avance de la perforación, el proceso se desarrolla de forma continua y controlada hasta alcanzar profundidades del orden de 30,00 m o mayores, registrando sistemáticamente el porcentaje de recuperación de la muestra, revestimiento utilizado, RQD y color del agua. De manera simultánea, se lleva a cabo el registro estratigráfico detallado, identificando cambios litológicos, grado de meteorización, color, estructura, condiciones de humedad y competencia de los materiales encontrados.

La obtención de muestras se realiza de acuerdo con la naturaleza del material encontrado y los objetivos del estudio. Para suelos se emplean muestreadores tipo Split Spoon (SPT) que permiten, además, determinar la resistencia a la penetración, así como tubos Shelby para la recuperación de muestras relativamente inalteradas. En materiales más competentes o rocosos, se realiza la perforación empleando brocas tipo NQ para obtener muestras de roca o registros de lavado cuando la recuperación es limitada debido a la fracturación o baja cohesión del material.

A lo largo del sondeo, se controla la estabilidad de las paredes mediante el uso de revestimiento temporal o presión de fluido, particularmente en estratos sueltos o altamente fracturados. Asimismo, se realiza la verificación del nivel freático durante y al finalizar la perforación, registrando su profundidad una vez alcanzadas condiciones de equilibrio hidráulico.

Finalmente, todas las muestras recuperadas son debidamente rotuladas, Preservardas y almacenadas, asegurando su integridad para ensayos de laboratorio. En conjunto, este procedimiento permite obtener una caracterización geotécnica confiable y representativa en profundidad, fundamental para el análisis y diseño de obras civiles, especialmente en condiciones complejas del subsuelo.

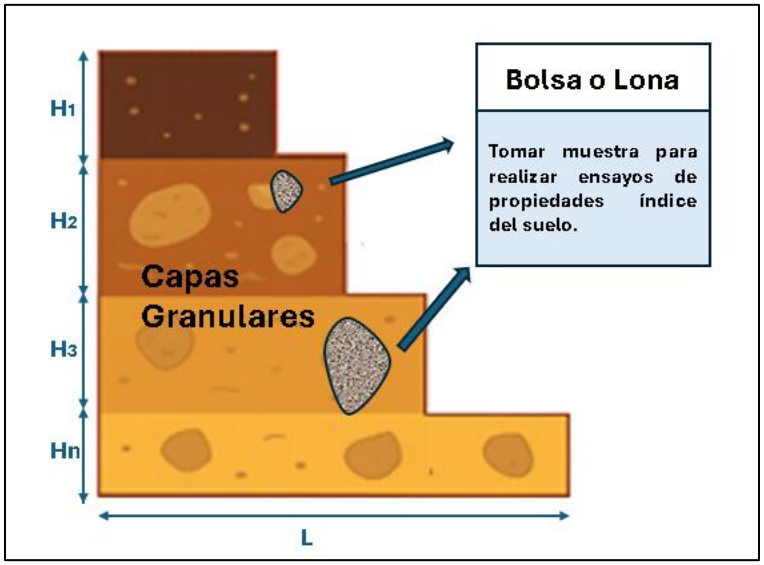


Figura 59. Esquema de una excavación tipo Trinchera.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, se ejecutaron excavaciones manuales tipo trinchera en aquellos sectores donde se identificaron taludes naturales, con el propósito de realizar una exploración directa del subsuelo. Estas excavaciones permitieron exponer de forma continua el perfil estratigráfico, evidenciando la secuencia y espesor de las

distintas capas granulares presentes, así como sus características visuales y condiciones de compacidad. Durante la ejecución de las trincheras, se efectuó la descripción geotécnica in situ de cada horizonte y la recolección de muestras representativas, las cuales fueron almacenadas en bolsas debidamente rotuladas, para la posterior realización de ensayos de laboratorio orientados a la determinación de las propiedades mecánicas del suelo. Este procedimiento permitió una caracterización confiable de las condiciones del terreno natural y aportó información relevante para el análisis de estabilidad.

Es importante resaltar que, las perforaciones proyectadas fueron distribuidas de manera estratégica dentro del polígono de estudio, priorizando las zonas críticas previamente identificadas. Su localización y número se definieron con base en criterios técnicos y en las condiciones particulares del terreno, con el objetivo de garantizar una caracterización representativa, consistente y confiable del sector antes mencionado.

Cabe señalar que la totalidad de los trabajos de campo, así como las actividades asociadas a la toma, manipulación, transporte y preservación de las muestras de suelo, se ejecutaron en estricto cumplimiento de los procedimientos y recomendaciones establecidos en las Normas de Ensayo del INVÍAS, Sección 100, garantizando de esta manera la calidad, representatividad y confiabilidad de la información geotécnica obtenida.

Con base en lo anteriormente expuesto, se ejecutaron labores de exploración geotécnica que incluyeron la realización de un (01) apique de 1.70 de profundidad, la excavación de tres (03) trincheras con una longitud total de 16,65 m lineales, la ejecución de una (01) perforación tipo apique barreno de 6,50 metros, y, por último, (01) barreno mecánico con una profundidad final alcanzada de 6,00 m.

Estas perforaciones permitieron la obtención de muestras de suelo representativas, tanto alteradas como inalteradas, mediante el empleo de equipos manuales y mecánicos junto con el uso de herramientas menores. Las muestras extraídas fueron destinadas a su posterior análisis en laboratorio, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales obtenidos. Por otro lado, las perforaciones posibilitaron la verificación de la presencia o ausencia del nivel freático en el área bajo estudio.

A continuación, se presenta de manera esquemática en la siguiente figura la ubicación de la exploración geotécnica ejecutada en el sector Porvenir – La Estancia II.

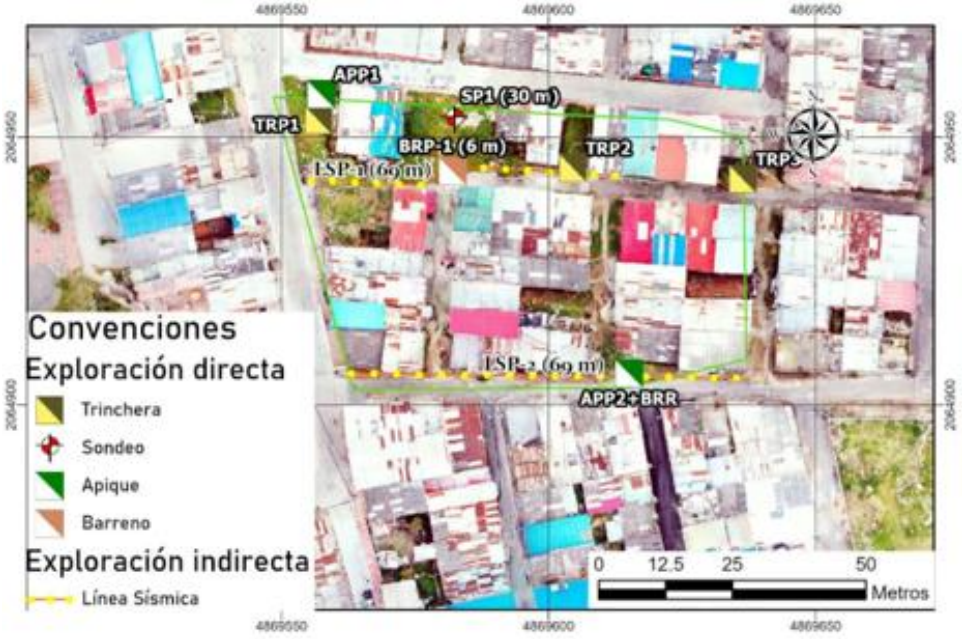


Figura 60. Localización de la exploración geotécnica.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se presenta de manera resumida la relación de los puntos donde se ejecutaron las perforaciones proyectadas, indicando para cada uno de ellos; el tipo de exploración realizada, coordenadas y la profundidad final alcanzada:

Tabla 33. Exploración ejecutada.

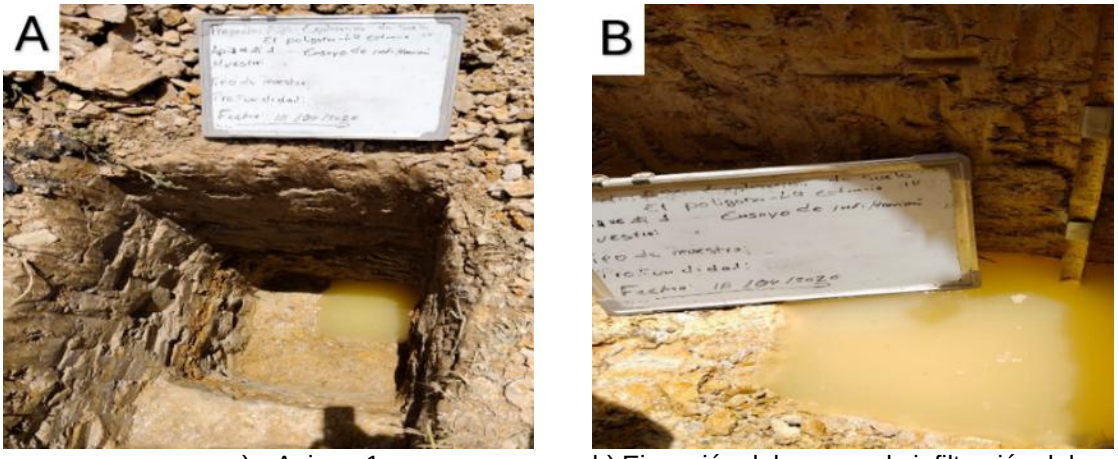
PERFORACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		PROFUNDIDAD (m)				
	LATITUD	LONGITUD	APIQUE	BARRENO	TRINCHERA	SONDEO	TOTAL
APP-1	4°35'13.0"N	74°10'35.2"W	1.70	-	-	-	1,70
APP2+BRR	4°35'11.29" N	74°10'33.02"W	1.50	5.00	-	-	6,50
BRP-1	4°35'12.6"N	74°10'34.3"W	-	6,00	-	-	6,00
TRP-1	4°35'12.64" N	74°10'35.02"W	-	-	7,30	-	7,30
TRP-2	4°35'12.55" N	74°10'33.50"W	-	-	5,60	-	5,60
TRP-3	4°35'12.5"N	74°10'32.3" W	-	-	3,75	-	3,75
SP-1	4°35'12.8"N	74°10'34.1"W	-	-	-	30,50	30,50

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto, en el **anexo 1 titulado "Exploración del subsuelo",** se incluyen los registros de campo correspondientes a cada una de las perforaciones ejecutadas en el sector bajo estudio junto con sus correspondientes ensayos de laboratorio.

3.2.1.1 Exploración directa

Esta consiste en el reconocimiento y evaluación in situ del subsuelo mediante excavaciones manuales o mecánicas, tales como apiques, trincheras y barrenos, que permiten observar de manera directa el perfil estratigráfico existente, permitiendo identificar la secuencia, espesor y características de los diferentes estratos de suelo, así como la evaluación de su humedad, consistencia, estructura y compacidad. En el siguiente numeral, se muestra el registro fotográfico que documenta y respalda la ejecución de los trabajos de exploración del subsuelo realizados, incluyendo la realización de apiques, trincheras y barrenos, así como la realización de las pruebas de campo efectuadas durante la campaña de investigación geotécnica.



a) Apique 1. b) Ejecución del ensayo de infiltración del suelo.

Figura 61. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Apique).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se documenta la ejecución del Apique 1 (AP-1), localizado próximo al límite occidental del polígono de estudio, en inmediaciones de la Carrera 75, hacia el sector norte del área analizada. La profundidad alcanzada permitió la observación directa del perfil estratigráfico superficial del sitio, así como la evaluación del estado y características de los materiales presentes.

De acuerdo con las observaciones realizadas, el perfil estratigráfico identificado en el apique presenta, en su nivel superior, un estrato compuesto por limo arenoso de color café oscuro, con presencia de material orgánico y raíces. Subyacente a este nivel, se identificaron estratos arcillosos con variaciones de color y presencia de oxidaciones.

En las siguientes imágenes se presentan las muestras extraídas durante la realización del apique 1, las cuales confirman las condiciones estratigráficas descritas anteriormente:



a) Muestra 1 b) Muestra 2 c) Muestra 3

Figura 62. Muestras extraídas en el Apique 1.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se llevó a cabo el ensayo de infiltración del suelo mediante el método Porchet (Ver **Figura 61**) determinándose que no se registró el descenso del nivel de agua una vez alcanzada la condición de saturación, por lo cual, se concluye que el suelo en este sitio presenta una conductividad hidráulica extremadamente baja, considerándose prácticamente impermeable (kts ≈ 0).

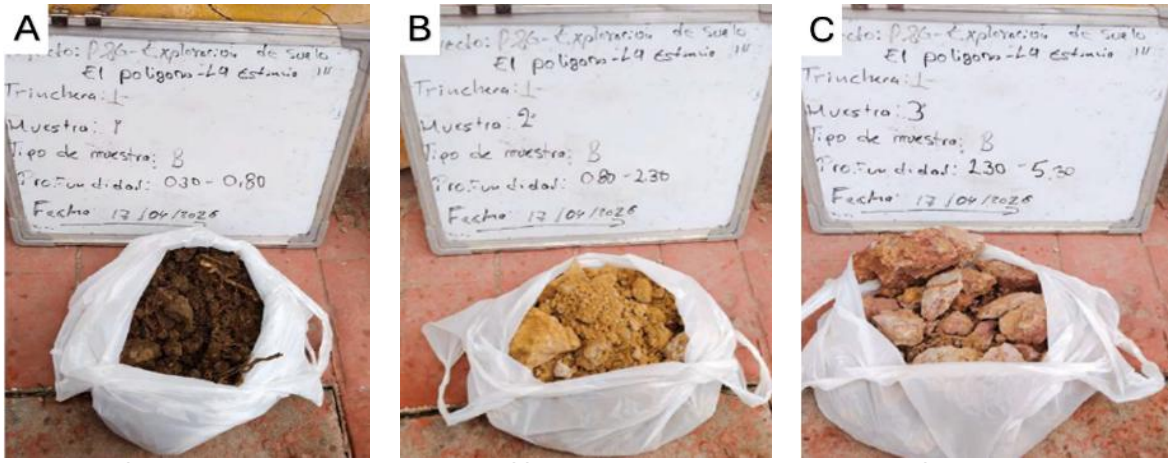


a) Trinchera 1 b) Trinchera 2 c) Trinchera 3

Figura 63. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Trincheras).

Fuente: Elaboración propia.

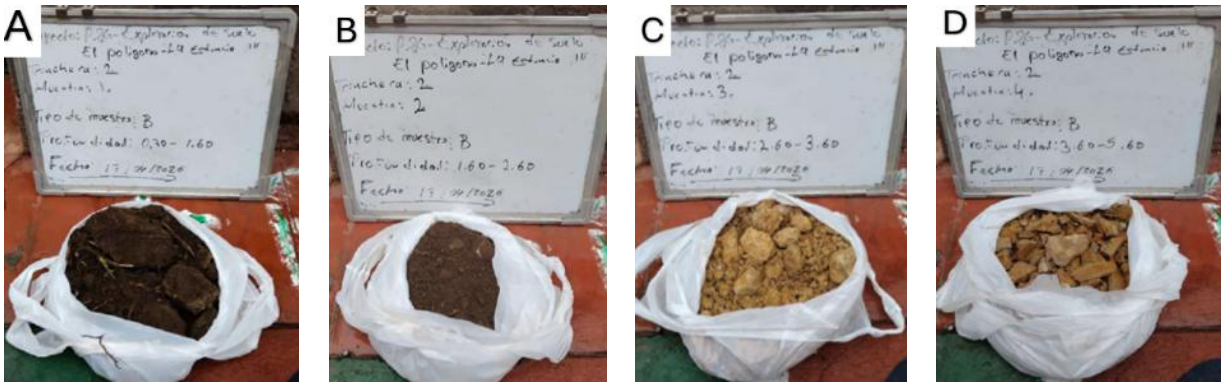
En las fotografías presentadas se documentan los trabajos de exploración del subsuelo correspondientes a las excavaciones ejecutadas mediante trincheras, las cuales permitieron reconocer de manera directa la estratigrafía y las condiciones geotécnicas del área de estudio. La trinchera TR-1, localizada en el sector noroccidental del polígono, en proximidad a la Carrera 75 y cercana al apique AP-1, evidenció en superficie la presencia de rellenos antrópicos compuestos por detritos de demolición (escombros), seguidos por un estrato de limo arenoso de color café oscuro con presencia de raíces, y, en niveles más profundos, areniscas de color café a amarillo con oxidaciones y arcillolitas meteorizadas de color morado con vetas grises. (Ver Figura 64)



a) Muestra 1 b) Muestra 2 c) Muestra 3

Figura 64. Muestras extraídas en la Trinchera 1.
Fuente: Elaboración propia.

La trinchera TR-2, ubicada en la zona central del polígono y aproximadamente alineada con la traza de la línea sísmica LSP-1, así como en cercanías del barreno BRR-1, mostró una secuencia estratigráfica conformada por un relleno compuesto por un limo arenoso orgánico con detritos de demolición, seguido por un limo arenoso café, arenas de grano medio a fino, con presencia de bloques de arenisca, y culminando con un estrato de arcilla de color café claro con oxidaciones. (Ver Figura 65)



a)Muestra 1 b) Muestra 2 c) Muestra 3 d) Muestra 4

Figura 65. Muestras extraídas en la Trinchera 2.
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la trinchera TR-3, localizada hacia el extremo oriental del polígono en un sector igualmente urbanizado y próximo a edificaciones existentes, presentó un perfil caracterizado por un relleno limo

arenoso orgánico con residuos de demolición, seguido por bloques de arenisca embebidos en una matriz de arena limosa orgánica, y areniscas amarillas oscuras con bloques de sobre tamaño. (Ver Figura 66)



a) Muestra 1 b) Muestra 2 c) Muestra 3

Figura 66. Muestras extraídas en la Trinchera 3.
Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, las trincheras permitieron la identificación de depósitos antrópicos superficiales, materiales residuales y rocosos meteorizados, así como evidencias asociadas a procesos de inestabilidad del terreno. Asimismo, facilitaron la obtención de muestras tipo bolsa para la ejecución de ensayos de laboratorio mecánicos, constituyéndose en un insumo fundamental para la caracterización geotécnica integral del sitio y el análisis de los procesos de remoción en masa presentes en el área de estudio.



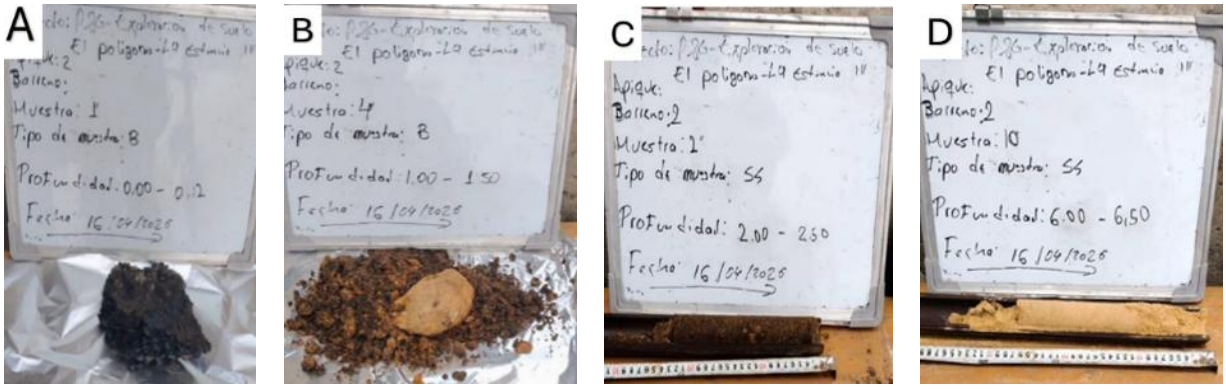
a) Apique 2 b) Barreno 2

Figura 67. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Apique barreno).
Fuente: Elaboración propia.

En el sector suroriental del polígono de estudio, en inmediaciones de la Calle 63 Bis Sur, se ejecutó el Apique Barreno 2 (AP-BRR-2), cuya localización permite su correlación directa con la línea sísmica LSP-2 y con los demás puntos de exploración distribuidos en el área. La excavación inició mediante apique superficial y continuó como barreno hasta alcanzar una profundidad total de aproximadamente 6,50 m, sin detectarse nivel freático durante el desarrollo de los trabajos. De acuerdo con el registro de perforación, el perfil estratigráfico identificado en el apique 2 presenta en primer lugar una capa de asfalto de 12 Cm de espesor, seguido de un relleno compuesto por arena limosa de color café con presencia de detritos de

demolición y un estrato de limo arenoso café de humedad media con bloques de arenisca. Por otro lado, el ensayo de infiltración del suelo no pudo ser ejecutado, debido a la elevada dureza del estrato inferior a causa de la presencia de los bloques de arenisca, los cuales impidieron realizar la excavación necesaria para la realización de dicha prueba, conforme a los procedimientos técnicos establecidos por el método Porchet.

Al continuar con el barreno 2, el perfil evoluciona a mayor profundidad con materiales de mayor competencia, predominando areniscas de grano medio a fino, de color café a amarillo, con presencia de oxidaciones y humedad baja, las cuales se mantienen hasta el fondo de la perforación. En las siguientes imágenes se presentan las muestras extraídas durante la realización del apique barreno 2, las cuales confirman las condiciones estratigráficas descritas anteriormente:



a) Muestra 1 b) Muestra 4 c) Muestra 2 d) Muestra 10

Figura 68. Muestras extraídas en el Apique Barreno 2.
Fuente: Elaboración propia.

Durante la ejecución del barreno se obtuvieron muestras alteradas y se realizaron ensayos de penetración, permitiendo evaluar la consistencia, resistencia y variabilidad vertical de los materiales.



a) Apertura Barreno 1 b) Realización del Ensayo SPT

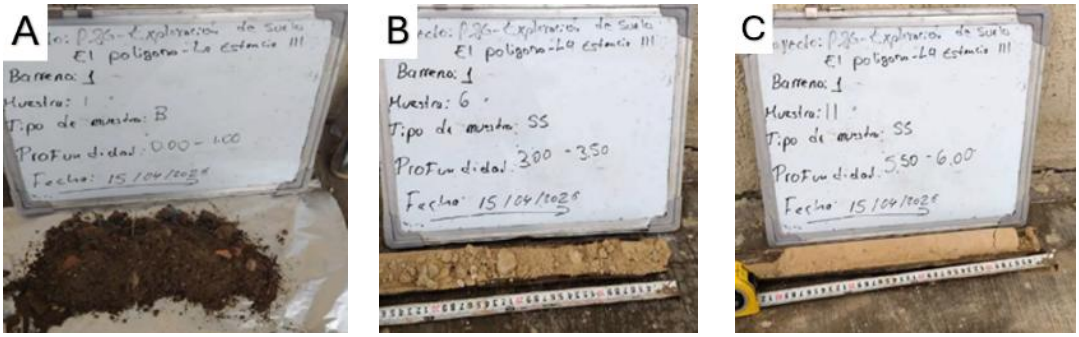
Figura 69. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Barreno).
Fuente: Elaboración propia.

En la zona central del polígono de estudio, aproximadamente alineado con la traza de la línea sísmica LSP-1 se ejecutó el Barreno 1 (BRR-1) como parte de la campaña de exploración geotécnica. El barreno alcanzó una profundidad final de 6,00 m, sin que se detectara la presencia del nivel freático durante el desarrollo de los trabajos.

De acuerdo con el registro de perforación, el perfil estratigráfico identificado presenta en superficie un relleno compuesto por limo arenoso de color café, con presencia de detritos de demolición, que se extiende hasta aproximadamente 2.50 m de profundidad. Subyacente a este nivel, se identifican materiales finos de

transición, correspondiente a un limo arcilloso de color amarillo con vetas grises, seguido por un predominio de areniscas de grano fino, de color amarillo, localmente con presencia de oxidaciones, las cuales se mantienen hasta el fondo de la perforación.

En las imágenes que se presentan a continuación se muestran las muestras de suelo extraídas durante la ejecución del Barreno 1 (BRR-1), las cuales corroboran las condiciones estratigráficas previamente descritas y permiten validar la interpretación del perfil geotécnico identificado en campo.



a) Muestra 1 b) Muestra 6 c) Muestra 11

Figura 70. Muestras extraídas en el Barreno 1.
Fuente: Elaboración propia.

Durante la ejecución del barreno se obtuvieron muestras alteradas y se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT), lo que permitió evaluar la resistencia y variabilidad de los materiales. La información obtenida en el Barreno 1 constituye un insumo relevante para la correlación estratigráfica con las trincheras y demás puntos de exploración cercanos, y contribuye al análisis de las condiciones geotécnicas y de estabilidad del terreno en el área de estudio.

Por último, es importante resaltar que, en el desarrollo de las perforaciones antes mencionadas, no se evidenció o identificó la presencia de nivel freático dentro de los rangos de profundidad explorados.



a) Sondeo 1 b) Realización del Ensayo SPT

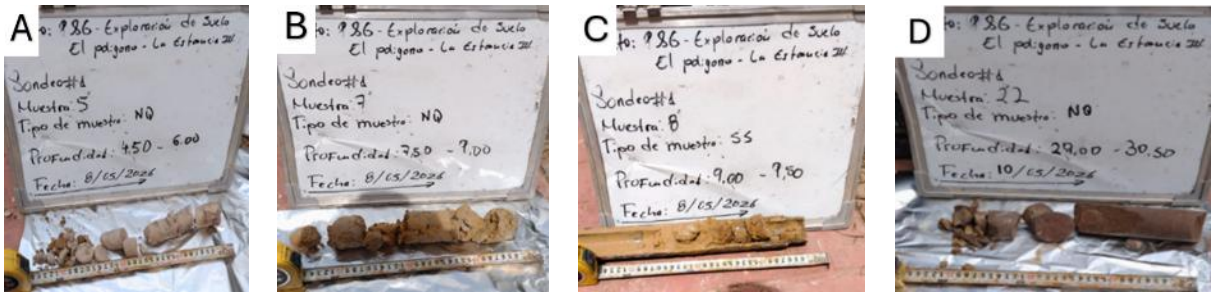
Figura 71. Realización de los trabajos de exploración del subsuelo (Sondeo).
Fuente: Elaboración propia.

En la zona central del polígono de estudio, se ubica el Sondeo SP1 cercano al trazado de la línea sísmica LSP-1, permitiendo una correlación espacial directa con los demás métodos de exploración indirecta. El sondeo SP1 alcanzó una profundidad final de 30,50 m, registrándose el nivel freático a los 25,00 m de profundidad.

De acuerdo con lo identificado en campo, el perfil estratigráfico presenta en superficie un relleno antrópico constituido por detritos de demolición, el cual se extiende aproximadamente hasta 1,50 m de profundidad. Seguidamente, se encuentra un estrato conformado por lodolita de color habano con variación a café claro hasta los 6.00 m, con un porcentaje de recuperación que varía entre el 55% y 66%. Por debajo de este

nivel, se identifican materiales predominantemente granulares conformados por bloques de arenisca de color habano con variación a color amarillo y café con oxidaciones. Esta unidad se presenta de manera heterogénea hasta profundidades cercanas a 9,50 m, con intercalaciones de bolos de arenisca en matriz arcillosa.

A partir de esta profundidad y hasta el fondo de la perforación (30,50 m), predominan areniscas en forma de bloques de color café, localmente oxidada y fracturada. Con respecto a los parámetros de calidad del material, dicho estrato registra un porcentaje de RQD (Rock Quality Designation) que se sitúa en el rango del 8% al 10%.



a) Muestra 5 b) Muestra 7 c) Muestra 8 d) Muestra 22

Figura 72. Muestras extraídas en el Sondeo 1.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2 Ensayos de laboratorio

Con el fin de establecer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que conforman el sector Porvenir – La Estancia II se realizaron ensayos de laboratorio sobre muestras representativas obtenidas durante la exploración geotécnica. Estos ensayos permitieron caracterizar de manera geotécnica los parámetros del suelo y evaluar su comportamiento frente a la humedad, la granulometría, la plasticidad y otros parámetros fundamentales para el análisis geotécnico. Es importante resaltar que, las pruebas se ejecutaron en conformidad con las Normas de Ensayos para Carreteras, edición 2013 vigente, emitidas por el INVIAS, garantizando la trazabilidad y confiabilidad de los resultados. A continuación, se relacionan cada uno de los ensayos ejecutados:

Tabla 34. Relación de la cantidad de ensayos de laboratorio ordenados del sector Porvenir – La Estancia II.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
Análisis granulométrico de suelos por tamizado. INV E-123-13	UN	28
Determinación en laboratorio del contenido de agua (Humedad natural) del suelo y agregados. INV E-122-13.	UN	28
Determinación del Límite líquido, limite plástico e Índice de plasticidad de suelos (INV E 125/126 NTC 4630)	UN	28
Determinación del contenido orgánico de un suelo mediante el ensayo de pérdida por ignición. INV E-121-13	UN	6
Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono (PDC) en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad. INV E-172-13.	UN	2
Ensayo de infiltración realizado mediante el método Porchet.	UN	1
Determinación de la masa volumétrica (peso unitario) de los suelos. INV E-161-13.	UN	8
Determinación de la gravedad específica de los suelos. INV E-128-13.	UN	21
Determinación del índice de carga puntual en rocas. INV E-185-13.	UN	9

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
Ensayo de compresión simple en roca ASTM D 7012-10 METODO C.	UN	3
TOTAL, DE ENSAYOS	**UN**	**134**

3.2.1.3 Exploración indirecta

La exploración indirecta del subsuelo se llevó a cabo mediante la ejecución de líneas sísmicas, con el propósito de complementar y correlacionar la información obtenida a partir de la exploración directa, así como de evaluar en detalle las condiciones geotécnicas del terreno en el área de estudio. Este procedimiento comprendió el trazado, levantamiento y georreferenciación de las líneas sísmicas, las cuales fueron ubicadas estratégicamente para interceptar sectores representativos del sitio donde previamente se habían ejecutado apiques, sondeos, barrenos y trincheras, permitiendo una adecuada integración de la información geológica, geotécnica y geofísica.

Las líneas sísmicas corresponden a perfiles de datos geofísicos obtenidos a lo largo de alineamientos específicos del terreno, adquiridos mediante la aplicación del método de refracción sísmica. Esta técnica se basa en el registro de la propagación de ondas sísmicas generadas por impulsos controlados en superficie, utilizando sismógrafos y arreglos de geófonos, con el fin de determinar las velocidades sísmicas de los materiales del subsuelo. El procesamiento e interpretación de dichos registros permiten obtener modelos bidimensionales de alta resolución, a partir de los cuales se infiere la geometría, profundidad, espesor y velocidad de propagación de las capas, así como la presencia de discontinuidades o contrastes litológicos.

En el marco del presente proyecto se ejecutaron dos (02) líneas sísmicas, mediante las cuales se adquirieron datos geofísicos de alta calidad, que facilitaron una caracterización detallada de las propiedades dinámicas del subsuelo. La ubicación de estas líneas respondió a criterios técnicos orientados a maximizar la representatividad de la información, aportando insumos fundamentales para el análisis estructural del terreno y la evaluación de su comportamiento ante solicitaciones sísmicas, especialmente en zonas con potencial riesgo geodinámico.

A lo largo de cada línea sísmica se efectuaron registros mediante la generación de ondas sísmicas en superficie y la medición de los tiempos de llegada de las ondas refractadas, lo que permitió estimar la variación espacial de parámetros dinámicos tales como la rigidez del material, la compacidad relativa, el grado de consolidación y la profundidad relativa de los estratos. A partir de la interpretación de los resultados se logró diferenciar estratos de materiales sueltos, densos y competentes, identificar cambios en la profundidad de las capas y estimar la posible presencia de suelos blandos, suelos competentes y/o roca.

En este contexto, los trabajos realizados se ejecutaron en estricto cumplimiento del plan de exploración y ensayos geotécnicos aprobado, ajustándose a las condiciones específicas del sitio y atendiendo los requerimientos técnicos y normativos del estudio, garantizando la confiabilidad y coherencia de la información empleada para el diseño y análisis geotécnico del proyecto.

En la siguiente figura, se presenta un esquema ilustrativo referente al proceso de ejecución de las líneas sísmicas ejecutadas en el área bajo estudio:

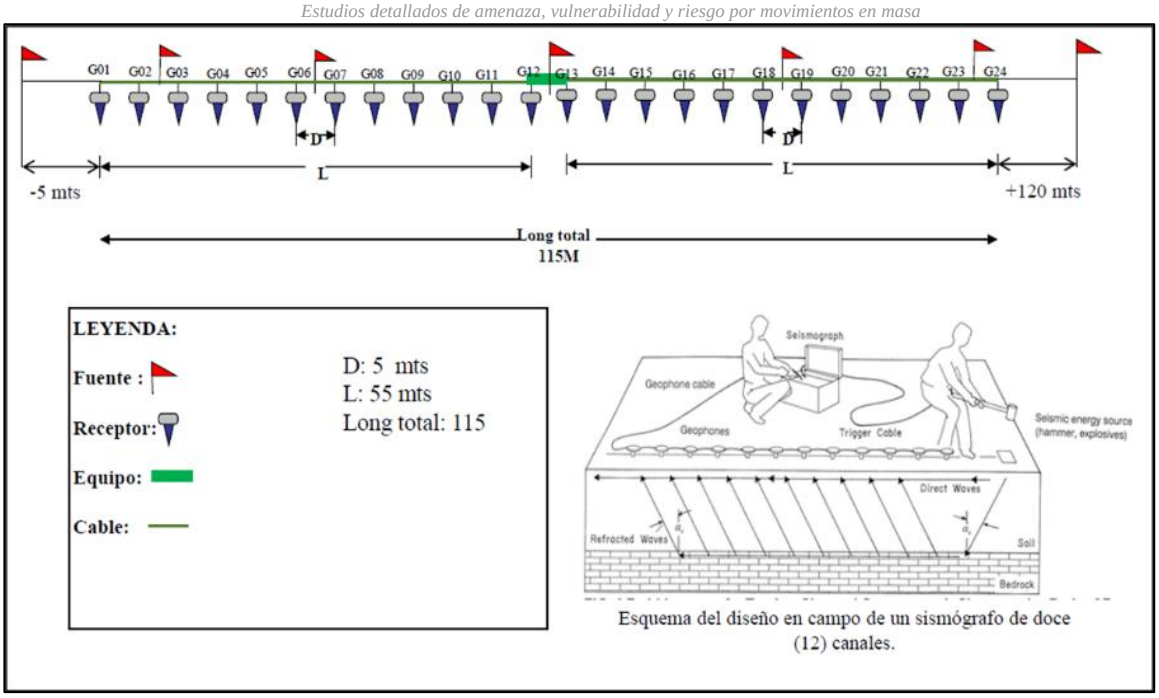


Figura 73. Esquema de líneas sísmicas.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra con detalle, la disposición de las líneas ejecutadas para el plan de exploración geotécnica establecido.



Figura 74. Localización de líneas sísmicas ejecutadas.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los puntos inicial y final de las líneas sísmicas. Estas coordenadas se tomaron en campo con un GPS y están referidas al sistema de Proyección para Colombia, con origen nacional (CTM12).

Tabla 35. Coordenadas de líneas sísmicas.

LÍNEA SÍSMICA (ID)	Coordenadas Geográficas			
	Inicial		Final	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
LSP-1	4°35'12.41"N	74°10'35.06"W	4°35'12.44"N	74°10'33.19"W
LSP-2	4°35'11.22"N	74°10'34.80"W	4°35'11.23"N	74°10'32.45"W

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.4 Resultados

Para cada línea se presentan la tomografía de refracción (Vp), el perfil de velocidad de onda de corte (Vs) con su curva de dispersión, el parámetro Vs30 y la clasificación del perfil de suelo según NSR-10. A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la exploración geofísica ejecutada:

LÍNEA SÍSMICA LSP-1

La sección Vp presenta materiales de baja velocidad (350 – 700 m/s) en los primeros 2 a 4 m, asociados a la cobertura de rellenos y suelos superficiales, sobre un cuerpo de velocidad intermedia a alta (1 500 – 2 200 m/s) cuyo techo asciende hacia el costado oriental de la línea. Las velocidades compresionales relativamente altas registradas a poca profundidad, en contraste con las bajas velocidades de corte de los mismos niveles, son indicativas de materiales finos con alto grado de saturación. El ajuste de la inversión tomográfica fue de 6.7 ms (χ^2 = 7.1) con 56 tiempos de arribo.

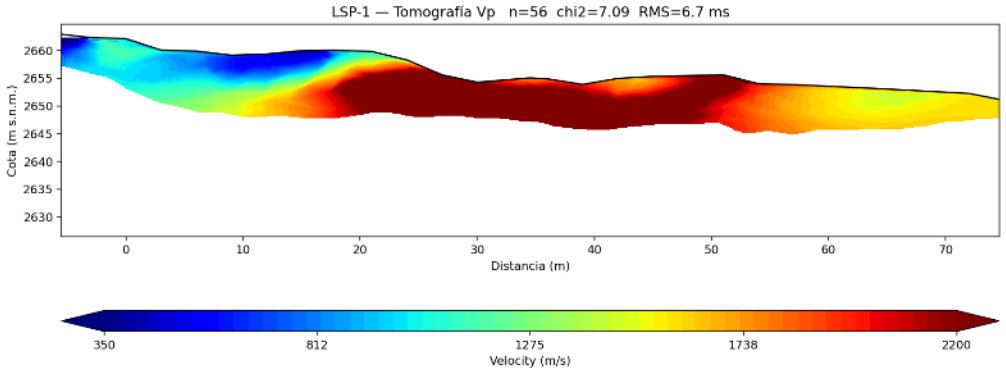


Figura 75. Línea LSP-1 — Tomografía de refracción sísmica (Vp).

El modelo de velocidad de onda de corte adoptado ajusta la curva de dispersión observada con un desajuste de 49 m/s y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 36. Línea LSP-1 — Perfil de velocidad de onda de corte.

Capa	Profundidad (m)	Vs (m/s)	Descripción
1	0.0 – 2.8	131	Cobertura blanda (rellenos y suelos superficiales)
2	2.8 – 18.9	450 – 625	Material meteorizado, rigidez creciente con la profundidad
3	> 18.9	625	Material competente

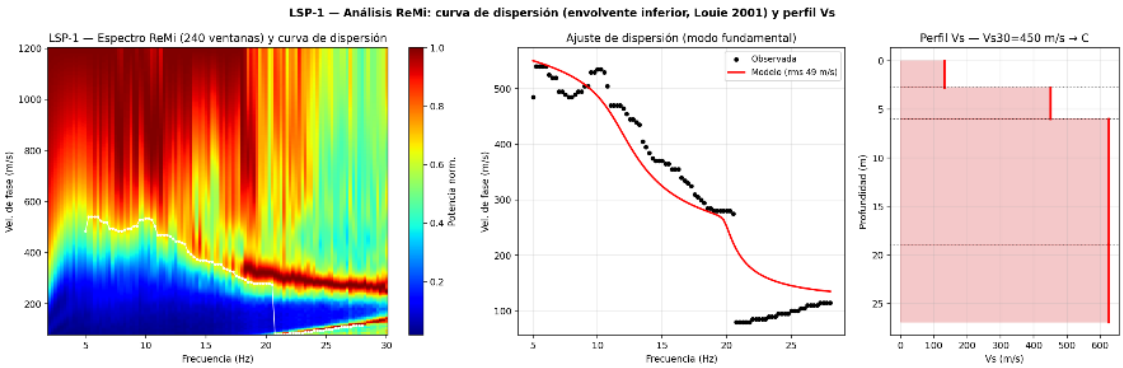


Figura 76. Línea LSP-1 — Espectro ReMi, ajuste de dispersión y perfil Vs.

Vs30 = 450 m/s → Perfil de suelo tipo C según NSR-10, Tabla A.2.4-1 (360 m/s < Vs30 ≤ 760 m/s: perfiles de suelos muy densos o roca blanda).

LÍNEA SÍSMICA LSP-2

La sección muestra una cobertura de baja velocidad de 2 a 4 m de espesor sobre materiales de velocidad creciente; el cuerpo con velocidades superiores a 2 000 m/s se presenta desde los 6 a 9 m de profundidad, con comportamiento consistente a lo largo del tendido. El ajuste de la inversión tomográfica fue de 5.7 ms (χ^2 = 5.2) con 55 tiempos de arribo.

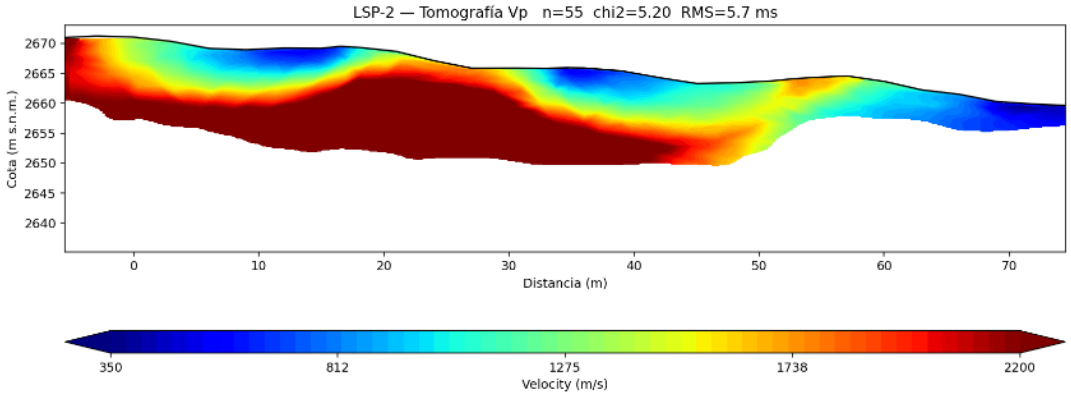


Figura 77. Línea LSP-2 — Tomografía de refracción sísmica (Vp).

El modelo de velocidad de onda de corte adoptado ajusta la curva de dispersión observada con un desajuste de 56 m/s y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 37. Línea LSP-2 — Perfil de velocidad de onda de corte.

Capa	Profundidad (m)	Vs (m/s)	Descripción
1	0.0 – 2.0	120	Cobertura blanda superficial
2	2.0 – 11.1	265 – 677	Material meteorizado, rigidez creciente
3	> 11.1	677	Material competente

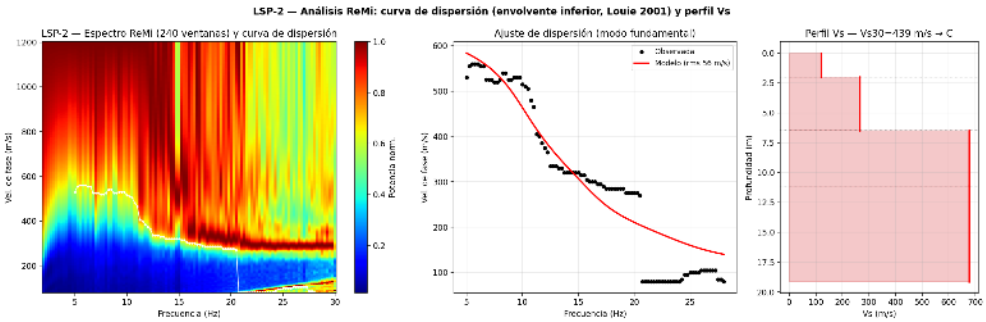


Figura 78. Línea LSP-2 — Espectro ReMi, ajuste de dispersión y perfil Vs.

Vs30 = 439 m/s → Perfil de suelo tipo C según NSR-10, Tabla A.2.4-1 (360 m/s < Vs30 ≤ 760 m/s: perfiles de suelos muy densos o roca blanda).

3.3 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

3.3.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

La caracterización geotécnica se desarrolló a partir de los resultados de la exploración del subsuelo y de los ensayos de campo y laboratorio consignados en la tabla resumen de resultados del estudio, siguiendo el CCP-14 numeral 10.4.6. Con esa información se estimaron los parámetros geotécnicos en cinco etapas encadenadas: primero se identificaron los materiales (estratos) presentes y se analizaron sus espesores y profundidades por perforación, clasificándolos como carpeta asfáltica, suelo o roca; luego se clasificaron los suelos por el Sistema Unificado (SUCS) y se evaluó su potencial expansivo; a continuación se determinaron los parámetros de resistencia al corte y de deformación de cada material de suelo a partir de la corrección del ensayo de penetración estándar y de las correlaciones aplicables; se caracterizó la resistencia del macizo rocoso por el criterio de Hoek-Brown con la clasificación RMR; y finalmente se consolidaron los parámetros de diseño por material en el resumen. Todos los valores provienen de los ensayos medidos; los parámetros que se estiman por correlación o se asumen se declaran de forma explícita en cada numeral.

3.3.1.1. Análisis de espesores

El análisis de espesores identifica los materiales (estratos) que conforman el subsuelo y establece su distribución en profundidad, a partir de las profundidades medidas en las perforaciones del estudio. Su resultado —el inventario de materiales y el modelo de espesores por sondeo— constituye la base de las etapas siguientes: la clasificación de suelos, la resistencia y la caracterización del macizo rocoso.

Tipos de materiales (estratos): 10 (7 de suelo, 1 carpeta asfáltica, 2 de roca). Muestras: 65. Perforaciones: 7.

3.3.1.1.1 Identificación de los tipos de materiales

El punto de partida es un **análisis de espesores y profundidades**: en cada perforación las muestras se ordenan por profundidad y se agrupan según la unidad geológica registrada, y el espesor de cada material se obtiene de las profundidades reales de muestreo. Cada material se clasifica luego como carpeta asfáltica, suelo o roca la carpeta asfáltica por corresponder a una capa de pavimento; la roca por tratarse de una formación geológica y contar con ensayos propios como la carga puntual o la compresión simple; y el suelo por contar con SPT y ensayos de granulometría y plasticidad.

En este proyecto se identifican 10 tipos de materiales (7 de suelo, 1 carpeta asfáltica, 2 de roca), que se relacionan a continuación con su presencia y profundidad reales, sin interpretación adicional: En este informe, la unidad K2E1gm-ar corresponde a la litología de areniscas de la Formación Guaduas

(equivalente a la antigua denominación Kppg-a) y la unidad K2E1gm-arc a la litología de arcillolitas (equivalente a Kppg-l).

- **CAPA ASFÁLTICA** (carpeta asfáltica): 1 perforación (AP-BRR-2), 1 muestras, entre 0 y 0.12 m de profundidad.
- **Suelo Residual (Qsr) (suelo): 5 perforaciones, 8 muestras, entre 0.2 y 5.6 m de profundidad; clasificación USC predominante SC, CL, CH.**
- **Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)** (suelo): 2 perforaciones, 5 muestras, entre 0 y 2.5 m de profundidad; clasificación USC predominante GP-GM, SC.
- **Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)** (suelo): 2 perforaciones, 4 muestras, entre 0 y 2.6 m de profundidad; clasificación USC predominante SC.
- **Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc) (suelo): 2 perforaciones, 3 muestras, entre 1 y 3.75 m de profundidad; clasificación USC predominante SC, GP-GM, GP-GC.**
- **Capa orgánica** (suelo): 1 perforación (AP-1), 1 muestras, entre 0 y 0.2 m de profundidad; clasificación USC predominante SC.
- **Depósitos y Rellenos Antrópicos - Botaderos (Qb) (suelo): 1 perforación (TR-1), 1 muestras, entre 0 y 0.3 m de profundidad.**
- **Relleno antrópico (Qra)** (suelo): 1 perforación (SP-1), 1 muestras, entre 0 y 1.5 m de profundidad.
- **Formación Guaduas (K2E1gm-ar) (roca): 4 perforaciones, 34 muestras, entre 0.8 y 30.5 m de profundidad; clasificación USC predominante SP-SM, SM, GC. Incluye la muestra TR-1 M2 (0,80–2,30 m), cuya celda de material no está diligenciada en la tabla de resultados y que el registro de perforación de la trinchera TR-1 describe como "arenisca de color café".**
- **Formación Guaduas (K2E1gm-arc) (roca): 2 perforaciones, 6 muestras, entre 1.5 y 7.3 m de profundidad; clasificación USC predominante CL.**

Tabla 38. Tipos de materiales (estratos) identificados.

Material	Tipo	Muestras	Perforaciones	Prof. (m)	USC predom.
CAPA ASFÁLTICA	Carpeta asfáltica	1	1	0–0.12	
Suelo Residual (Qsr)	Suelo	8	5	0.2–5.6	SC, CL, CH
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	Suelo	5	2	0–2.5	GP-GM, SC
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	Suelo	4	2	0–2.6	SC
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	Suelo	3	2	1–3.75	SC, GP-GM, GP-GC
Capa orgánica	Suelo	1	1	0–0.2	SC
Depósitos y Rellenos Antrópicos - Botaderos (Qb)	Suelo	1	1	0–0.3	
Relleno antrópico (Qra)	Suelo	1	1	0–1.5	
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	Roca	34	4	0.8–30.5	SP-SM, SM, GC
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Roca	6	2	1.5–7.3	CL

Nota. Muestras = número de muestras del material; Perforaciones = número de perforaciones donde aparece. El color de cada material corresponde al usado en la tabla de resultados del estudio.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.2 Análisis estratigráfico

El perfil del sector se compone de los **10 materiales** descritos, reconocidos en **7 perforaciones**. La secuencia es consistente en el sector: un paquete superficial de materiales antrópicos y de cobertura —capa orgánica, carpeta asfáltica, rellenos ingenieriles y de adecuación, y rellenos antrópicos—, seguido de **suelo residual (Qsr)** y/o depósitos de deslizamiento recientes, sobre el basamento de la **Formación Guaduas (K2E1gm-ar, -arc)**, que constituye la roca del proyecto.

De las 7 perforaciones, **4 alcanzaron la Formación Guaduas** y 3 permanecieron en suelo en toda su profundidad explorada. La cobertura de suelo sobre el techo de roca varía entre 0.80 m y 3.00 m (mediana ≈ 1.75 m).

Profundidad al techo de roca (Formación Guaduas) por perforación:

- AP-BRR-2: techo de roca a 2.00 m; explorado hasta 6.50 m.
- BRR-1: techo de roca a 3.00 m; explorado hasta 6.00 m.
- TR-1: techo de roca a 0.80 m; explorado hasta 7.30 m.
- SP-1: techo de roca a 1.50 m; explorado hasta 30.50 m.

Perforaciones sin roca (todo suelo): AP-1 (hasta 1.7 m), TR-2 (hasta 5.6 m), TR-3 (hasta 3.8 m).

Zonas de transición (saprolito): En tres perforaciones la Formación Guaduas presenta ensayos de SPT y granulometría propios de suelo, en lugar de recuperarse como núcleo de roca, consistente con roca meteorizada (saprolito) en el contacto suelo–roca.

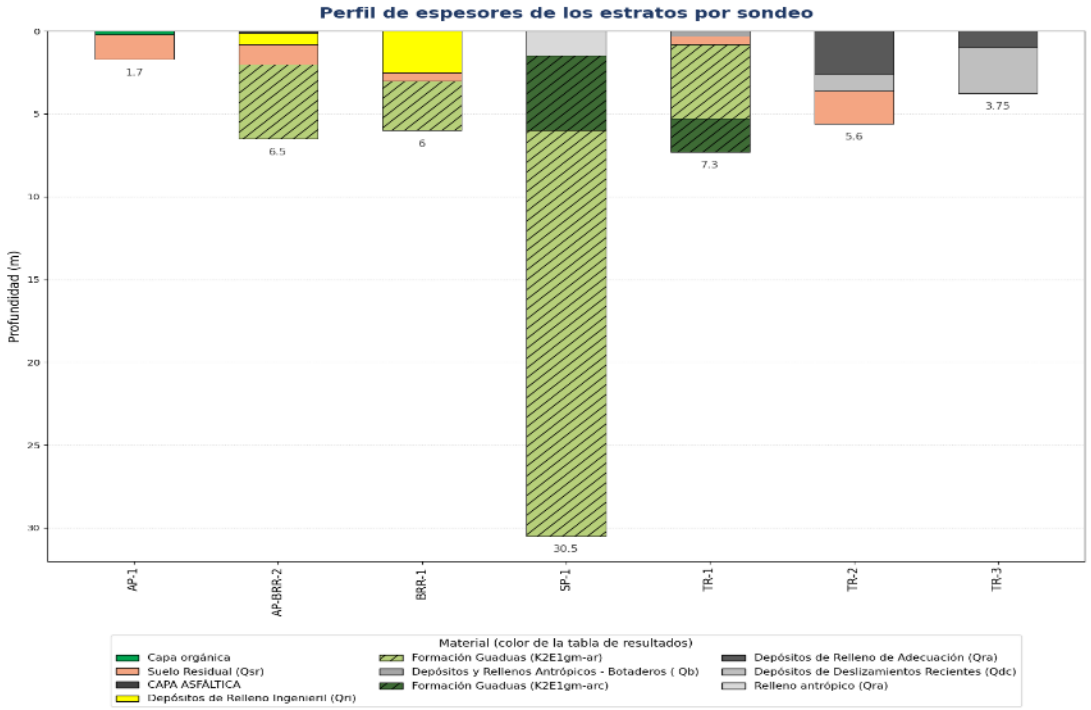


Figura 79. Perfil de espesores de los estratos por sondeo (profundidad hacia abajo; el color de cada estrato corresponde al material en la tabla de resultados y la roca se distingue con trama).
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.3 Clasificación de los materiales según su origen

Los materiales se clasifican según su origen en dos grandes mecanismos (**SGC, 2017**): la meteorización de la roca in situ, que da lugar a los suelos residuales, y el transporte por agentes externos (agua, gravedad, viento, hielo o acción antrópica), que forma los suelos transportados. El origen orienta el comportamiento geotécnico esperado. La asignación siguiente se deriva del nombre de cada unidad geológica y se confirma con la descripción de campo.

Tabla 39. Clasificación de los materiales según su origen (SGC, 2017).

Material	Origen	Mecanismo (SGC 2017)
Capa orgánica	Cobertura orgánica	Cobertura superficial
Suelo Residual (Qsr)	Suelo residual	Meteorización de la roca in situ
CAPA ASFÁLTICA	Antrópico (pavimento)	Suelo transportado — depósito antrópico
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	Antrópico	Suelo transportado — depósitos antrópicos
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	Roca in situ (miembro arenisca)	Formación rocosa (basamento)
Depósitos y Rellenos Antrópicos - Botaderos (Qb)	Antrópico	Suelo transportado — depósitos antrópicos
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Roca in situ	Formación rocosa (basamento)
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	Antrópico	Suelo transportado — depósitos antrópicos
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	Transportado — coluvial / de ladera	Suelo transportado — depósitos de gravedad y ladera
Relleno antrópico (Qra)	Antrópico	Suelo transportado — depósitos antrópicos

Fuente: Elaboración propia con base en SGC (2017).

3.3.1.1.4 Perfiles de meteorización

Los horizontes de meteorización del macizo rocoso se describen según el Geological Society Engineering Group (1970) y Dearman (1974), en seis grados: I roca fresca, II ligeramente meteorizada, III moderadamente meteorizada, IV altamente meteorizada (saprolito grueso), V completamente meteorizada (saprolito fino) y VI suelo residual. El grado asignado a cada material se sustenta en la descripción de campo del macizo y en el RQD y el recobro registrados en la exploración, que se relacionan a continuación.

Tabla 40. Grado de meteorización (Geological Society 1970 / Dearman 1974) por material, asignado a partir de la clase del estrato y de la descripción de campo.

Material	Clase	Grado	Descripción	Observación
Suelo Residual (Qsr)	Suelo	VI	suelo residual (roca madre completamente transformada)	horizonte VI; conserva relación con la roca de origen

Material	Clase	Grado	Descripción	Observación
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	Roca	IV–V	saprolito (roca altamente a completamente meteorizada)	Transición roca–suelo. El registro de campo describe arenisca oxidada, friable y en bloques dentro de matriz arcillosa (SP-1, AP-BRR-2, BRR-1, TR-1), con pérdida de circulación de agua (~70 %) desde ~9,5 m y RQD de 8–10 % en las maniobras de núcleo NQ del fondo del SP-1 (27,5–29,0 m); consistente con grado IV–V (saprolito).
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Roca	I–III	roca fresca a moderadamente meteorizada	El registro describe lodolita de humedad baja (SP-1, 1,5–6,0 m; recobro 55–66 %) y arcillolita meteorizada de color morado con vetas grises (TR-1, 5,3–7,3 m), consistente con grado I–III.

Fuente: Elaboración propia con base en Geological Society (1970) y Dearman (1974).

Evidencia de campo de la meteorización (registros de perforación, PORVENIR – LA ESTANCIA II). El sondeo SP-1 describe la arenisca (K2E1gm-ar) como roca oxidada, friable y en bloques dentro de matriz arcillosa, con pérdida de circulación de agua cercana al 70 % por debajo de ~9,5 m; el recobro de las muestras de cuchara partida fue de 55–66 % en el tramo somero (1,5–9,0 m) y el RQD medido en las maniobras de núcleo (NQ) del fondo (27,5–29,0 m) fue de solo 8–10 %, indicativo de un macizo de muy mala calidad y grado de meteorización IV–V (saprolito). El miembro de arcillolita (K2E1gm-arc) se registra como lodolita de humedad baja en SP-1 (1,5–6,0 m; recobro 55–66 %) y como arcillolita meteorizada de color morado con vetas grises en TR-1 (5,3–7,3 m).

3.3.1.2 Clasificación de suelos

La clasificación de los suelos tiene por objeto establecer el tipo de cada material por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, ASTM D2487), consolidar sus propiedades índice y evaluar su potencial expansivo por el índice de plasticidad y el límite líquido (norma INV-132-13). Los materiales orgánicos se reclasifican; la roca no entra en esta clasificación y los materiales sin ensayos se señalan de forma explícita.

3.3.1.2.1 Clasificación de los materiales de suelo (sucs)

Los materiales de suelo se clasifican por el **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)** a partir de la granulometría —la fracción que pasa el tamiz No. 200— y los límites de Atterberg. Se distingue entre suelos **granulares** (menos del 50 % pasa el No. 200) y suelos **finos o cohesivos** (50 % o más), y se contrasta la clasificación del estudio con la que resulta de los ensayos.

De los 5 materiales de suelo con ensayos de clasificación, 3 son granulares (Depósitos de Relleno Ingenieril, Depósitos de Relleno de Adecuación, Depósitos de Deslizamientos Recientes), 1 cohesivos (Suelo Residual) y 1 orgánico (Capa orgánica, clasificado OL según la carta de plasticidad). Los suelos residuales y el limo arenoso son finos de baja a alta plasticidad (CL a CH); los depósitos y rellenos son en su mayoría arenas y gravas arcillosas (SC, GC). Los rangos de propiedades índice por material se presentan en la **Tabla 41.** Clasificación SUCS, propiedades índice (rangos mínimo–máximo) y potencial expansivo por material de suelo. y se ilustran en las Figuras **80** y **81**.

Tabla 41. Clasificación SUCS, propiedades índice (rangos mínimo–máximo) y potencial expansivo por material de suelo.

Material	Naturaleza	USC	w (%)	LL (%)	IP (%)	% < No.200	Potencial expansivo
Capa orgánica	orgánico	OL	15.8	24	12	35.5	Marginal
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	granular	GP-GM	9.1–9.8	25	11	10.7–12.4	No
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	granular	SC	11.3–22.7	26–47	12–24	26.2–45.5	Sí (Alto)
Suelo Residual (Qsr)	cohesivo	SC	10–18.7	27–53	16–32	16.6–97.7	Sí (Muy Alto)
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	granular	SC	6.6–8.8	19–28	9–13	8.2–15.7	Marginal

Nota. w = humedad natural; LL = límite líquido; IP = índice de plasticidad; % < No.200 = fracción fina. Potencial expansivo según Norma IS 1498 (Sí = grado Alto o Muy Alto; Marginal = Medio; No = Bajo).
Fuente: Elaboración propia.

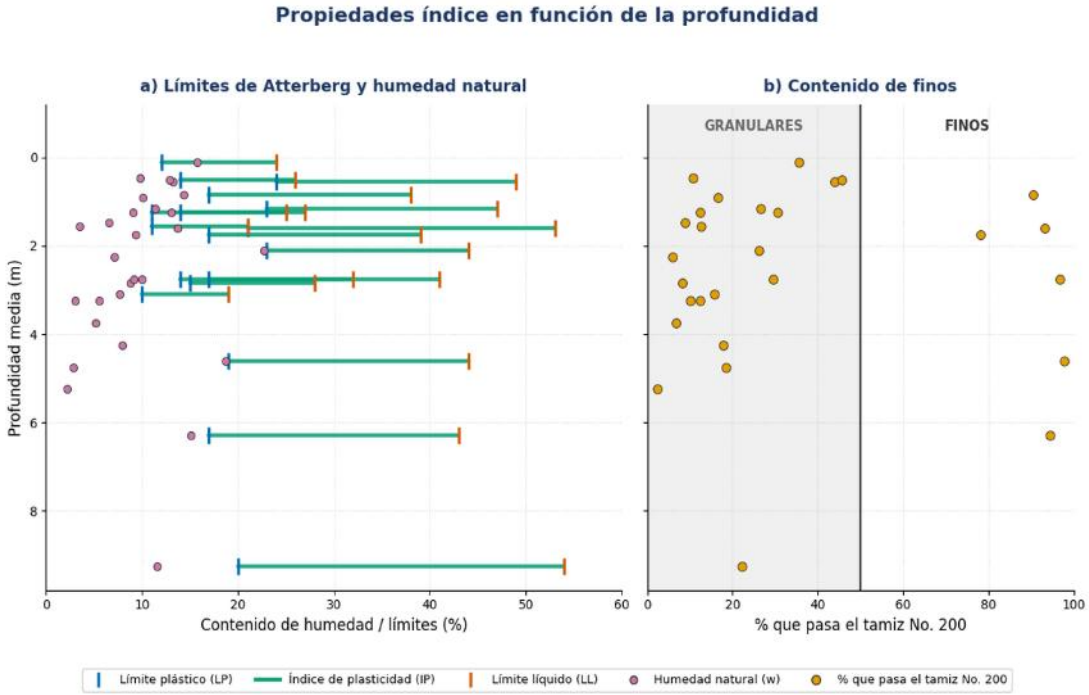


Figura 80. Propiedades índices en función de la profundidad: a) límites de Atterberg (LP, IP, LL) y humedad natural; b) porcentaje que pasa el tamiz No. 200, con el umbral del 50 % que separa suelos granulares de finos.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 80 muestra que los ensayos de plasticidad se concentran en los primeros metros del perfil. La humedad natural se ubica de manera consistente por debajo del límite líquido, lo que indica suelos en estado firme a semiduro, y el porcentaje que pasa el tamiz No. 200 alterna entre valores menores y mayores al 50 %, lo que confirma la intercalación de materiales granulares y finos identificada en el análisis de espesores.

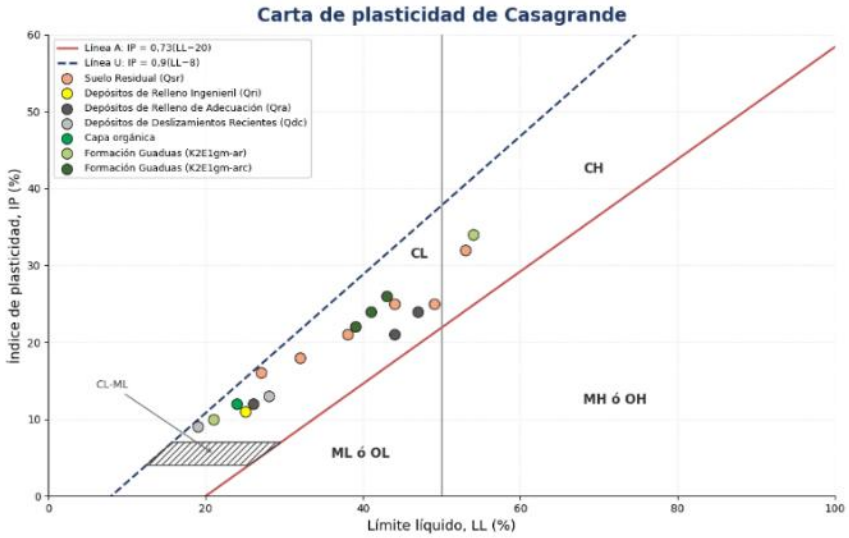


Figura 81. Carta de plasticidad de Casagrande; los puntos se agrupan por material.
Fuente: Elaboración propia.

En la carta de plasticidad la mayoría de los puntos se ubican sobre o por encima de la línea A y por debajo de la línea U, en los campos CL y CH, lo que confirma el predominio de arcillas de plasticidad baja a alta. Los materiales granulares con finos plásticos (SC) se sitúan igualmente cerca de la línea A, en el campo CL.

3.3.1.2.2 Evaluación del potencial expansivo (inv-132-13)

El potencial de expansión de los suelos finos se evalúa según la norma **INV-132-13** en función del límite líquido y del índice de plasticidad, empleando los criterios de Chen y de la Norma IS 1498.

Potencial de expansión en función del límite líquido.

Tabla 42. Potencial de expansión en función del límite líquido (LL, %).

Grado de expansión	Chen	Norma IS 1498
Bajo	< 30	20 – 35
Medio	30 – 40	35 – 50
Alto	40 – 60	50 – 70
Muy Alto	> 60	70 – 90

Fuente: Chen y Norma IS 1498, según INV-132-13.

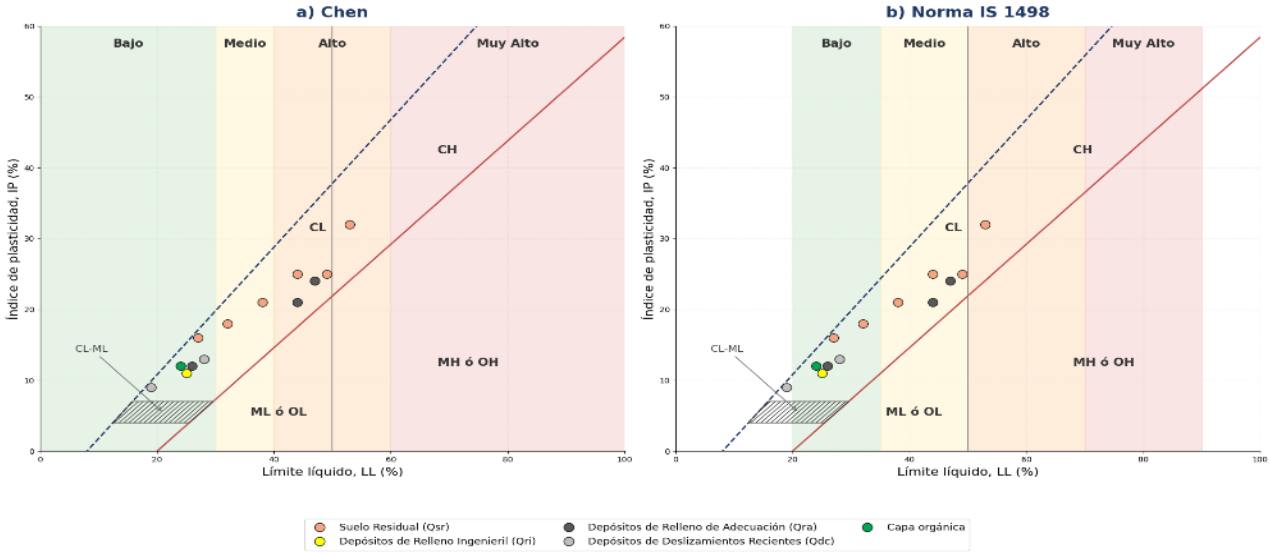


Figura 82. Revisión del potencial de expansión en función del límite líquido: a) Chen; b) Norma IS 1498.
Fuente: Elaboración propia con base en INV-132-13.

Tabla 43. Potencial de expansión en función del índice de plasticidad (IP, %).

Grado de expansión	Chen	Norma IS 1498
Bajo	0 – 15	< 12
Medio	10 – 35	12 – 23
Alto	20 – 55	23 – 32
Muy Alto	> 35	> 32

Nota: los rangos de Chen se traslapan en la fuente; para las bandas se usaron los valores de inicio de cada categoría.

Fuente: Chen y Norma IS 1498, según INV-132-13.

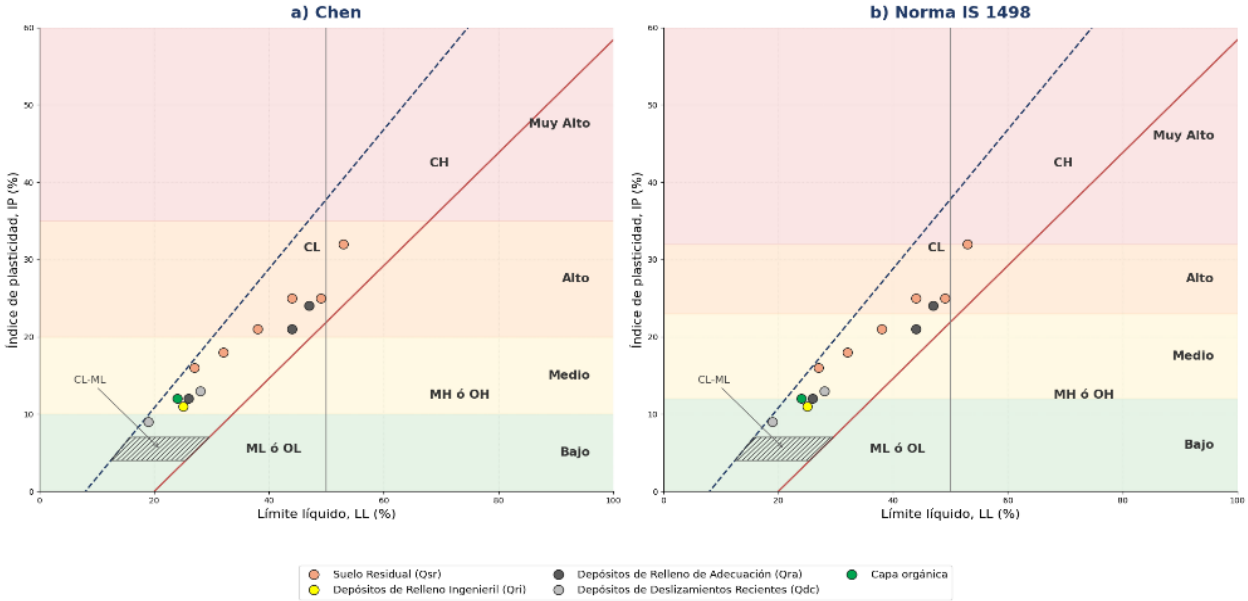


Figura 83. Revisión del potencial de expansión en función del índice de plasticidad: a) Chen; b) Norma IS 1498.

Fuente: Elaboración propia con base en INV-132-13.

En ambos criterios, los materiales finos más plásticos del proyecto —Suelo Residual, Depósitos de Relleno de Adecuación— alcanzan grados de expansión **Alto a Muy Alto**, por lo que se consideran potencialmente expansivos. Las unidades de roca no se incluyen en esta evaluación.

3.3.1.2.3 Conclusiones

El subsuelo del sector está conformado por una cobertura orgánica somera (OL), seguida de rellenos y depósitos de deslizamiento clasificados como arenas y gravas arcillosas (SC, GC) y de suelo residual (Qsr) de plasticidad media a alta (CL–CH), sobre la roca de la Formación Guaduas. En la carta de plasticidad, los suelos finos se ubican predominantemente sobre la línea A, en los campos CL y CH.

El potencial de expansión se concentra en el **Suelo Residual (Qsr) y los Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)**, que alcanzan grados Alto a Muy Alto (LL hasta 53 % e IP hasta 32 %). Los Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra) alcanzan grado Alto por índice de plasticidad, mientras que el Relleno Ingenieril (Qri) y el limo arenoso presentan expansividad baja a media. Las unidades de roca no requieren esta evaluación.

3.3.1.3 Nivel freático y peso unitario

Antes de estimar la resistencia y la deformabilidad se establecen, para cada material, el nivel freático, el peso unitario γ y el coeficiente de presión de poros Ru, empleados en el cálculo del esfuerzo vertical efectivo σ′v y en los análisis de estabilidad.

Nivel freático: El nivel freático se registró únicamente en el sondeo SP-1, a 25,00 m de profundidad; en las seis exploraciones restantes no se detectó dentro de la profundidad explorada. Dada la escasez de registros piezométricos y su carácter puntual en el tiempo, la posición del agua no se emplea para asignar el Ru material por material, sino que el coeficiente de presión de poros se define mediante dos condiciones de análisis: una condición saturada (Ru = 0,5 en los suelos), que representa la hipótesis desfavorable de ascenso de la superficie freática hasta el terreno, y una condición seca (Ru = 0), con la superficie freática por debajo de las superficies de falla. Ambas se describen a continuación.

Peso unitario total: El peso unitario γ se adopta de los ensayos de peso unitario donde existen (resaltados en la tabla) y, para los materiales sin ensayo, se asume un valor típico por familia USC, declarado. Estos valores alimentan el cálculo del esfuerzo vertical efectivo σ′v.

Peso unitario saturado: El peso unitario saturado γsat se estima como γsat = γd + n·γw, con el peso unitario seco γd = γ/(1 + w), la relación de vacíos e = Gs·γw/γd − 1 y la porosidad n = e/(1 + e); w es la humedad natural y Gs la gravedad específica de la Tabla resumen (Gs = 2,68 asumido cuando el material no tiene ensayo). Alimenta los escenarios saturados de los análisis de estabilidad. En la roca y la carpeta, por su baja porosidad, se toma γsat ≈ γ total.

Coeficiente de presión de poros (Ru): El coeficiente de presión de poros se define como la relación entre la presión de poros y el esfuerzo total de sobrecarga en el punto considerado (Bishop & Morgenstern, 1960):

$$Ru = u / (\gamma \cdot z)$$

Ecuación 1. Definición del coeficiente de presión de poros.

Fuente: Bishop & Morgenstern (1960).

donde u es la presión de poros, γ el peso unitario total del material y z la profundidad del punto bajo la superficie del terreno; el producto γ·z es el esfuerzo total de sobrecarga. Bajo régimen hidrostático, con la superficie freática a una profundidad d, la presión de poros en un punto situado a profundidad z > d vale u = γw · (z − d), de donde:

$$Ru = (\gamma w / \gamma) \cdot (1 - d/z)$$

Ecuación 2. Coeficiente de presión de poros bajo régimen hidrostático, con la superficie freática a profundidad d.

Fuente: Elaboración propia con base en Bishop & Morgenstern (1960).

De la Ecuación 2 se derivan los dos casos límite que definen los escenarios de análisis. Cuando la superficie freática coincide con la superficie del terreno (d = 0) resulta Ru = γw/γ, que para los pesos unitarios de este sector es del orden de 0,5; esta es además la única condición para la cual Ru se mantiene constante a lo largo de una superficie de falla, razón por la cual el parámetro solo es estrictamente representativo en dicho caso. Cuando la superficie freática se sitúa por debajo del punto considerado (z ≤ d) resulta u = 0 y por tanto Ru = 0.

Ru de la condición actual: Aplicando la Ecuación 2 a la superficie freática registrada en el sondeo SP-1 (25,00 m) y ponderando por el espesor de cada unidad, se obtienen los valores de la siguiente tabla. Estos valores describen la condición documentada durante la exploración, no la condición de diseño.

Tabla 44. Coeficiente de presión de poros Ru de la condición actual, calculado con la Ecuación 2 a partir de la superficie freática registrada en el sondeo SP-1 (25,00 m) y ponderado por el espesor de cada unidad.

Unidad	Tramo (m)	γ (kN/m³)	NF (m)	Ru calculado
Materiales de suelo	0,0 – 3,0	18,5	25,00	0,00
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	1,5 – 30,5	17,2	25,00	0,010
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	1,5 – 30,5	17,2	25,00	0,010

Fuente: Elaboración propia con base en Bishop & Morgenstern (1960) y el registro de perforación del sondeo SP-1.

Debe advertirse que el nivel se midió al terminar la perforación y en un único punto, por lo que no corresponde necesariamente a una superficie freática de equilibrio ni recoge las fluctuaciones estacionales. Por esta razón la condición actual no se adopta como escenario de diseño para el manto de suelo, sino que se documenta como referencia.

Ru de los escenarios de análisis: Los análisis de estabilidad se ejecutan en cuatro escenarios: estático y pseudoestático, cada uno en condición saturada y seca. En la condición saturada se asigna a los materiales de suelo Ru = 0,5, que conforme a la Ecuación 2 con d = 0 corresponde a la hipótesis desfavorable de ascenso de la superficie freática hasta el terreno por infiltración prolongada. En la condición seca se asigna Ru = 0 a todos los materiales, que corresponde a la superficie freática por debajo de las superficies de falla analizadas.

Al macizo rocoso no se le asigna el Ru = 0,5 del manto de suelo. La hipótesis de saturación representa la infiltración de la lluvia en el manto de suelo, que es la unidad que responde a los eventos de precipitación; la carga hidráulica dentro del macizo, en cambio, la gobierna el régimen regional que la exploración midió. Se adopta por tanto en la roca el Ru que arroja la Ecuación 2 con la piezometría registrada. La superficie freática registrada (25,00 m) se encuentra 23,5 m por debajo del techo de roca (1,5 m en SP-1), de modo que la totalidad del macizo explorado por encima de esa cota se halla sobre el nivel de agua y le corresponde u = 0. El promedio ponderado por espesor sobre todo el macizo explorado resulta Ru = 0,010. Que el agua se estabilice 23,5 m dentro del macizo, en lugar de colgarse sobre su techo, constituye

evidencia directa de que la Formación Guaduas drena en este sector. Se adopta Ru = 0,10, un orden de magnitud por encima del valor calculado, como piso prudencial frente al carácter puntual del registro.

Tabla 45. Coeficiente de presión de poros Ru adoptado en cada escenario de análisis.

Escenario de análisis	Saturado	Sismo	Ru — suelos	Ru — roca
0. Condición actual representativa	In situ	No	0	0
1. Estático saturado	Sí	No	0,5	0,10
2. Estático seco	No	No	0	0
3. Pseudoestático saturado	Sí	Sí	0,5	0,10
4. Pseudoestático seco	No	Sí	0	0

Nota. En los suelos, Ru = 0,5 corresponde a la Ecuación 2 con la superficie freática en el terreno (d = 0); en la roca, al valor que arroja la Ecuación 2 con la piezometría registrada. Se incluye además la condición actual representativa (fila 0): análisis estático con la superficie freática en su posición registrada (SP-1, 25,00 m), para la cual u ≈ 0 en el dominio modelado y por tanto Ru = 0 en todos los materiales; corresponde a la sección F-F′ y representa el estado del talud tal como se encontró.
Fuente: Elaboración propia con base en Bishop & Morgenstern (1960).

Tabla 46. Peso unitario total (γ) y saturado (γsat) y coeficiente de presión de poros Ru por material.

Material	γ total (kN/m³)	γsat (kN/m³)	Ru — saturado	Ru — seco	Fuente
CAPA ASFÁLTICA	22.0	22.0	0,5	0	asumido (pavimento)
Capa orgánica	15.0	17.9	0,5	0	asumido (familia USC O)
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	19.0	20.5	0,5	0	asumido (familia USC G)
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	18.5	19.3	0,5	0	asumido (familia USC S)
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	18.5	20.5	0,5	0	asumido (familia USC S)
Depósitos y Rellenos Antrópicos - Botaderos (Qb)	18.5	18.5	0,5	0	asumido (familia USC S)
Relleno antrópico (Qra)	18.5	18.5	0,5	0	asumido (familia USC S)
Suelo Residual (Qsr)	18.5	19.6	0,5	0	asumido (familia USC S)
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	16.6	16.6	0,10	0	medido (n = 7)
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	17.7	17.7	0,10	0	medido (n = 1)

Nota. γ medido o asumido por familia USC, según se declara. Ru corresponde a los escenarios de análisis: en condición saturada, 0,5 en los suelos y 0,10 en la Formación Guaduas; en condición seca, 0 en todos los materiales. Se emplean en el cálculo de σ′v y en los análisis de estabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.4 Resistencia de suelos

La resistencia y la deformabilidad de los materiales de suelo se determinan siguiendo el CCP-14 numeral 10.4.6.2 y 10.4.6.3, a partir del ensayo de penetración estándar. Con los valores corregidos N_{60} y $N_{1,60}$ se obtienen el ángulo de fricción de los suelos granulares y la resistencia no drenada de los cohesivos, complementados con la correlación de González (1999) para la cohesión y la fricción; de las correlaciones y ensayos disponibles se obtienen el módulo de Young, la relación de Poisson y los parámetros de consolidación. Los materiales sin ensayos de resistencia se retiran de las tablas con la nota correspondiente.

3.3.1.4.1 Resistencia de los materiales de suelo

La resistencia al corte se determina siguiendo el **CCP-14 numeral 10.4.6.2**. El número de golpes de campo del ensayo de penetración estándar se corrige por energía y por sobrecarga (numeral 10.4.6.2.4):

$$N_{60} = (ER / 60) \cdot N$$

Ecuación 3. Corrección del número de golpes del SPT por la energía del martillo. ER ≈ 45 % (martillo donut).

Fuente: CCP-14, numeral 10.4.6.2.4.

$$\sigma'v = \gamma \cdot z - u$$

Ecuación 4. Esfuerzo vertical efectivo.

Fuente: Elaboración propia.

$$C_n = 0.77 \cdot \log_{10}(1.92 / \sigma'v)$$

Ecuación 5. Factor de corrección del número de golpes por confinamiento efectivo. $C_n \leq 2,0$; σ′v en MPa.

Fuente: CCP-14, numeral 10.4.6.2.4.

$$N_{1,60} = C_n \cdot N_{60}$$

Ecuación 6. Número de golpes corregido por energía y por confinamiento efectivo.

Fuente: CCP-14, numeral 10.4.6.2.4.

En **suelos granulares** el ángulo de fricción φ′ se estima de la **Tabla 10.4.6.2.4-1 (CCP-14)** por interpolación en $N_{1,60}$, y se contrasta con Peck-Hanson-Thornburn (1974):

$$\varphi' = 27.1 + 0.3 \cdot N_{1,60} - 0.00054 \cdot N_{1,60}^2$$

Ecuación 7. Ángulo de fricción efectivo a partir del número de golpes corregido.

Fuente: Peck, Hanson & Thornburn (1974).

y con la correlación de **González (1999)** (parámetros-resistencia-spt), que corrige el N a $N_{1,45}$ (energía 45 %), estima φ′eq y hace regresión de τ contra σ′ por material para obtener c′ y tan φ′:

$$\varphi'eq = 15 + \sqrt{(12.5 \cdot N_{1,45})} \quad ; \quad \tau = \sigma' \cdot \tan \varphi'eq \quad \rightarrow \quad (c', \tan \varphi')$$

Ecuación 8. Ángulo de fricción equivalente y regresión τ–σ′ por material para la obtención de c′ y φ′.

Fuente: González (1999).

El ángulo de fricción de diseño se adopta priorizando la correlación de González (1999); los valores de la Tabla CCP-14 y de Peck se reportan como comparación. El N_{60} de diseño por material es el valor característico media − 2σ, acotado al mínimo medido. La resistencia no drenada s_u de los suelos cohesivos se estima como qu/2 (Braja M. Das, Principles of Geotechnical Engineering). Excepción para el Suelo Residual (Qsr): este material cuenta únicamente con dos ensayos de penetración estándar (N_{60} = 21 a 1,75 m y N_{60} = 7 a 2,75 m), cuyos esfuerzos cortantes resultantes son prácticamente iguales (τ = 24,5 y 26,4 kPa) pese a que el esfuerzo normal efectivo sí varía (σ′ = 33 y 52 kPa).

La regresión de τ contra σ′ sobre solo dos puntos con esa disposición produce una recta casi horizontal y, en consecuencia, un ángulo de fricción artificialmente bajo (≈ 6°) con un intercepto de cohesión espurio (≈ 21 kPa); el resultado refleja la geometría del ajuste y no el comportamiento del material. Por lo anterior, para el Suelo Residual no se aplica la regresión y se adopta directamente el φ′eq de González, tomando el valor conservador de los dos ensayos (φ′ = 27°) con cohesión efectiva nula. Este valor se corrobora de forma independiente con la correlación del ángulo de fricción con el índice de plasticidad (IP = 16 a 32), que arroja φ′ = 28 a 31°, y es consistente con el orden de magnitud reportado para materiales equivalentes del sector.

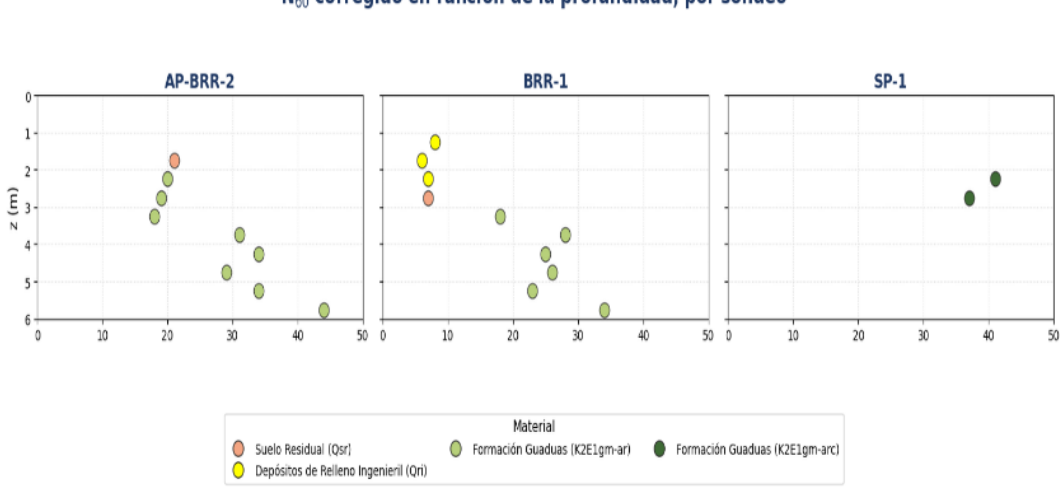


Figura 84. N_{60} corregido en función de la profundidad, por sondeo (escala común 0–6 m; abscisas hasta 50 golpes); puntos agrupados por material.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Parámetros de resistencia por material de suelo.

Material	Naturaleza	N60 dis.	φ′ CCP-14	φ′ Peck	φ′ diseño (Gonz.)	c′ (kPa)	s_u (kPa)
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	granular	6	31.5–32.5	29.5–30	27.8°	0.7	—
Suelo Residual (Qsr)	cohesivo	8.2	—	—	27°	0	48.4–115.1 (corr.)

Nota. N60 de diseño (media − 2σ, acotado al mínimo). El φ′ de diseño (resaltado) adopta la correlación de González (1999); φ′ por Tabla 10.4.6.2.4-1 (CCP-14) y Peck se muestran como comparación. c′ y s_u en kPa; (corr.) = s_u estimado por correlación (sin ensayo directo).
Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14 y González (1999).

Los tres métodos entregan un cuadro consistente para los suelos granulares (φ′ ≈ 31–40°).

3.3.1.4.2 Constantes elásticas de los materiales de suelo

Las constantes elásticas (módulo de Young E_s y relación de Poisson v) se estiman de la **Tabla C10.4.6.3-1 (CCP-14)**: $E_s = k \cdot N$ (k = 0.4 en limos y mezclas ligeramente cohesivas, 0.7 en arenas y 1.1 en gravas). Los **valores de diseño se obtienen con el N_{60} de diseño de la tabla de parámetros de resistencia** (E_s,diseño = $k \cdot N_{60}$,dis), y la relación de Poisson de diseño se adopta como el valor medio del rango por tipo de suelo.

$$E_s = k \cdot N_{1,60}$$

Ecuación 9. Módulo de Young a partir del número de golpes corregido. k = 0,4 / 0,7 / 1,1 en limo / arena / grava.

Fuente: CCP-14, Tabla C10.4.6.3-1.

$$E_s, \text{diseño} = k \cdot N_{60}, \text{diseño}$$

Ecuación 10. Módulo de Young de diseño, calculado con el N_{60} de diseño de cada material.

Fuente: CCP-14, Tabla C10.4.6.3-1.

Tabla 48. Constantes elásticas por material de suelo (Tabla C10.4.6.3-1, CCP-14).

Material	E_s rango (MPa)	E_s diseño (MPa)	v diseño	Estimación
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	8.9–10.9	6.6	0.3	$E_s = 1.1 \cdot N_{60}$,dis
Suelo Residual (Qsr)	6.9–18.5	5.7	0.28	$E_s = 0.7 \cdot N_{60}$,dis

Nota. E_s = módulo de Young; v = relación de Poisson. Los valores de diseño (resaltados) emplean el N_{60} de diseño de la tabla de parámetros de resistencia.
Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, Tabla C10.4.6.3-1.

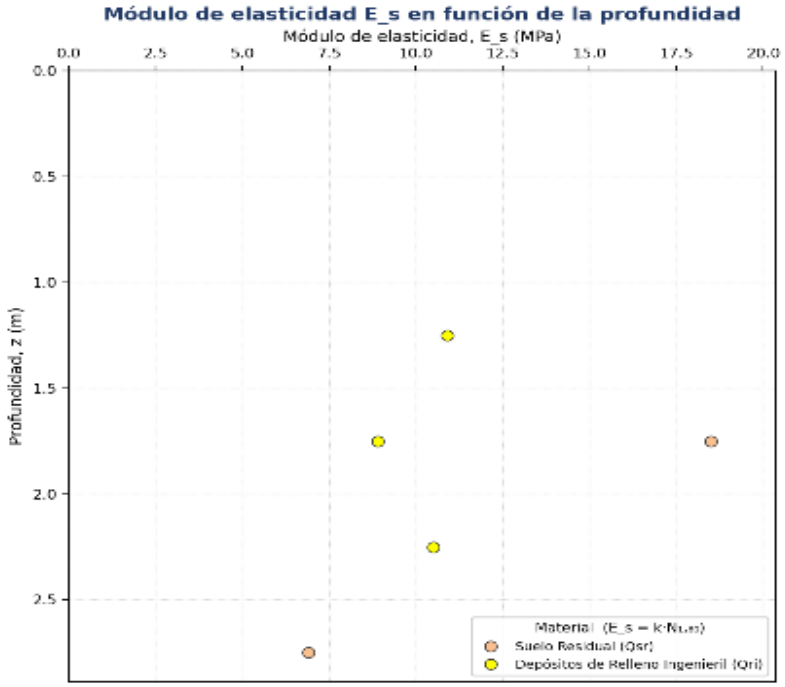


Figura 85. Módulo de elasticidad E_s ($E_s = k \cdot N_{1,60}$; Tabla C10.4.6.3-1) en función de la profundidad, por material de suelo.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.4.3 Parámetros de resistencia por correlación con las propiedades índice

Los Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc) y los Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra) no cuentan con ensayo de penetración estándar ni con ensayos de corte, por lo que sus parámetros de resistencia no pueden obtenerse por el procedimiento del CCP-14 numeral 10.4.6.2. Ambos materiales sí disponen de granulometría, límites de Atterberg y clasificación, con los cuales se estima el ángulo de fricción efectivo por dos vías independientes: los valores típicos por grupo de clasificación USCS (NAVFAC DM-7.1) y la correlación del ángulo de fricción con el índice de plasticidad. De ambas estimaciones se adopta la más conservadora por material, con el mismo criterio aplicado a las correlaciones de la Tabla 10.4.6.2.4-1, Peck y González en el numeral anterior. La cohesión efectiva se toma nula por tratarse de materiales granulares con finos. El ensayo de carga puntual registrado en el Qdc (Is50 = 0,33 MPa) corresponde a un clasto de arenisca dentro de la matriz del depósito y no representa la resistencia del conjunto, por lo que no se emplea.

Tabla 49. Parámetros de resistencia estimados por correlación con las propiedades índice, para los materiales de suelo sin ensayo de penetración estándar.

Material	Muestras	USC	IP (%)	φ′ por USC — NAVFAC DM-7.1 (°)	φ′ por IP — Terzaghi & Peck (°)	φ′ adoptado (°)	c′ (kPa)	γ (kN/m³)
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	3	SC, GP-GM, GP-GC	NP – 13	31 – 34	31,9 – 33,5	31	0	18,5
Depósitos de Relleno de	3	SC	12 – 24	31	29,2 – 32,2	29	0	18,5

Material	Muestras	USC	IP (%)	φ′ por USC — NAVFAC DM-7.1 (°)	φ′ por IP — Terzaghi & Peck (°)	φ′ adoptado (°)	c′ (kPa)	γ (kN/m³)
Adecuación (Qra)								

Nota. φ′ adoptado = valor más conservador de las dos correlaciones; c′ = 0 por tratarse de materiales granulares con finos.

Fuente: Elaboración propia con base en NAVFAC DM-7.1 (1982) y Terzaghi & Peck.

3.3.1.4.4 Estimación de parámetros con software GEO5®

Se ha recurrido al programa GEO5®, mediante su módulo Estratigrafía, el cual permite, según los valores de clasificación granulométrica, humedad y límites de consistencia de una muestra, establecer rangos y/o valores de parámetros de resistencia al corte y deformación, a partir de una base de datos bibliográficos que este posee. Este procedimiento de análisis se realiza para las unidades geotécnicas de suelo que influyen directamente en el análisis de estabilidad de La Estancia II: Qri, Qra, Qdc, Qsr. Se excluyen la capa orgánica, que no participa en los modelos de estabilidad, y el macizo rocoso de la Formación Guaduas, cuya resistencia se establece mediante el criterio de Hoek-Brown conforme al numeral 10.4.6.4 de la CCP-14. El resultado de GEO5® se emplea como contraste independiente de los parámetros obtenidos por correlación, no como fuente de los valores adoptados.

Los valores de entrada corresponden al promedio por material de los ensayos de granulometría (INV E-123), humedad natural (INV E-122) y límites de consistencia (INV E-125 e INV E-126) ejecutados en el sitio. Se indica el número de muestras (n) de cada material, dado que condiciona la representatividad del rango estimado. Los porcentajes f, s y g se ajustaron en la primera cifra decimal cuando el redondeo del promedio no completaba el 100 % exigido por el programa; dicho ajuste no introduce información nueva. GEO5® solicita los límites de consistencia únicamente en los materiales que clasifica como plásticos.

Tabla 50. Valores de entrada para la clasificación manual de suelos en GEO5®.

Material	n	f (%)	s (%)	g (%)	w (%)	wl (%)	wp (%)
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	1	12.4	47.5	40.1	9.1	25.0	—
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	3	32.7	48.6	18.7	15.7	39.0	—
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	2	11.9	53.3	34.8	8.2	23.5	—
Suelo Residual (Qsr)	6	64.2	30.4	5.4	13.8	40.5	17.7

Nota. f = partículas finas (0–0.06 mm); s = arenosas (0.06–2.0 mm); g = gravosas (2.0–60.0 mm); w = humedad natural; wl = límite líquido; wp = límite plástico; n = número de muestras.

Fuente: Elaboración propia con base en los ensayos de laboratorio del presente estudio.

Además de la granulometría y la humedad, GEO5® requiere definir el estado de densidad (materiales granulares) o de consistencia (materiales cohesivos), del cual dependen directamente los rangos de φ′ef,

c′ef y Edef que entrega. En los materiales cohesivos el programa deriva la consistencia del índice de consistencia Ic = (wl − w)/(wl − wp), es decir, del ensayo. En los materiales granulares no la deriva y propone por defecto el estado denso; dicho valor por defecto no se adopta en el presente estudio. El estado se asigna a partir de la mediana de N60 del material según Terzaghi & Peck (1948): suelto para N60 < 10, medio denso entre 10 y 30, y denso para N60 > 30.

Tabla 51. Rangos de parámetros estimados por GEO5® para los materiales de suelo del sitio.

Material	Clasificación GEO5®	Estado	Origen del estado	v (–)	γ (kN/m³)	Edef (MPa)	φ′ef (°)	c′ef (kPa)
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	S-F – Sand with trace of fines	Medio denso	N60 = 7 (suelto); ver nota	0.30	17.5	12 – 19	28 – 31	0
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	SC – Clayey sand	Medio denso	Sin SPT (supuesto)	0.35	18.5	4 – 12	26 – 28	4 – 12
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	S-F – Sand with trace of fines	Medio denso	Sin SPT (supuesto)	0.30	17.5	12 – 19	28 – 31	0
Suelo Residual (Qsr)	CS – Sandy clay	Firme (stiff), Sr > 0.8	Derivado de Ic (ensayo); N60 = 14 concuerda	0.35	18.5	5 – 8	22 – 27	14 – 22

Fuente: Elaboración propia con base en GEO5® 2024, módulo Estratigrafía, y en Terzaghi & Peck (1948) para la asignación del estado de densidad.

Nota sobre los Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri): la mediana de N60 de este material es 7, correspondiente a estado suelto. La base de datos de GEO5® no contiene valores para la clase S-F en estado suelto y el programa indica que los parámetros deben determinarse mediante ensayos. El rango reportado en la Tabla anterior corresponde por tanto al estado medio denso y debe entenderse como una referencia superior, no respaldada por el ensayo de penetración.

Nota sobre los Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra) y los Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc): estos materiales se muestrearon en apiques y trincheras, por lo que no cuentan con ensayo de penetración estándar. GEO5® los clasifica como granulares y no deriva su estado de densidad; se adopta el estado medio denso como supuesto declarado.

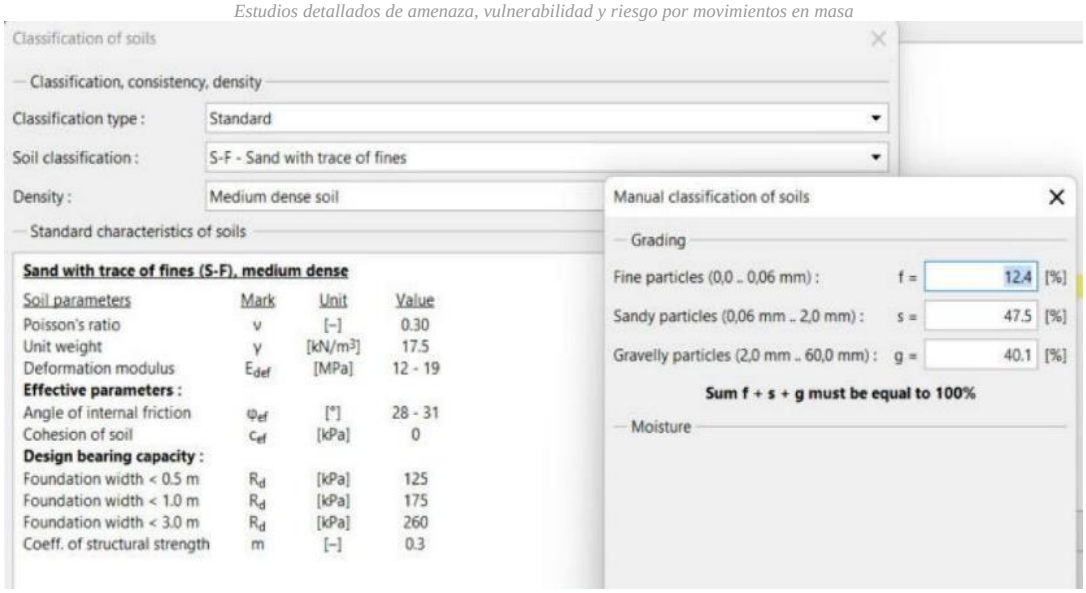


Figura 86. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri).
Fuente: GEO5® 2024, módulo Estratigrafía.

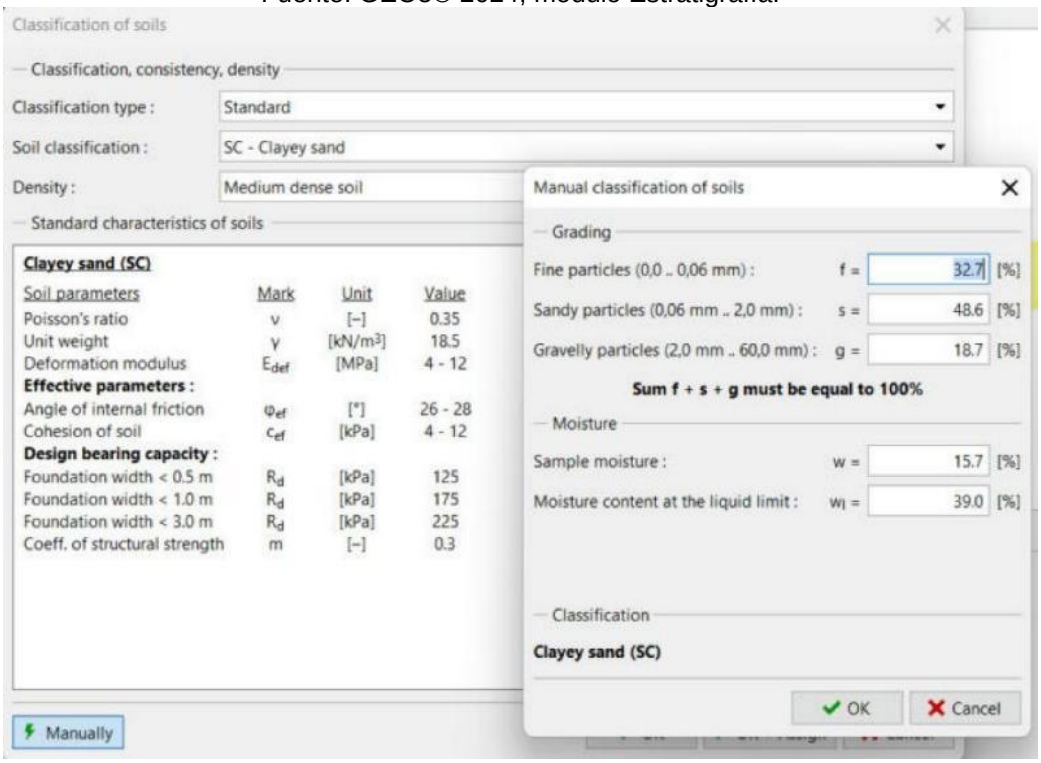


Figura 87. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra).
Fuente: GEO5® 2024, módulo Estratigrafía.

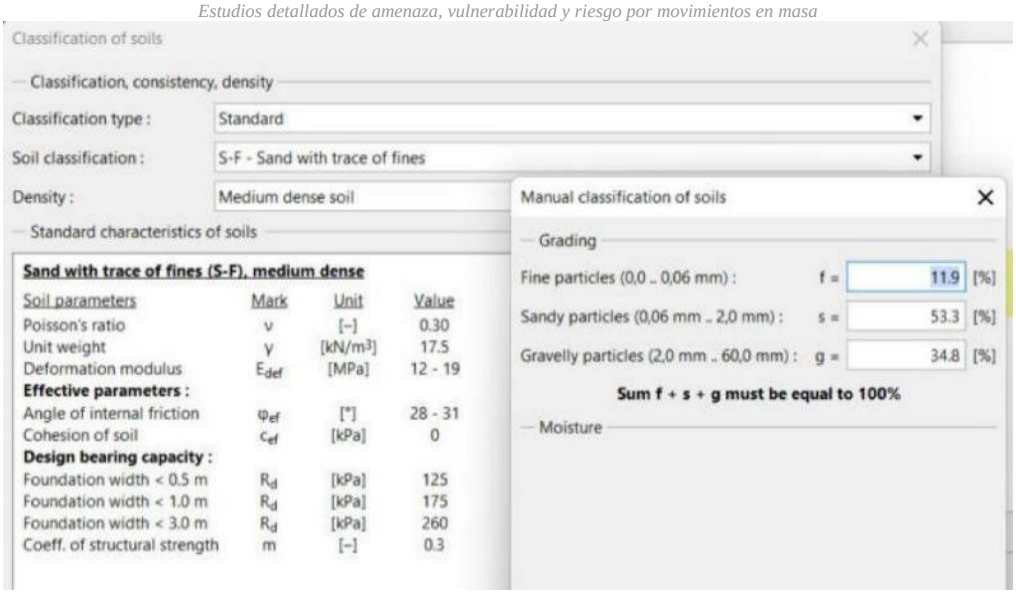


Figura 88. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc).

Fuente: GEO5® 2024, módulo Estratigrafía.

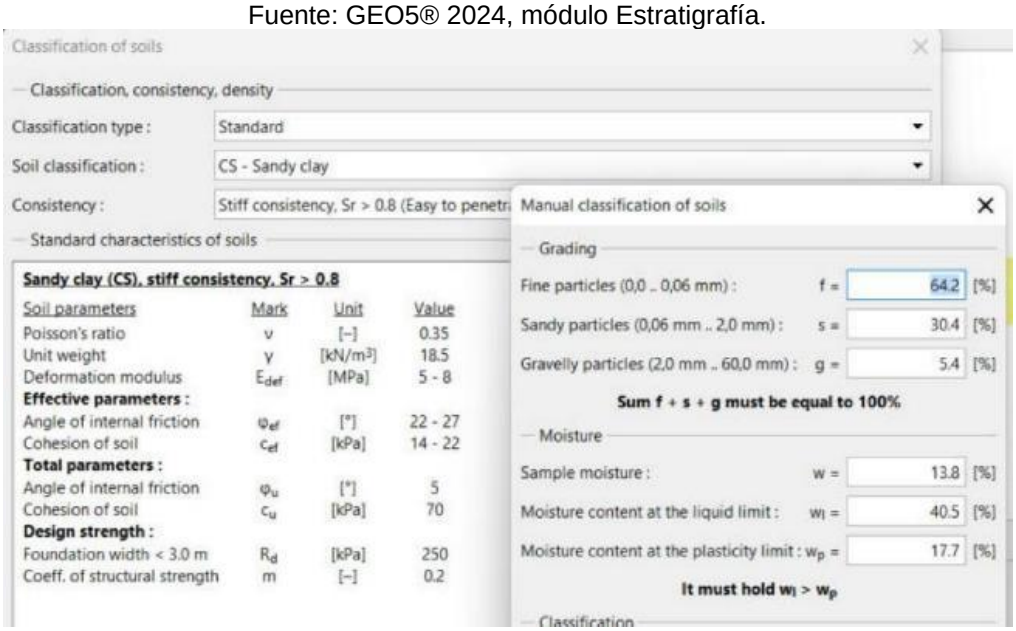


Figura 89. Obtención de parámetros en el software GEO5® – Suelo Residual (Qsr).
Fuente: GEO5® 2024, módulo Estratigrafía.

La comparación entre los parámetros adoptados y los rangos estimados por GEO5® no se efectúa sobre φ′ o c′ de forma aislada, dado que ambos criterios representan la misma envolvente de falla mediante combinaciones distintas: la caracterización del presente estudio adopta c′ = 0 con φ′ obtenido por correlación con N60, mientras que GEO5® asigna cohesión no nula con ángulos de fricción menores. Comparar un solo parámetro conduce por tanto a diferencias aparentes que no representan la resistencia real. El contraste se realiza sobre la resistencia al corte $\tau = c' + \sigma' \cdot \tan \varphi'$, evaluada en el intervalo de esfuerzos efectivos representativo de las superficies de falla analizadas (25 a 100 kPa, equivalente a profundidades del orden de 2 a 8 m).

Tabla 52. Contraste de la envolvente de resistencia al corte: valor adoptado frente al rango estimado por GEO5®.

Material	c′ adop. (kPa)	φ′ adop. (°)	τ σ′=25 kPa	τ σ′=50 kPa	τ σ′=100 kPa
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	0.7	27.8	13.9 / 13–15 (dentro)	27.1 / 27–30 (dentro)	53.4 / 53–60 (dentro)
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	0.0	29.0	13.9 / 16–25 (inferior)	27.7 / 28–39 (inferior)	55.4 / 53–65 (dentro)
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	0.0	31.0	15.0 / 13–15 (dentro)	30.0 / 27–30 (dentro)	60.1 / 53–60 (dentro)
Suelo Residual (Qsr)	0.0	27.0	12.7 / 24–35 (inferior)	25.5 / 34–47 (inferior)	51.0 / 54–73 (inferior)

Nota. Cada celda indica τ adoptado / rango GEO5® (posición relativa).
Fuente: Elaboración propia con base en los parámetros adoptados en el numeral 3.3.1.6 y en GEO5® 2024, módulo Estratigrafía.

El contraste de la Tabla anterior muestra que la envolvente adoptada resulta igual o inferior a la estimada por GEO5® en la totalidad del intervalo de esfuerzos analizado para el Relleno Ingenieril (Qri), el Relleno de Adecuación (Qra) y el Suelo Residual (Qsr), y coincide con el límite superior del rango en los Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc). En consecuencia, los parámetros adoptados en el numeral 3.3.1.6 se consideran verificados por una vía independiente y se mantienen sin modificación.

3.3.1.4.5 Conclusiones

Los suelos granulares del sector —rellenos y depósitos de deslizamiento— presentan compacidad de suelta a densa, con φ′ ≈ 31.5–32.5° y N_{60} de diseño entre 6 y 6. El suelo residual (Qsr), de naturaleza cohesiva, presenta un ángulo de fricción efectivo de 27° con cohesión nula, adoptado del φ′eq de González por no ser aplicable la regresión τ–σ′ con solo dos ensayos, y una resistencia no drenada de 48,4 a 115,1 kPa estimada por correlación.

3.3.1.5 Resistencia de macizos rocosos

El macizo rocoso del corredor corresponde a la Formación Guaduas, que aflora en dos unidades litológicas diferenciadas por su resistencia. Su resistencia al corte se estimó por el criterio de Hoek-Brown con clasificación RMR, según el CCP-14 numeral 10.4.6.4. A continuación se presenta cada unidad, desde la resistencia de la roca intacta hasta los parámetros de corte instantáneos. En este informe, la unidad K2E1gm-ar corresponde a la litología de areniscas de la Formación Guaduas (equivalente a la antigua denominación Kppg-a) y la unidad K2E1gm-arc a la litología de arcillolitas (equivalente a Kppg-l). Los valores de recobro y RQD medidos en el sondeo con recuperación de núcleo (SP-1) se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 53. Recobro y RQD registrados en el sondeo SP-1 (SONDEO-1), Formación Guaduas.

Muestra	Tipo	Prof. (m)	Litología (unidad)	Recobro (%)	RQD (%)
1	SS	1,5	Lodolita (K2E1gm-arc)	66	—
2	SS	2,0	Lodolita (K2E1gm-arc)	55	—
3	SS	2,5	Lodolita (K2E1gm-arc)	55	—

Muestra	Tipo	Prof. (m)	Litología (unidad)	Recobro (%)	RQD (%)
8	SS	9,0	Bolos de arenisca (K2E1gm-ar)	55	—
21	NQ	27,5	Arenisca (K2E1gm-ar)	—	8
22	NQ	29,0	Arenisca (K2E1gm-ar)	—	10

Nota. Recobro (columna P del registro) medido en muestras de cuchara partida (SS); RQD (columna Q) medido en maniobras de núcleo (NQ). Las maniobras intermedias no registran valor. Fuente: registro de perforación SONDEO-1, PORVENIR – LA ESTANCIA II.

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de perforación del sondeo SP-1.

Tabla 54. Clasificación de resistencia de la roca intacta a partir de la resistencia a la compresión inconfinada (Bieniawski, 1974).

qu (MPa)	Clasificación de resistencia
< 1	Suelo
1 – 25	Muy baja
25 – 50	Baja
50 – 100	Media
100 – 200	Alta
> 200	Muy alta

Fuente: Bieniawski (1974).

Tabla 55. Resistencia de la roca intacta por unidad: índice de carga puntual Is50, qu estimado y clasificación.

Unidad	Is50 (MPa)	N.º ensayos	qu = k·Is50 (MPa)	Clasificación (Bieniawski, 1974)
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	1,44 (mediana)	7	32,4	Baja
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	0,21 (único ensayo)	1	4,72	Muy baja

Nota. qu = k·Is50 con k = 22,5 (ISRM 1985, rango 20 a 25). No se realizaron ensayos de compresión inconfinada directa; el qu se estima por correlación con la carga puntual (Figura 12).
Fuente: Elaboración propia con base en ISRM (1985) y Bieniawski (1974).

Tabla 56. Descripción de la calidad del macizo rocoso en función del índice de calidad de la roca RQD (Deere, 1964).

RQD (%)	Descripción de la calidad de la roca
< 25	Muy pobre
25 – 50	Pobre
50 – 75	Regular
75 – 90	Bueno
90 – 100	Excelente

Fuente: Deere (1964).

Tabla 57. RQD medido por unidad y calidad del macizo rocoso. Valores del registro de perforación del sondeo SP-1 (Tabla 16).

Unidad	RQD (%)	Profundidad de medida (m)	Calidad del macizo (Deere, 1964)
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	8 – 10	27,5 – 29,0	Muy pobre
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	No registrado	—	—

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de perforación del sondeo SP-1.

La roca intacta de la Formación Guaduas presenta resistencia baja (arenisca, qu = 32,4 MPa) a muy baja (arcillolita, qu = 4,72 MPa) según Bieniawski (1974), mientras que la calidad del macizo de la arenisca es muy pobre (RQD = 8–10 %, Deere 1964). Esta combinación —fragmentos de roca con resistencia apreciable dentro de una masa muy fracturada y meteorizada— es coherente con la descripción de campo (arenisca oxidada, friable y en bloques dentro de matriz arcillosa) y sustenta la clasificación del macizo como Clase IV (pobre) y la adopción de parámetros de resistencia conservadores en el criterio de Hoek-Brown.

Correlación con la exploración geofísica: Las líneas de refracción sísmica y de ondas superficiales (ReMi) LSP-1 y LSP-2, ejecutadas en el sector Porvenir – La Estancia II, corroboran de forma independiente el modelo: una cobertura blanda de 2,0 a 2,8 m (Vs = 120 a 131 m/s) sobre un tramo de material meteorizado de rigidez creciente hasta 11 a 19 m (Vs = 265 a 677 m/s) y, por debajo, material competente (Vs = 625 a 677 m/s). El espesor de la cobertura concuerda con el techo de roca registrado en las perforaciones (2,0 m en AP-BRR-2 y 3,0 m en BRR-1), y el tramo de rigidez creciente es consistente con el saprolito identificado en el sondeo SP-1 (RQD = 8–10 %; arenisca oxidada y friable). El Vs30 es de 450 m/s (LSP-1) y 439 m/s (LSP-2), que clasifica el perfil de suelo como tipo C según la Tabla A.2.4-1 del Reglamento NSR-10.

Tabla 58. Correlación de la exploración geofísica (líneas LSP-1 y LSP-2, sector Porvenir – La Estancia II) con el modelo geológico-geotécnico.

Línea	Capa	Prof. (m)	Vs (m/s)	Unidad del modelo	Correspondencia con la exploración directa
LSP-1	1	0,0 – 2,8	131	Rellenos (Qri/Qra) y Suelo Residual (Qsr)	Cobertura blanda; concuerda con el techo de roca a 2,0 m (AP-BRR-2) y 3,0 m (BRR-1)
LSP-1	2	2,8 – 18,9	450 – 625	Formación Guaduas meteorizada (K2E1gm-arc / K2E1gm-ar)	Saprolito; consistente con RQD = 8–10 % y arenisca oxidada y friable (SP-1)
LSP-1	3	> 18,9	625	Formación Guaduas (K2E1gm-ar), material competente	Techo del material competente ≈ 19 m
LSP-2	1	0,0 – 2,0	120	Rellenos (Qri/Qra) y Suelo Residual (Qsr)	Cobertura blanda superficial
LSP-2	2	2,0 – 11,1	265 – 677	Formación Guaduas meteorizada	Rigidez creciente con la profundidad
LSP-2	3	> 11,1	677	Formación Guaduas (K2E1gm-ar), material competente	Techo del material competente ≈ 11 m

Nota. Vs30 = 450 m/s (LSP-1) y 439 m/s (LSP-2); perfil de suelo tipo C (NSR-10, Tabla A.2.4-1).

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Exploración Geofísica, Consorcio Preservar– Ciudad Bolívar.

3.3.1.5.1 Formación guaduas (K2E1GM-AR)

La resistencia del macizo rocoso del proyecto, para la estructura Obras de mitigacion por movimientos en masa - apoyo en roca se evalúa por el criterio de Hoek-Brown (Hoek, 1983; Hoek & Brown, 1988) adoptado por el CCP-14 (numeral 10.4.6.4). El procedimiento sigue seis pasos: (1) resistencia de la roca intacta qu; (2) clasificación del macizo con el RMR; (3) ajuste por orientación de las juntas; (4) clase del macizo; (5) constantes m y s; y (6) cálculo de la resistencia al corte τ con la cohesión y fricción instantáneas.

Tabla 59. Nomenclatura de variables

Símbolo	Variable	Unidad	Origen
q_u	Resistencia a compresión inconfinada de la roca intacta	MPa	ensayo de laboratorio
RMR	Rock Mass Rating (suma de 5 valoraciones)	—	Tabla 10.4.6.4-1
m	Constante m del macizo (Hoek-Brown)	—	Tabla 10.4.6.4-4 (tipo de roca + RMR)
s	Constante s del macizo	—	Tabla 10.4.6.4-4
σ_n	Esfuerzo normal efectivo de análisis	MPa	condición de la cimentación
h, θ	Factor y ángulo auxiliares	—	Ec. 10.4.6.4-1
τ	Resistencia al corte del macizo	MPa	Ec. 10.4.6.4-1
φ'_i	Ángulo de fricción instantáneo	°	Ec. 10.4.6.4-1
c_i	Cohesión instantánea	MPa	C10.4.6.4-1

Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, numeral 10.4.6.4.

3.3.1.5.1.1 Resistencia de la roca intacta (QU)

La resistencia a la compresión inconfinada de la roca intacta se estableció a partir de los ensayos disponibles de la campaña de exploración: no se realizaron ensayos de compresión inconfinada directa, por lo que qu = 32,4 MPa se estimó a partir del índice de carga puntual Is50 (7 ensayos, mediana 1,44 MPa) mediante qu = k por Is50 con k = 22 (ISRM 1985, rango 20 a 25). Este valor gobierna la magnitud de la resistencia del macizo en el criterio de Hoek-Brown.

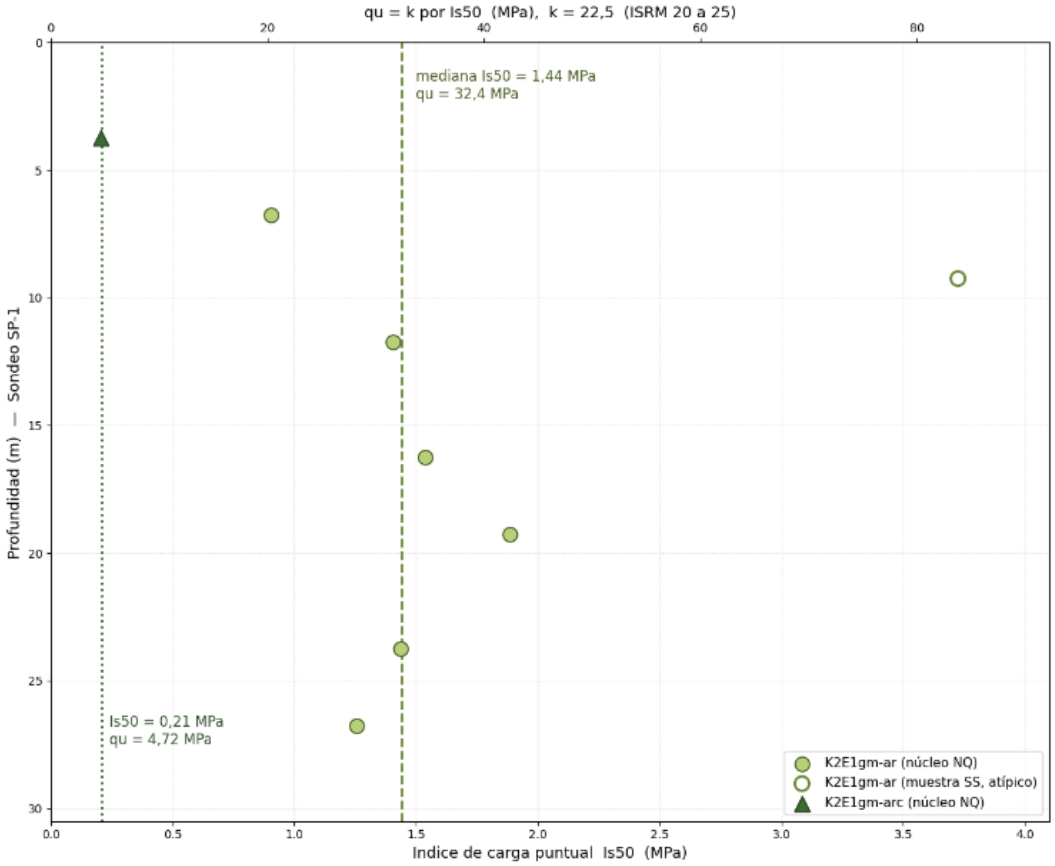


Figura 90. Índices de carga puntual Is50 medidos en el sondeo SP-1 y resistencia a la compresión inconfinada estimada qu = k·Is50 (k = 22,5; ISRM 20 a 25), por unidad de la Formación Guaduas. La línea discontinua marca la mediana de Is50 de la unidad K2E1gm-ar; la muestra SS a 9,25 m (Is50 = 3,73 MPa) se señala como atípica y no gobierna la mediana.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.5.1.2 Clasificación del macizo (RMR, TABLA 10.4.6.4-1)

El RMR (Rock Mass Rating, CSIR) suma las valoraciones relativas de cinco parámetros. Las valoraciones adoptadas se tomaron de la Tabla 10.4.6.4-1 del CCP-14:

Tabla 60. Valoraciones RMR adoptadas (CCP-14, Tabla 10.4.6.4-1)

Parámetro	Valoración
Resistencia de la roca intacta (UCS)	4
RQD	3
Espaciamiento de las juntas	10
Condición de las juntas	0
Agua subterránea	10
RMR básico (suma)	27

Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, Tabla 10.4.6.4-1.

Convenciones: RMR básico = suma de las cinco valoraciones (máximo 100). Las valoraciones provienen literalmente de la Tabla 10.4.6.4-1 según los rangos medidos en campo y laboratorio. El registro del sondeo SP-1 consigna el recobro (columna P): 55–66 % en las muestras de cuchara partida del tramo somero (1,5–9,0 m); y el RQD (columna Q): 8–10 % en las maniobras de núcleo (NQ) del fondo (27,5–29,0 m). El

RQD medido (< 25 %) es consistente con la valoración de RQD adoptada y, junto con la descripción de arenisca oxidada y friable, sustenta la baja calidad del macizo (Clase IV).

3.3.1.5.1.3 Ajuste por orientación de las juntas (TABLA 10.4.6.4-2)

Para cimentaciones, el RMR se ajusta según la orientación de las discontinuidades respecto a la obra. Con una orientación favorable el ajuste es de -2 puntos (Tabla 10.4.6.4-2, fila Cimentaciones):
RMR = 27 + (-2) = 25

3.3.1.5.1.4 Clase del macizo (TABLA 10.4.6.4-3)

Con RMR = 25, el macizo se clasifica como Clase IV (pobre) según la Tabla 10.4.6.4-3.

3.3.1.5.1.5 Constantes M Y S (TABLA 10.4.6.4-4)

El macizo corresponde al tipo de roca B — rocas litificadas arcillosas (lodolita, limolita, lutita, pizarra). Las constantes del criterio de Hoek-Brown se obtienen de la Tabla 10.4.6.4-4 en función del tipo de roca y de la calidad del macizo (RMR).

Como el RMR = 25 no coincide con un anclaje de la tabla, m y s se interpolan entre los valores tabulados: m de forma lineal en el RMR y s de forma logarítmica (pues s abarca varios órdenes de magnitud). Se obtiene:
m = 0.0545 s = 4.15e-06

3.3.1.5.1.6 Resistencia al corte (HOEK-BROWN, EC. 10.4.6.4-1)

La resistencia al corte τ del macizo y los parámetros instantáneos de Mohr (cohesión c_i y fricción φ'_i) se calculan, para cada esfuerzo normal efectivo σ_n, con:

$$h = 1 + \frac{16 \cdot (m \cdot \sigma_n + s \cdot q_u)}{3 \cdot m^2 \cdot q_u}$$

Ecuación 11. Factor h del criterio de Hoek-Brown.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

$$\theta = 30 + 0.33 \cdot \arcsin(h^{-3/2})$$

Ecuación 12. Ángulo auxiliar θ, en grados.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

$$\varphi'_i = \arctan(4 \cdot h \cdot \cos^2\theta - 1)^{-1/2}$$

Ecuación 13. Ángulo de fricción instantáneo φ'i del macizo rocoso.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

$$\tau = (\cot\varphi'_i - \cos\varphi'_i) \cdot \frac{m \cdot q_u}{8}$$

Ecuación 14. Resistencia al corte τ del macizo rocoso.

Fuente: CCP-14, Ec. 10.4.6.4-1.

$$c_i = \tau - \sigma_n \cdot \tan\varphi'_i$$

Ecuación 15. Cohesión instantánea c_i del macizo rocoso.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

Evaluando para los esfuerzos normales de análisis:

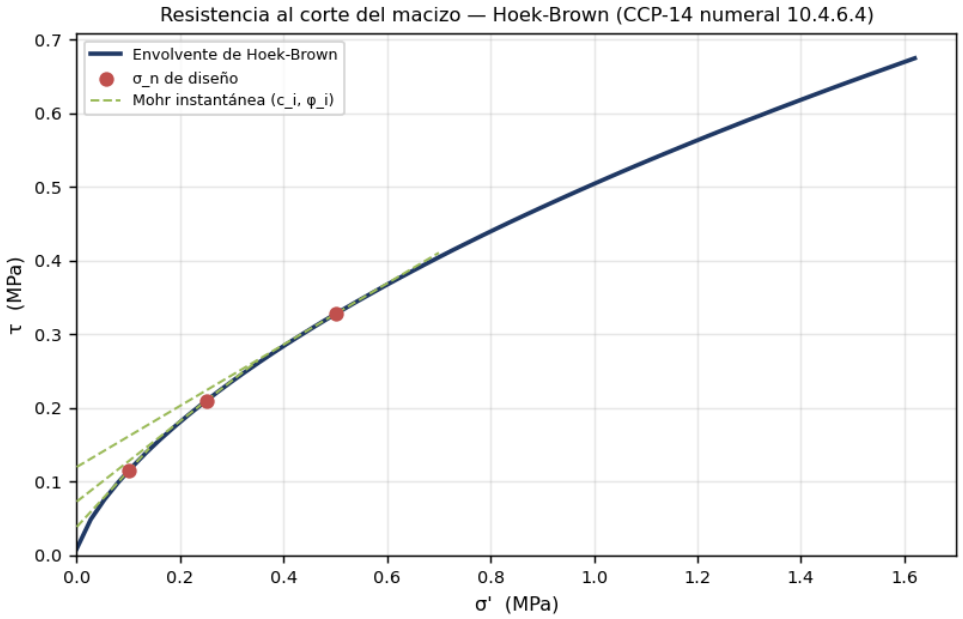
Tabla 61. Resistencia al corte del macizo por esfuerzo normal (Hoek-Brown)

σ_n (MPa)	h	φ'_i (°)	τ (MPa)	c_i (MPa)
0.100	1.3093	37.27	0.114	0.038
0.250	1.7622	28.70	0.210	0.073
0.500	2.5170	22.57	0.328	0.120

Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, numeral 10.4.6.4.

Convenciones: σ_n esfuerzo normal efectivo; τ resistencia al corte; c_i, φ'_i parámetros de Mohr instantáneos válidos en el σ_n considerado (no extrapolar a σ_n muy distintos).

Figura 91. Envolvente de resistencia τ – σ' del macizo (Hoek-Brown)



Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros ci y φ'i de Hoek-Brown son instantáneos: definen una envolvente de Mohr lineal únicamente en el entorno del σn considerado. Para rangos amplios de esfuerzo normal debe subdividirse la zona o promediarse según Hoek (1983), evitando extrapolaciones no conservadoras.

3.3.1.5.2 Formación guaduas (K2E1GM-ARC)

La resistencia del macizo rocoso del proyecto, para la estructura Obras de mitigacion por movimientos en masa - apoyo en roca se evalúa por el criterio de Hoek-Brown (Hoek, 1983; Hoek & Brown, 1988) adoptado por el CCP-14 (numeral 10.4.6.4). El procedimiento sigue seis pasos: (1) resistencia de la roca intacta qu; (2) clasificación del macizo con el RMR; (3) ajuste por orientación de las juntas; (4) clase del macizo; (5) constantes m y s; y (6) cálculo de la resistencia al corte τ con la cohesión y fricción instantáneas.

Tabla 62. Nomenclatura de variables

Símbolo	Variable	Unidad	Origen
q_u	Resistencia a compresión inconfinada de la roca intacta	MPa	ensayo de laboratorio
RMR	Rock Mass Rating (suma de 5 valoraciones)	—	Tabla 10.4.6.4-1
m	Constante m del macizo (Hoek-Brown)	—	Tabla 10.4.6.4-4 (tipo de roca + RMR)
s	Constante s del macizo	—	Tabla 10.4.6.4-4
σ_n	Esfuerzo normal efectivo de análisis	MPa	condición de la cimentación
h, θ	Factor y ángulo auxiliares	—	Ec. 10.4.6.4-1
τ	Resistencia al corte del macizo	MPa	Ec. 10.4.6.4-1
φ'_i	Ángulo de fricción instantáneo	°	Ec. 10.4.6.4-1
c_i	Cohesión instantánea	MPa	C10.4.6.4-1

Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, numeral 10.4.6.4.

3.3.1.5.2.1 RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (QU)

La resistencia a la compresión inconfinada de la roca intacta se estableció a partir de los ensayos disponibles de la campaña de exploración: no se realizaron ensayos de compresión inconfinada directa, por lo que qu = 4,72 MPa se estimó a partir de un único índice de carga puntual Is50 = 0,21 MPa mediante qu = k por Is50 con k = 22 (ISRM 1985). Este valor gobierna la magnitud de la resistencia del macizo en el criterio de Hoek-Brown.

3.3.1.5.2.2 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO (RMR, TABLA 10.4.6.4-1)

El RMR (Rock Mass Rating, CSIR) suma las valoraciones relativas de cinco parámetros. Las valoraciones adoptadas se tomaron de la Tabla 10.4.6.4-1 del CCP-14:

Tabla 63. Valoraciones RMR adoptadas (CCP-14, Tabla 10.4.6.4-1)

Parámetro	Valoración
Resistencia de la roca intacta (UCS)	1
RQD	3
Espaciamiento de las juntas	10
Condición de las juntas	0
Agua subterránea	10
RMR básico (suma)	24

Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, Tabla 10.4.6.4-1.

Convenciones: RMR básico = suma de las cinco valoraciones (máximo 100). Las valoraciones provienen literalmente de la Tabla 10.4.6.4-1 según los rangos medidos en campo y laboratorio. En este miembro el registro del SP-1 describe lodolita de humedad baja (1,5–6,0 m) con recobro de 55–66 %, y la trinchera TR-1 (5,3–7,3 m) describe arcillolita meteorizada de color morado con vetas grises.

3.3.1.5.2.3 AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS JUNTAS (TABLA 10.4.6.4-2)

Para cimentaciones, el RMR se ajusta según la orientación de las discontinuidades respecto a la obra. Con una orientación favorable el ajuste es de -2 puntos (Tabla 10.4.6.4-2, fila Cimentaciones):

RMR = 24 + (-2) = 22

3.3.1.5.2.4 CLASE DEL MACIZO (TABLA 10.4.6.4-3)

Con RMR = 22, el macizo se clasifica como Clase IV (pobre) según la Tabla 10.4.6.4-3.

3.3.1.5.2.5 CONSTANTES M Y S (TABLA 10.4.6.4-4)

El macizo corresponde al tipo de roca B — rocas litificadas arcillosas (lodolita, limolita, lutita, pizarra). Las constantes del criterio de Hoek-Brown se obtienen de la Tabla 10.4.6.4-4 en función del tipo de roca y de la calidad del macizo (RMR).

Como el RMR = 22 no coincide con un anclaje de la tabla, m y s se interpolan entre los valores tabulados: m de forma lineal en el RMR y s de forma logarítmica (pues s abarca varios órdenes de magnitud). Se obtiene:

m = 0.0394 s = 2.53e-06

3.3.1.5.2.6 RESISTENCIA AL CORTE (HOEK-BROWN, EC. 10.4.6.4-1)

La resistencia al corte τ del macizo y los parámetros instantáneos de Mohr (cohesión c_i y fricción φ'_i) se calculan, para cada esfuerzo normal efectivo σ_n, con:

$$h = 1 + \frac{16 \cdot (m \cdot \sigma_n + s \cdot q_u)}{3 \cdot m^2 \cdot q_u}$$

Ecuación 16. Factor h del criterio de Hoek-Brown.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

$$\theta = 30 + 0.33 \cdot \arcsin(h^{-3/2})$$

Ecuación 17. Ángulo auxiliar θ, en grados.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

$$\varphi'_i = \arctan(4 \cdot h \cdot \cos^2\theta - 1)^{-1/2}$$

Ecuación 18. Ángulo de fricción instantáneo φ'i del macizo rocoso.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

$$\tau = (\cot\varphi'_i - \cos\varphi'_i) \cdot \frac{m \cdot q_u}{8}$$

Ecuación 19. Resistencia al corte τ del macizo rocoso.

Fuente: CCP-14, Ec. 10.4.6.4-1.

$$c_i = \tau - \sigma_n \cdot \tan\varphi'_i$$

Ecuación 20. Cohesión instantánea c_i del macizo rocoso.

Fuente: CCP-14, Ec. C10.4.6.4-1.

Evaluando para los esfuerzos normales de análisis:

Tabla 64. Resistencia al corte del macizo por esfuerzo normal (Hoek-Brown)

σ_n (MPa)	h	φ'_i (°)	τ (MPa)	c_i (MPa)
0.100	3.8729	17.53	0.051	0.020
0.250	8.1693	11.75	0.089	0.037
0.500	15.3299	8.51	0.133	0.058

Fuente: Elaboración propia con base en CCP-14, numeral 10.4.6.4.

Convenciones: σ_n esfuerzo normal efectivo; τ resistencia al corte; c_i, φ'_i parámetros de Mohr instantáneos válidos en el σ_n considerado (no extrapolar a σ_n muy distintos).

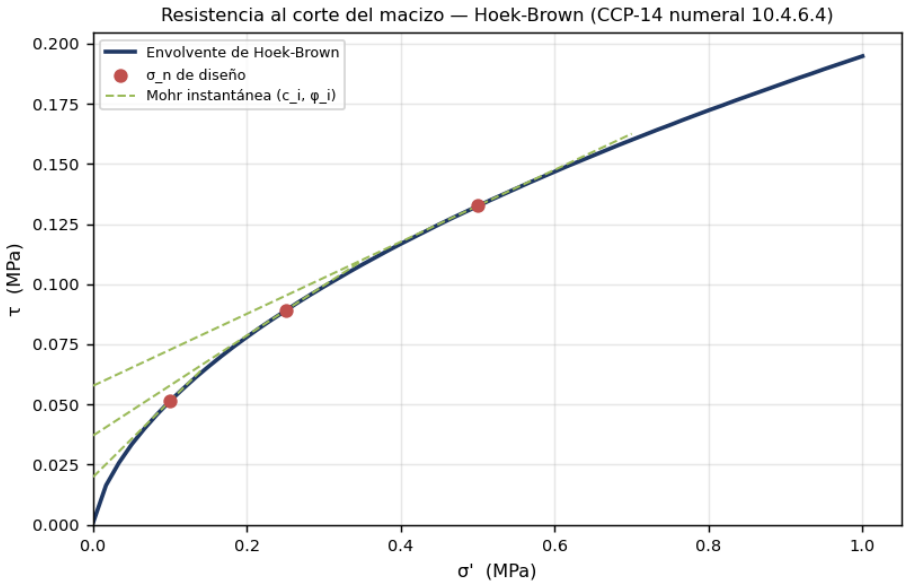


Figura 92. Envolvente de resistencia τ – σ' del macizo (Hoek-Brown)
Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros ci y φ'i de Hoek-Brown son instantáneos: definen una envolvente de Mohr lineal únicamente en el entorno del σn considerado. Para rangos amplios de esfuerzo normal debe subdividirse la zona o promediarse según Hoek (1983), evitando extrapolaciones no conservadoras.

3.3.1.6 RESUMEN

Esta sección consolida el modelo geológico-geotécnico del proyecto: los materiales identificados, su clasificación por el Sistema Unificado (USC), el potencial expansivo, el peso unitario y los parámetros de resistencia y deformación adoptados para el diseño. Los valores provienen de los numerales anteriores; donde no hubo ensayo, la celda se deja vacía y se declara.

Tabla 65. Resumen de la clasificación y propiedades índice por material de suelo

Material	Naturaleza	USC	w (%)	LL (%)	IP (%)	% < No.200	Potencial expansivo
Capa orgánica	orgánico	OL	15.8	24	12	35.5	Marginal
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	granular	GP-GM	9.1–9.8	25	11	10.7–12.4	No

Material	Naturaleza	USC	w (%)	LL (%)	IP (%)	% < No.200	Potencial expansivo
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	granular	SC	11.3–22.7	26–47	12–24	26.2–45.5	Sí (Alto)
Suelo Residual (Qsr)	cohesivo	SC	10–18.7	27–53	16–32	16.6–97.7	Sí (Muy Alto)
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	granular	SC	6.6–8.8	19–28	9–13	8.2–15.7	Marginal

Fuente: Elaboración propia.

Convenciones: w humedad natural; LL límite líquido; IP índice de plasticidad; % < No.200 finos; USC clasificación representativa (SUCS/ASTM D2487). Potencial expansivo por IP (INV-132-13, norma IS 1498): Marginal (grado medio) o Sí con el grado (alto/muy alto). Rangos min–máx de los ensayos; los materiales sin ensayos de clasificación no se incluyen.

Tabla 66. Resumen de parámetros de resistencia y deformación de diseño por material de suelo

Material	γ (kN/m³)	φ′ / c′ ó s_u	E_s (MPa) / ν
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	19.0	φ′=27.8°, c′=0.7 kPa	6.6 / 0.3
Suelo Residual (Qsr)	18.5	φ′=27°, c′=0 kPa; s_u=48.4–115.1 kPa	5.7 / 0.28

Fuente: Elaboración propia.

Convenciones: γ peso unitario (medido o asumido por familia USC); φ′ ángulo de fricción de diseño (González; para el Suelo Residual, φ′eq directo sin regresión), c′ cohesión; s_u resistencia no drenada (qu/2 o correlación, marcada (corr.)); E_s módulo de Young de diseño, ν relación de Poisson. Los materiales sin ensayos de resistencia (orgánico, antrópicos) se retiran y no figuran en esta tabla.

Tabla 67. Resumen del macizo rocoso (resistencia de la roca intacta desde la Tabla resumen)

Material (roca)	qu (MPa)	Fuente qu	Tipo sugerido	RMR / m / s
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	32.4	carga puntual con k de literatura (k=22.5, ISRM 20–25)	B	25 / 0,0545 / $4{,}15\times10^{-6}$
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	4.72	carga puntual con k de literatura (k=22.5, ISRM 20–25)	B	22 / 0,0394 / $2{,}53\times10^{-6}$

Fuente: Elaboración propia.

El macizo rocoso corresponde a la Formación Guaduas. La resistencia de la roca intacta qu se tomó de la Tabla resumen (compresión inconfinada/simple o estimada de carga puntual, declarado). El registro de perforación del SP-1 aporta el recobro (55–66 % en las muestras SS del tramo somero) y el RQD (8–10 % en las maniobras de núcleo NQ del fondo), además de la descripción del macizo. El espaciamiento y la condición de las juntas se valoraron conforme a la Tabla 10.4.6.4-1 de la CCP-14, con el mismo criterio aplicado en los tres sectores del estudio, y la orientación de las discontinuidades se ajustó según la Tabla 10.4.6.4-2 para condición de cimentaciones, con lo cual queda cerrado el cálculo de la resistencia del macizo por el criterio de Hoek-Brown (CCP-14, numeral 10.4.6.4).

El modelo aquí resumido es la base para los análisis de cimentaciones, estabilidad y demás verificaciones geotécnicas.

Parámetros para los modelos de estabilidad: La siguiente tabla consolida, por material, los parámetros requeridos para el ingreso directo a los modelos de estabilidad de taludes (Slide). Los materiales de suelo

se representan con el criterio de Mohr-Coulomb y las unidades de roca con el criterio de Hoek-Brown; para estas últimas se incluye además la equivalencia de Mohr-Coulomb evaluada en el esfuerzo normal de análisis σn = 0,25 MPa.

Tabla 68. Resumen de parámetros por material para el ingreso a los modelos de estabilidad (Slide).

Material	Criterio de resistencia	γ (kN/m³)	γsat (kN/m³)	c′ (kN/m²)	φ′ (°)	σci (kN/m²)	m_B	s	a	Ru sat.	Ru seco
Depósitos de Relleno Ingenieril (Qri)	Mohr-Coulomb	19,0	20,5	0,7	27,8	—	—	—	—	0,5	0
Suelo Residual (Qsr)	Mohr-Coulomb	18,5	19,6	0	27	—	—	—	—	0,5	0
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	Hoek-Brown	16,6	16,6	—	—	32 400	0,0545	0,00000415	0,50	0,10	0
Formación Guaduas (K2E1gm-ar)	Mohr-Coulomb equivalente (σn = 0,25 MPa)	16,6	16,6	73	28,7	—	—	—	—	0,10	0
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Hoek-Brown	17,7	17,7	—	—	4 720	0,0394	0,00000253	0,50	0,10	0
Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Mohr-Coulomb equivalente (σn = 0,25 MPa)	17,7	17,7	37	11,8	—	—	—	—	0,10	0
Depósitos de Deslizamientos Recientes (Qdc)	Mohr-Coulomb	18,5	20,5	0	31	—	—	—	—	0,5	0
Depósitos de Relleno de Adecuación (Qra)	Mohr-Coulomb	18,5	19,3	0	29	—	—	—	—	0,5	0
Depósitos y Rellenos Antrópicos - Botaderos (Qb)	Mohr-Coulomb	18,5	18,5	34,3	18,4	—	—	—	—	0,5	0

Nota. γ = peso unitario total; γsat = peso unitario saturado; c′ y φ′ = parámetros de Mohr-Coulomb; σci, m y s = parámetros de Hoek-Brown. Las unidades corresponden a las solicitadas por Slide en el cuadro de propiedades del material (peso unitario en kN/m³; UCS y cohesión en kN/m²); Ru = coeficiente de presión de poros. Los parámetros de Qdc y Qra provienen de la correlación con las propiedades índice; los de los Botaderos (Qb), que no cuentan con ensayos, se adoptan por referencia del sector vecino El Espino.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 DEFINICIÓN DE SECCIONES DE ANÁLISIS

El presente capítulo define la localización de las secciones de análisis geotécnico del sector Porvenir de la Estancia II, sobre las cuales se ejecutan los análisis de estabilidad y la evaluación de la amenaza por movimientos en masa. Las secciones constituyen la base geométrica del modelo geológico-geotécnico y se establecieron a partir de la integración de la topografía de detalle, la caracterización geomorfológica, el inventario de procesos morfodinámicos y la distribución de la exploración directa e indirecta.

3.3.2.1 Criterios de trazado de las secciones de análisis

El trazado de las secciones atendió los siguientes criterios técnicos: (i) orientación de las secciones principales en la dirección de máxima pendiente, coincidente con la dirección potencial de falla, abarcando la corona, el cuerpo y el pie del talud; (ii) inclusión de secciones transversales complementarias que controlan la variabilidad lateral de la geometría y de las unidades geotécnicas; (iii) paso de las secciones por los puntos de exploración o en su cercanía inmediata, con el fin de sustentar la estratigrafía y los niveles freáticos con información directa; (iv) cobertura de los rasgos morfodinámicos relevantes — escarpes, coronas y obras existentes de contención— identificados en la fase de campo; y (v) referenciación de todas las secciones al sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS con origen Bogotá (planas cartesianas), consistente con la cartografía del proyecto.

3.3.2.2 Localización de las secciones de análisis — Porvenir de la Estancia II

Para el polígono de Porvenir de la Estancia II se definieron seis secciones de análisis. Las secciones A–A', B–B', C–C' y F–F' se orientan en sentido sur–norte, en la dirección de máxima pendiente de la ladera, mientras que las secciones D–D' (105,2 m) y E–E' (98,9 m), de orientación este–oeste, atraviesan transversalmente el sector controlando la variación lateral del perfil. Las secciones F–F' (90,2 m) y A–A' (111,1 m) constituyen secciones longitudinales representativas de la condición de ladera. El trazado se apoya en el barreno BRR-1 y el sondeo SP-1 ubicados en la franja central del polígono, en el apique AP-1 y el apique-barreno AP-BRR-2, en las trincheras TR-1 a TR-3 alineadas sobre el corredor de las secciones transversales, y en las líneas sísmicas de refracción LSP-1 y LSP-2 (69,0 m cada una), dispuestas en sentido este–oeste para la caracterización del perfil de velocidades y la definición de espesores de las unidades geotécnicas.



Figura 93. Localización de las secciones de análisis geotécnico sobre ortomosaico. Porvenir de la Estancia II.

Tabla 69. Coordenadas de los extremos de las secciones de análisis. Porvenir de la Estancia II.

Sección	Punto inicial (Este, Norte) [m]	Punto final (Este, Norte) [m]	Long. [m]	Orientación
A–A'	89.031,5 E ; 98.893,5 N	89.024,5 E ; 99.004,4 N	111,1	S–N
B–B'	89.046,4 E ; 98.904,8 N	89.055,1 E ; 98.984,8 N	80,4	S–N
C–C'	89.067,8 E ; 98.905,6 N	89.076,4 E ; 98.976,2 N	71,2	S–N
D–D'	89.011,2 E ; 98.959,1 N	89.116,4 E ; 98.958,6 N	105,2	W–E
E–E'	89.024,4 E ; 98.957,8 N	89.123,2 E ; 98.952,8 N	98,9	W–E
F–F'	89.026,6 E ; 98.890,3 N	89.031,1 E ; 98.980,4 N	90,2	S–N

Tabla 70. Exploración geotécnica directa de soporte. Porvenir de la Estancia II.

Punto	Tipo de exploración	Este [m]	Norte [m]
SP-1	Sondeo	89.054,9	98.966,7
BRR-1	Barreno	89.051,1	98.955,7
AP-1	Apique	89.020,9	98.972,9

Punto	Tipo de exploración	Este [m]	Norte [m]
AP-BRR-2	Apique-barreno	89.088,2	98.920,3
TR-1	Trinchera	89.026,5	98.961,8
TR-2	Trinchera	89.073,4	98.959,0
TR-3	Trinchera	89.106,7	98.956,0

Tabla 71. Líneas sísmicas de refracción de soporte. Porvenir de la Estancia II.

Línea	Long. [m]	Punto inicial (Este, Norte) [m]	Punto final (Este, Norte) [m]
LSP-1	69,0	89.025,7 E ; 98.955,8 N	89.092,1 E ; 98.955,0 N
LSP-2	69,0	89.105,6 E ; 98.919,0 N	89.033,3 E ; 98.919,7 N

Las secciones aquí definidas constituyen la base geométrica para la construcción del modelo geológico-geotécnico y para los análisis de estabilidad en condición estática, pseudoestática y con nivel freático, desarrollados en los capítulos correspondientes.

3.3.3 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Los análisis de estabilidad de taludes en condición pseudoestática requieren la definición de la aceleración sísmica de diseño en el sitio. Dado que el sector de Porvenir de la Estancia II se localiza en Bogotá D.C., la amenaza sísmica se establece con la Microzonificación Sísmica de Bogotá (Decreto Distrital 523 de 2010), que sustituye las secciones A.2.4 y A.2.6 de la NSR-10, en concordancia con el numeral H.5.2.5 del Título H de la NSR-10.

3.3.3.1 Zona de respuesta sísmica

A partir de las coordenadas del polígono y de la consulta de la capa oficial de respuesta sísmica del IDIGER, el sector de Porvenir de la Estancia II se localiza en la zona de respuesta sísmica Cerros, definida en el Mapa 2 del Decreto 523 de 2010, consistente con su emplazamiento sobre relieves de ladera con roca somera.

Tabla 72. Zona de respuesta sísmica del polígono de estudio (fuente: geoservicio oficial IDIGER, Mapa 2 del Decreto 523 de 2010).

Polígono	Latitud (centroide)	Longitud (centroide)	Zona
Porvenir de la Estancia II	4.586796	-74.176202	Cerros

3.3.3.2 Coeficientes de la zona (Decreto 523 de 2010)

Los coeficientes de diseño de la zona Cerros, adoptados de la Tabla 3 del Decreto 523 de 2010 y verificados contra el geoservicio del IDIGER, son los siguientes. Los parámetros base de la ciudad son Aa = 0.15 g y Av = 0.20 g.

Tabla 73. Coeficientes sísmicos de la zona Cerros (Decreto 523 de 2010, Tabla 3).

Parámetro	Símbolo	Valor
Coeficiente de amplificación en periodos cortos	Fa	1.35
Coeficiente de amplificación en periodos intermedios	Fv	1.3
Periodo corto	Tc	0.616 s
Periodo largo	TL	3.0 s

Aceleración pico del terreno en superficie (Tr 475 años)	Ao	0.18 g
Aceleración pico en superficie, seguridad limitada (Tr 225)	Ao,SL	0.16 g
Aceleración pico en superficie, umbral de daño (Tr 31)	Ao,UD	0.08 g

De acuerdo con el numeral 5.14 del Decreto 523, la zona Cerros corresponde a un perfil de suelo tipo C.

3.3.3.3 Aceleración máxima del terreno para los análisis de estabilidad

El numeral H.5.2.5 de la NSR-10 establece que, cuando el sitio hace parte de un estudio de microzonificación sísmica aprobado, se utiliza la aceleración máxima superficial del terreno definida en el espectro de diseño respectivo. En consecuencia, para los análisis de estabilidad se adopta:

$$\mathbf{A_{max} = A_o = 0.18\ g}$$

Este mismo valor es el que el numeral 5.2 del Decreto 523 dispone emplear en los análisis de estabilidad de taludes, potencial de licuación, estructuras de contención y cimentaciones.

3.3.3.4 Coeficiente sísmico pseudoestático

El coeficiente sísmico de diseño para el análisis pseudoestático de taludes, K_{ST}, es inferior o igual a a_{max} y se determina como una fracción de a_{max} según la Tabla H.5.2-1 de la NSR-10, en función del tipo de material y del análisis de amplificación de onda:

Tabla 74. Coeficiente sísmico pseudoestático K_{ST} para a_{max} = 0.18 g (NSR-10, Tabla H.5.2-1).

Condición (NSR-10 Tabla H.5.2-1)	K_{ST} / a_{max}	K_{ST}
Suelos y macizos muy fracturados (RQD < 50%), sin análisis de amplificación	0.80	0.144
Todos los materiales, con amplificación de onda unidimensional	0.67	0.121
Todos los materiales, con amplificación de onda bidimensional	0.50	0.09

En ausencia de análisis de amplificación de onda, y por tratarse de suelos y macizos rocosos fracturados, se adopta $K_{ST} = 0.80 \cdot a_{max} = 0.144$ para el análisis pseudoestático, valor conservador y del lado de la seguridad. Si se realizan análisis de amplificación de onda, el coeficiente podrá reducirse a los valores mínimos indicados, debidamente soportados.

Para el análisis pseudoestático de taludes se adoptan un coeficiente sísmico horizontal $k_h = K_{ST} = 0{,}144$ g y un coeficiente sísmico vertical $k_v = \pm 0{,}5 \cdot k_h = \pm 0{,}072$ g. El signo de k_v (ascendente o descendente) se toma en la combinación más desfavorable para la estabilidad; para las presiones laterales de tierra la CCP-14 admite $k_v = 0$.

3.3.3.5 Sobrecarga vial en los análisis de estabilidad

En los análisis de estabilidad se incorpora la sobrecarga de tráfico de la vía. El numeral H.5.1.2 del Título H de la NSR-10 establece que **la sobrecarga uniforme mínima a considerar en la vía pública y zonas libres próximas a excavaciones temporales es de 15 kPa (1,5 t/m²)**. En consecuencia, se aplica una sobrecarga superficial uniforme q = 15 kPa sobre la corona y las zonas de circulación adyacentes al talud, actuando en todos los escenarios (estático, pseudoestático y con nivel freático).

Tabla 75. Sobrecarga vial adoptada en los análisis de estabilidad (NSR-10, numeral H.5.1.2).

Parámetro	Símbolo	Valor	Fuente
Sobrecarga vial uniforme	q	15 kPa (1,5 t/m²)	NSR-10 H.5.1.2

3.3.3.6 Escenarios de análisis y factores de seguridad

Los análisis de estabilidad se desarrollan en los escenarios y con los factores de seguridad mínimos establecidos en el alcance del estudio:

Tabla 76. Escenarios de análisis de estabilidad y factores de seguridad admisibles.

Escenario	Condición	Factor de seguridad mínimo
Condiciones normales	Estático	FS ≥ 1.5
Condiciones extremas (sismo)	Pseudoestático (K_{ST} = 0.144)	FS ≥ 1.05
Nivel freático	Estático con nivel freático	FS ≥ 1.3

3.3.3.7 Espectro de diseño

Para referencia, el espectro elástico de diseño de la zona Cerros (5% de amortiguamiento), construido con los coeficientes anteriores, se presenta en la siguiente figura. La aceleración espectral máxima (meseta) es Sa = 2.5·Aa·Fa = 0.506 g.

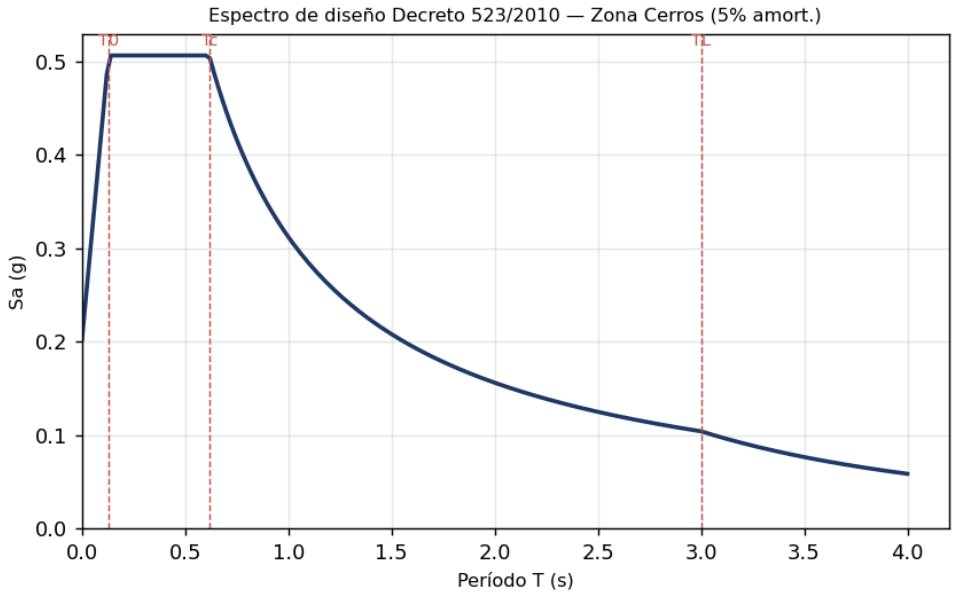


Figura 94. Espectro elástico de diseño de la zona Cerros (Decreto 523 de 2010, 5% de amortiguamiento).

3.3.4 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La zonificación geotécnica del área de estudio se desarrolló en dos niveles complementarios. En el nivel regional, el polígono se enmarca dentro de la cartografía oficial de la Zonificación Geotécnica de Bogotá D.C., insumo de los Estudios Básicos de Amenaza por Movimientos en Masa (IDIGER – IDECA), derivada de la Microzonificación Sísmica adoptada mediante el Decreto 523 de 2010, lo cual permite establecer la unidad de comportamiento geotécnico regional a la que pertenece el sitio.

En el nivel de detalle, la zonificación se elaboró a partir del modelo geológico-geotécnico del presente estudio (numeral 3.3.1), de la exploración directa e indirecta, del inventario de procesos morfodinámicos

(numeral 3.1) y de los análisis de estabilidad (numeral 3.4). En este nivel, cada zona corresponde a un área de homogéneo comportamiento geotécnico, que guarda similitud de materiales y espesores, y que sirve de base para la determinación de las áreas de amenaza por movimientos en masa.

3.3.4.1 Zonificación geotécnica regional

Conforme a la cartografía oficial de la Zonificación Geotécnica de Bogotá D.C. (IDIGER – IDECA), derivada de la Microzonificación Sísmica adoptada mediante el Decreto 523 de 2010, el Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II se localiza en la Zona Geotécnica Cerros B. Esta unidad se caracteriza geológicamente por la presencia de formaciones litoestratigráficas dominadas por arcillolitas y, geomorfológicamente, por vertientes de moderada a alta pendiente constituidas predominantemente por arcillolitas de consistencia blanda, con un comportamiento geotécnico general de moderada competencia y alta susceptibilidad a la meteorización.

La cartografía regional delimita, además, depósitos de ladera hacia el sector nororiental aledaño al polígono (barrio Rincón de Galicia), condición coherente con los depósitos de ladera y de deslizamiento identificados a escala de detalle en el levantamiento geológico-geomorfológico del presente estudio y con los materiales transportados descritos en el modelo geológico-geotécnico (numeral 3.3). El marco regional resulta, por lo tanto, consistente con la litología encontrada en la exploración: un basamento de la Formación Guaduas con miembros arenoso (K2E1gm-ar) y arcilloso (K2E1gm-arc), este último de consistencia blanda y comportamiento geotécnico deficiente, suprayacido por suelos residuales, rellenos y depósitos recientes.

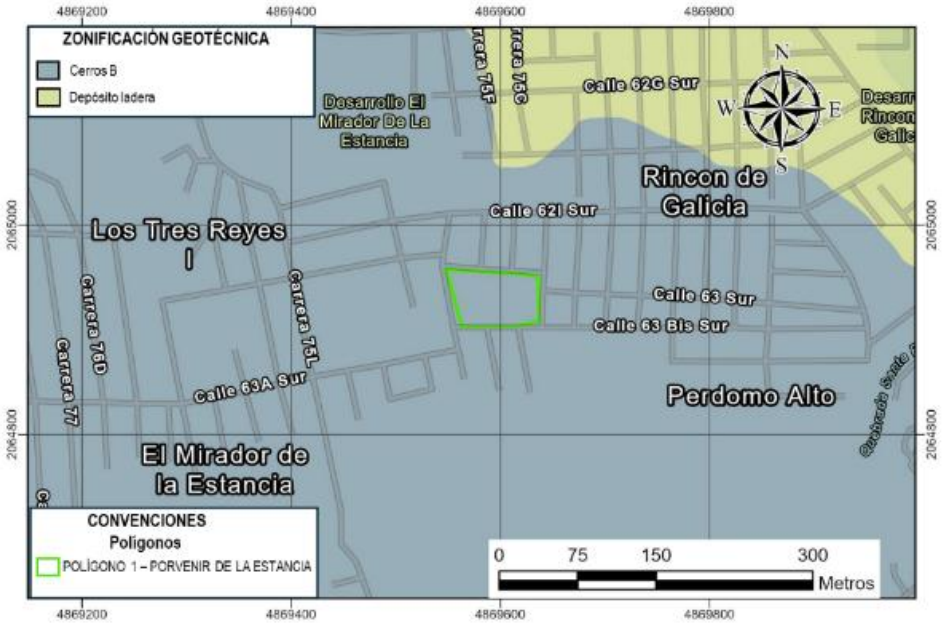


Figura 95. Ubicación del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II en la Zona Geotécnica Cerros B (zonificación geotécnica regional).
Fuente: Zonificación Geotécnica – Insumo Estudios Básicos de Amenaza por Movimientos en Masa. Bogotá D.C. – IDIGER – IDECA (Decreto 523 de 2010). Modificado por el Consultor.

3.3.4.2 Zonificación geotécnica de detalle

La zonificación geotécnica de detalle delimita áreas de homogéneo comportamiento geotécnico, que guardan similitud de materiales y espesores, y que sirven de base para la determinación de las áreas de amenaza por movimientos en masa y del plano de amenaza del Anexo E.5.

La delimitación de las zonas de detalle se efectuó mediante la integración de: (i) la distribución espacial y los espesores de los materiales definidos en el modelo geológico-geotécnico; (ii) el inventario de procesos morfodinámicos y la evidencia geológica, geomorfológica y geotécnica recopilada durante el reconocimiento de campo; y (iii) los factores de seguridad obtenidos en los análisis de equilibrio límite y su variación a lo largo de las secciones de análisis. Estos criterios se correlacionaron espacialmente sobre la cartografía de detalle del área de estudio, de manera que los límites de zona mantienen correspondencia con los mecanismos de falla identificados y con los tramos críticos definidos en cada sección.

Con estos criterios se delimitaron dos zonas de comportamiento geotécnico homogéneo, cuya distribución espacial se presenta en la Figura 96 y cuyas características se sintetizan en la siguiente tabla.

Tabla 77. Zonificación geotécnica de detalle – Porvenir de la Estancia II.

Zona	Materiales (unidades del modelo)	Espesores típicos	Comportamiento geotécnico
Zona I	Depósitos de deslizamientos recientes (Qdc), rellenos de adecuación y antrópicos (Qra, Qb) y suelo residual (Qsr), sobre el Conjunto Medio de la Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Qdc: 1,0–3,75 m; rellenos: 0–2,6 m; K2E1gm-arc: 1,5–7,3 m	Materiales sueltos a blandos, con proceso morfodinámico activo, factores de seguridad inferiores a los umbrales normativos en condición normal y extrema
Zona II	Suelo residual (Qsr) y rellenos ingenieriles y de adecuación delgados (Qri, Qra), sobre el miembro arenoso K2E1gm-ar de la Formación Guaduas	Qsr: 0,2–5,6 m; rellenos: 0–2,5 m	Perfil de meteorización delgado sobre basamento de mayor competencia, sin procesos activos identificados.

Fuente: Elaboración propia.

La Zona I corresponde a la franja del proceso morfodinámico activo identificado en el inventario detallado (numeral 3.1), conformada por depósitos de deslizamientos recientes (Qdc, 1,0–3,75 m), rellenos de adecuación y antrópicos (0–2,6 m) y suelo residual arcilloso, dispuestos sobre las arcillolitas del Conjunto Medio de la Formación Guaduas (K2E1gm-arc), de consistencia blanda y alta susceptibilidad a la meteorización. La homogeneidad de esta zona está dada por la similitud de materiales sueltos a blandos y de sus espesores, así como por su comportamiento mecánico deficiente: los análisis de estabilidad del numeral 3.4 arrojaron factores de seguridad mínimos de 0,925 y 0,336 (sección B–B'), 0,135 y 0,003 (sección C–C') y 0,498 y 0,013 (sección F–F') para las condiciones normal y extrema, respectivamente, valores inferiores a los umbrales de la Resolución 111 de 2022 del IDIGER que categorizan el sector en amenaza alta.

La Zona II agrupa los sectores perimetrales del polígono en los que el perfil estratigráfico se compone de suelo residual (Qsr, 0,2–5,6 m) y rellenos ingenieriles y de adecuación delgados sobre el miembro arenoso K2E1gm-ar, de mayor competencia mecánica. En esta zona no se identificaron procesos morfodinámicos activos y los factores de seguridad a lo largo de las secciones resultaron superiores a los umbrales de amenaza alta, por lo cual se clasifica en categoría de amenaza media, en concordancia con la cartografía oficial de amenaza por movimientos en masa urbana del Distrito, que asigna al sector la categoría media desde el año 2016.



Figura 96. Zonificación geotécnica de detalle – condición actual, Porvenir de la Estancia II.
Fuente: Elaboración propia.

Para la representación cartográfica se adoptó una simbología homogénea para los tres sitios de estudio, orientada a garantizar la lectura conjunta de la zonificación geotécnica de detalle y de los mapas de amenaza del Anexo E.5: la Zona I se representa mediante achurado diagonal con límite continuo en tono rojo oscuro, de manera que las áreas en rojo de los planos de detalle responden estrictamente a las zonas de los procesos morfodinámicos identificados; la Zona II se representa mediante achurado diagonal con límite a trazos en tono ocre; y, donde se delimita, la Zona III se representa mediante achurado cruzado con límite continuo en tono violeta. Los rótulos de zona se ubican al interior de cada polígono y la leyenda incorpora la descripción resumida de materiales de cada zona.

La zonificación geotécnica de detalle constituye el soporte de la categorización de amenaza y de la cartografía del Anexo E.5: la Zona I delimita el sector de proceso morfodinámico activo y de comportamiento geotécnico deficiente que sustenta la categoría de amenaza alta, en tanto que la Zona II corresponde a los sectores sin procesos activos, asociados a la categoría de amenaza media. La delimitación de zonas diferentes se justifica en tres líneas de evidencia convergentes: la configuración de materiales y espesores del modelo geológico-geotécnico, los procesos morfodinámicos inventariados en campo y los factores de seguridad obtenidos en los análisis de equilibrio límite conforme a la Resolución 111 de 2022 del IDIGER.

3.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

La amenaza por movimientos en masa corresponde a la posibilidad de ocurrencia de un proceso de inestabilidad del terreno, con una magnitud e intensidad determinadas, dentro de un área y período de exposición específicos, capaz de generar afectaciones sobre personas, edificaciones, infraestructura o elementos expuestos.

La metodología adoptada para la evaluación se definió de acuerdo con el alcance del estudio, la escala de trabajo, la información disponible y los criterios establecidos en la Resolución 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER. En este contexto, el análisis comprendió las siguientes actividades:

- Revisión de antecedentes técnicos, incluyendo estudios previos, conceptos, diagnósticos y demás información disponible para el sector de estudio y su área de influencia.
- Recopilación y análisis de la cartografía básica y temática disponible, incluyendo información topográfica, geológica, geomorfológica y geotécnica.
- Selección y verificación de la base topográfica utilizada para la construcción de los modelos y la elaboración de los planos temáticos y de zonificación.
- Identificación y delimitación de las unidades geológicas superficiales, las unidades geomorfológicas y los procesos morfodinámicos activos, inactivos o potenciales, a partir de la interpretación cartográfica y el reconocimiento de campo.
- Caracterización de los factores condicionantes y detonantes de los movimientos en masa, incluyendo la pendiente, la estratigrafía, las propiedades geomecánicas de los materiales, las precipitaciones, la sismicidad y las intervenciones antrópicas, tales como cortes, rellenos y manejo de aguas superficiales y de escorrentía.
- Formulación del modelo geológico-geotécnico, integrando la geometría del terreno, la distribución de las unidades geotécnicas, las condiciones hidrogeológicas, los parámetros de resistencia y los posibles mecanismos de falla.
- Evaluación de la estabilidad mediante métodos de equilibrio límite para la condición normal de agua y sin sismo y la condición extrema de agua y con sismo, conforme con los escenarios establecidos en la Resolución 111 de 2022.
- Categorización y zonificación de la amenaza mediante la integración de los factores de seguridad obtenidos, la información geológica, geomorfológica, geotécnica y topográfica, y las evidencias recopiladas durante el reconocimiento de campo.

Esta metodología permitió establecer la distribución espacial de las categorías de amenaza y sustentar técnicamente la zonificación por movimientos en masa del área de estudio.

3.4.1 SOFTWARE Y MÉTODOS UTILIZADOS.

Los análisis bidimensionales de estabilidad se desarrollaron mediante el software Slide 6.0 de Rocscience Inc., empleando métodos de equilibrio límite para la evaluación de superficies potenciales de falla y la determinación del factor de seguridad.

La resistencia al corte de los materiales se representó mediante el criterio de falla de Mohr-Coulomb, definido a partir de los parámetros de cohesión efectiva, ángulo de fricción interna y peso unitario asignados a cada unidad geotécnica. Cuando correspondió, el efecto del agua se consideró lo estipulado en el capítulo que se definió el Nivel freático y peso unitario

La búsqueda de las superficies críticas de falla se realizó considerando la geometría del terreno, la estratigrafía, las condiciones de frontera y los parámetros geotécnicos establecidos en el modelo. Para las condiciones extremas, se incorporó adicionalmente la acción sísmica, aplicando los coeficientes sísmicos definidos para el proyecto conforme a lo estipulado en la evaluación de la amenaza sísmica para los análisis de estabilidad.

3.4.2 CONDICIONES DE AMENAZA PRECEDENTE

Como antecedente de la evaluación de detalle, se consultó la capa oficial de amenaza por movimientos en masa para la zona urbana y de expansión de Bogotá D.C., generada en el marco del proyecto de actualización del componente de gestión del riesgo para la revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), en cumplimiento de lo establecido para los estudios básicos en el Decreto Nacional 1807 de 2014, compilado por el Decreto Nacional 1077 de 2015. La documentación del geoservicio, la

actualización de dicha capa se realizó mediante la aplicación conjunta de la metodología de taludes naturales y del sistema semicuantitativo de estabilidad, incorporando información de los instrumentos de gestión del riesgo, y su resultado se contrastó con el mapa de procesos para generar el mapa definitivo (IDIGER, capa “Amenaza movimientos en masa urbano”, portal Mapas Bogotá).

En la siguiente figura se presenta un recorte de dicha cartografía sobre el área de estudio. Según esta información, el polígono se localiza mayoritariamente en amenaza media, con un sector de amenaza alta en la manzana central de la figura (coincidente en su mayor parte, con el sector escarpado de ladera donde se concentran los procesos de inestabilidad identificados en campo y las secciones de análisis del presente estudio) y sectores de amenaza alta hacia los costados suroccidental y suroriental del encuadre.

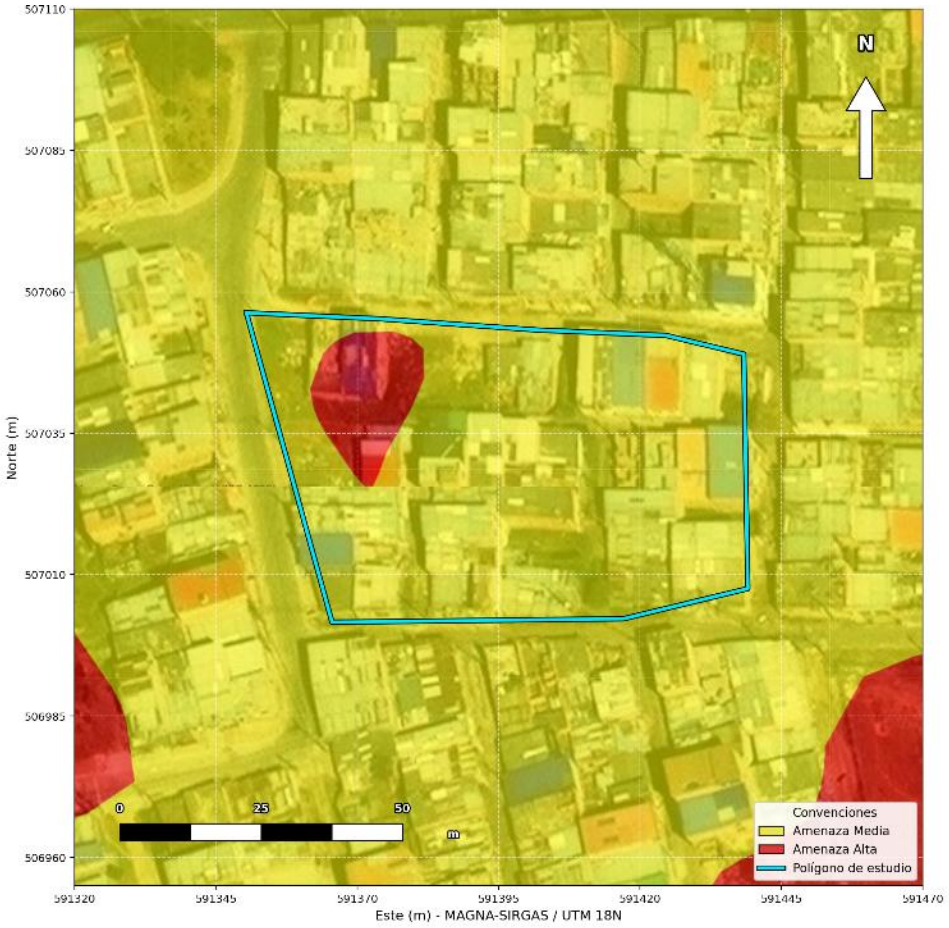


Figura 97. Amenaza por movimientos en masa urbano (cartografía oficial POT, IDIGER) sobre el área de estudio – Porvenir de la Estancia II.
Fuente: Elaboración propia a partir del geoservicio Mapas Bogotá – capa “Amenaza movimientos en masa urbano” (IDIGER), consulta de julio de 2026. Amarillo: amenaza media; rojo: amenaza alta; línea cian: delimitación del polígono de estudio Porvenir de la Estancia II.

3.4.3 CONDICIONES DE AMENAZA ACTUAL

Para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa en el escenario se desarrollaron modelos bidimensionales de estabilidad sobre secciones representativas. La localización, geometría y criterios de selección de estas secciones se describen en el numeral asociado a las secciones de análisis, mientras que los modelos y resultados correspondientes se presentan en el Anexo E7- Amenaza.

La selección de las secciones consideró la configuración topográfica del terreno, la distribución de las unidades geológico-geotécnicas, los espesores de los materiales superficiales y los mecanismos de falla potenciales identificados. El movimiento en masa determinante para la evaluación se describe en la Tabla 78.

Tabla 78. Descripción de las amenazas en Porvenir de la Estancia II.

EVENTO	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO: MAGNITUD Y FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE AMENAZA
Desprendimientos de suelos sobre los planos de estratificación	Movilización potencial de rellenos antrópicos y suelos residuales, asociada con la pérdida de soporte y la generación de presiones de poros. La magnitud potencial del proceso está condicionada por la distribución y el espesor de estos materiales.	Amenaza por movimientos en masa de carácter superficial.

Fuente: Elaboración propia.

Los procesos potenciales de inestabilidad asociados con los rellenos antrópicos y los suelos residuales se encuentran condicionados principalmente por su distribución espacial, espesor, propiedades geomecánicas y relación con la geometría del terreno. De acuerdo con la cartografía geológica de detalle y los resultados de la exploración del subsuelo, el espesor de estos materiales no supera, en términos generales, los 3,0 m. En consecuencia, la extensión de las franjas de amenaza definidas se considera representativa del alcance potencial del proceso identificado.

La evaluación de la amenaza se realizó para los escenarios mínimos definidos en la Resolución 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER, condición normal de agua y sin sismo, y condición extrema de agua y con sismo durante un periodo de exposición de 50 años.

La categorización se efectuó mediante la comparación de los factores de seguridad obtenidos en los análisis de estabilidad con los rangos que se presentan en la siguiente Tabla 79.

Tabla 79. Categorización de la amenaza por Rangos de Factor de Seguridad (FS), para la condición normal y extrema.

Categoría de amenaza	Condiciones normales - FS	Condición extrema - FS
Baja	FS≥1.5	FS≥1.1
Media	1.10≤ FS < 1.50	1.0 ≤ FS < 1.1
Alta	FS < 1.10	FS < 1.00

Fuente: Resolución 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER.

Con base en estos criterios, a continuación, se presentan los análisis de estabilidad y la categorización de la amenaza correspondiente, tanto para la condición normal de agua y sin sismo como para la condición extrema de agua y con sismo.

3.4.3.1 Amenaza actual para condiciones normales

De conformidad con la Resolución 111 del 10 de mayo de 2022 del IDIGER, la estabilidad del terreno en el escenario actual se evaluó mediante métodos de equilibrio límite, con base en los mecanismos potenciales de falla definidos en el modelo geológico-geotécnico. La condición normal se analizó sin acción sísmica y considerando las condiciones hidrogeológicas habituales del terreno. No se incorporó un nivel freático superficial, debido a que la exploración del subsuelo no evidenció su presencia a profundidades con incidencia significativa sobre los mecanismos evaluados.

A continuación, se presenta de forma ilustrativa un ejemplo de los análisis efectuados bajo la condición normal de agua y sin sismo, las demás secciones de análisis se presentan en el Anexo E7- Amenaza.

De acuerdo con la cartografía de amenaza precedente, el área de estudio se encuentra clasificada predominantemente en categoría de amenaza media, con una franja específica previamente delimitada como amenaza alta, coincidente con el escarpe donde se están presentando los desprendimientos y caídas de suelo, relacionadas con el desconfinamiento y la pérdida de banca de la calle 63 S. En este contexto, los análisis de estabilidad desarrollados en el presente estudio se orientaron a revisar y actualizar, a una escala de mayor detalle, la localización y extensión de dicha franja de amenaza alta. La actualización se efectuó mediante la correlación entre la sección de análisis, el proceso de inestabilidad identificado durante el reconocimiento de campo y la superficie de falla obtenida en el modelo de equilibrio límite. Para la sección F–F' (ejemplo ilustrativo), la franja de amenaza alta en condiciones normales se delimitó en un ancho aproximado de 5 m, entre las progresivas 55 m y 60 m, tal como se muestra en la figura y en el recuadro resaltado en color rojo.

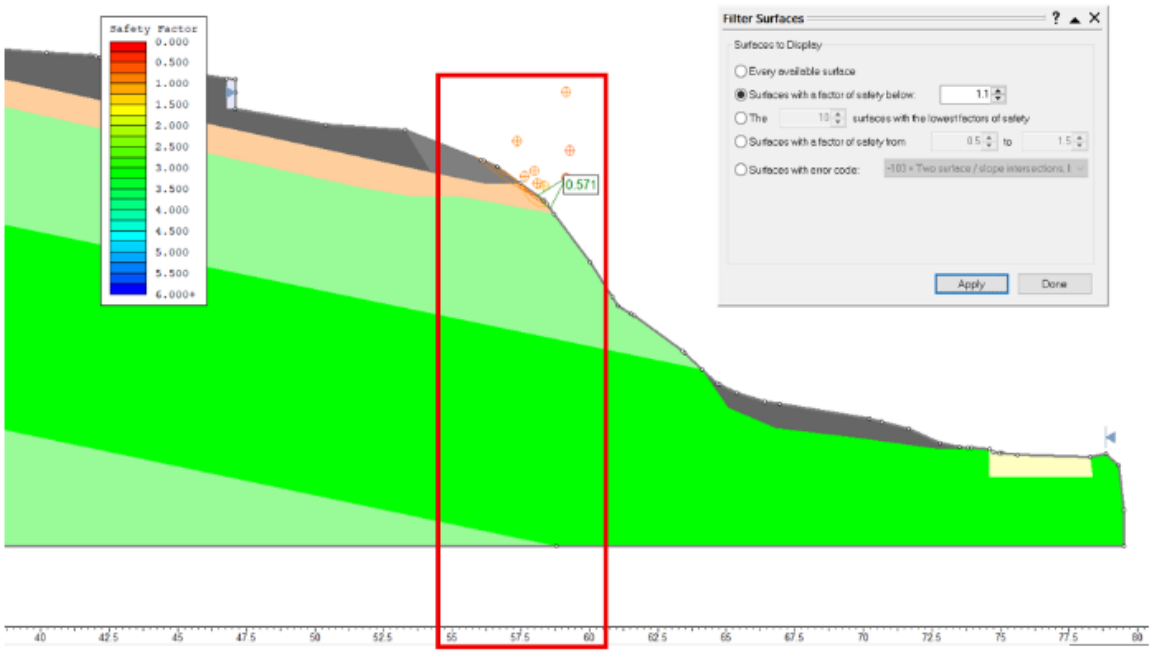


Figura 98. Análisis en condición estática – Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de seguridad obtenidos a lo largo de la sección se compararon con los rangos establecidos en la Resolución 111 de 2022 del IDIGER. Para la condición normal de agua y sin sismo, los sectores con FS < 1,10 se clasificaron en categoría de amenaza alta. La variación del factor de seguridad respecto de la progresiva permitió identificar los tramos críticos de la sección y sustentar la actualización de la franja de amenaza alta tal como se ilustra en la siguiente figura.

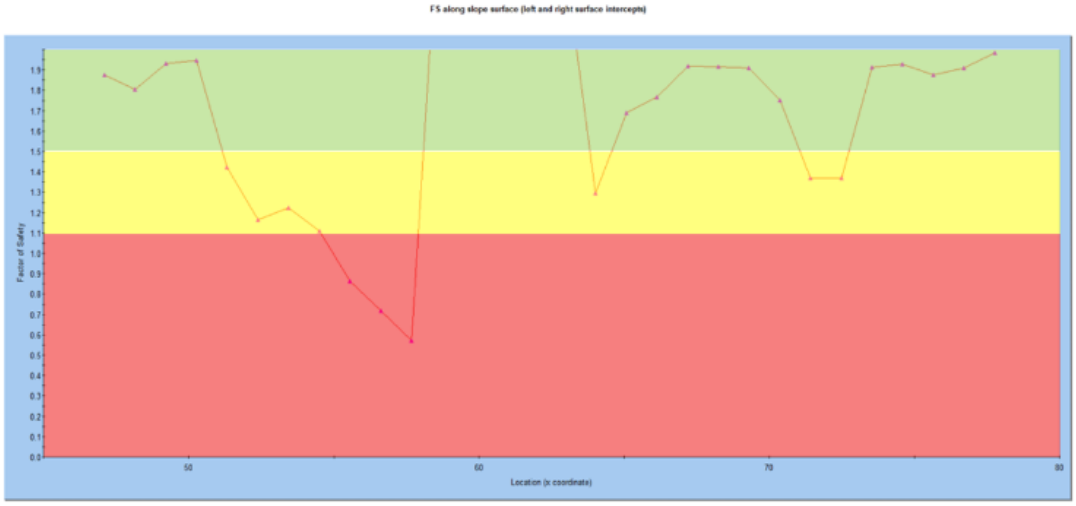


Figura 99. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición estática - Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos, en la siguiente tablaTabla 81 se resumen las progresivas y los anchos estimados de las franjas de amenaza alta para las condiciones normal y extrema en las secciones analizadas.

Tabla 80. Anchos de franjas de amenaza alta para las condiciones normales.

Sección	Condiciones normales (Actual)		
	Progresiva inicial	Progresiva final	Ancho estimado
A-A'	50 m	57 m	7 m
B-B'	37 m	52 m	15 m
C-C'	40 m	51 m	11 m
F-F'	55 m	60 m	5 m

Fuente: Elaboración propia.

La zonificación se definió mediante la integración de los factores de seguridad obtenidos en los análisis de equilibrio límite, su variación a lo largo de las secciones, utilizada para delimitar franjas de comportamiento geotécnico homogéneo y el inventario de procesos morfodinámicos, así como la evidencia geológica, geomorfológica y geotécnica recopilada durante el reconocimiento de campo.

Estos criterios se correlacionaron espacialmente sobre la cartografía de detalle del área de estudio, de manera que las franjas delimitadas en el plano de zonificación mantienen correspondencia con los mecanismos de falla identificados y con los tramos críticos definidos en cada sección. Las áreas restantes, en las que no se identificaron procesos activos y los factores de seguridad resultaron superiores a los umbrales de amenaza alta, se clasificaron en categoría de amenaza media, manteniendo concordancia con el mapa oficial "Amenaza por movimientos en masa urbano" del portal Mapas Bogotá.



Figura 100. Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por movimientos en masa- condición actual. Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.2 Amenaza actual para condiciones extremas

De acuerdo con la Resolución 111 de 2022 del IDIGER, la estabilidad del terreno se evaluó bajo condición extrema, considerando de manera simultánea las condiciones hidrogeológicas desfavorables y la acción sísmica de diseño.

Las condiciones extremas de agua corresponden al escenario más desfavorable razonablemente esperado durante el período de exposición de 50 años, conforme con el modelo geológico-geotécnico. Asimismo, la acción sísmica se incorporó mediante un análisis pseudoestático, con base en los parámetros definidos en la “Evaluación de la amenaza sísmica” para los análisis de estabilidad. La combinación de estos factores incrementa las fuerzas desestabilizadoras y reduce la resistencia efectiva al corte de los materiales, configurando la condición crítica para la evaluación de la amenaza.

A continuación, se presenta de forma ilustrativa un ejemplo de los análisis efectuados bajo la condición extrema de agua y con sismo, las demás secciones de análisis se presentan en el Anexo E7- Amenaza. Para la sección F–F’ (ejemplo ilustrativo), la franja de amenaza alta se delimitó en un ancho aproximado de 15 m para la condición de condiciones extremas, entre las progresivas 45 m y 60 m, tal como se muestra en la figura y en el recuadro resaltado en color rojo.

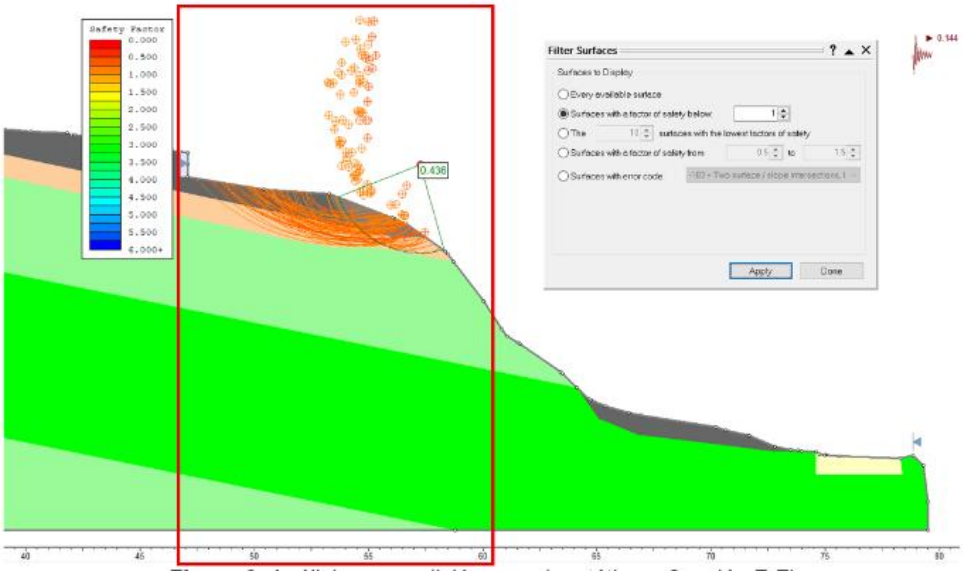


Figura 101. Análisis en condición pseudoestática – Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de seguridad obtenidos a lo largo de la sección se compararon con los rangos establecidos en la Resolución 111 de 2022 del IDIGER. Para la condición normal de agua y sin sismo, los sectores con FS < 1 se clasificaron en categoría de amenaza alta. La variación del factor de seguridad respecto de la progresiva permitió identificar los tramos críticos de la sección y sustentar la actualización de la franja de amenaza alta tal como se ilustra en la Figura 102.

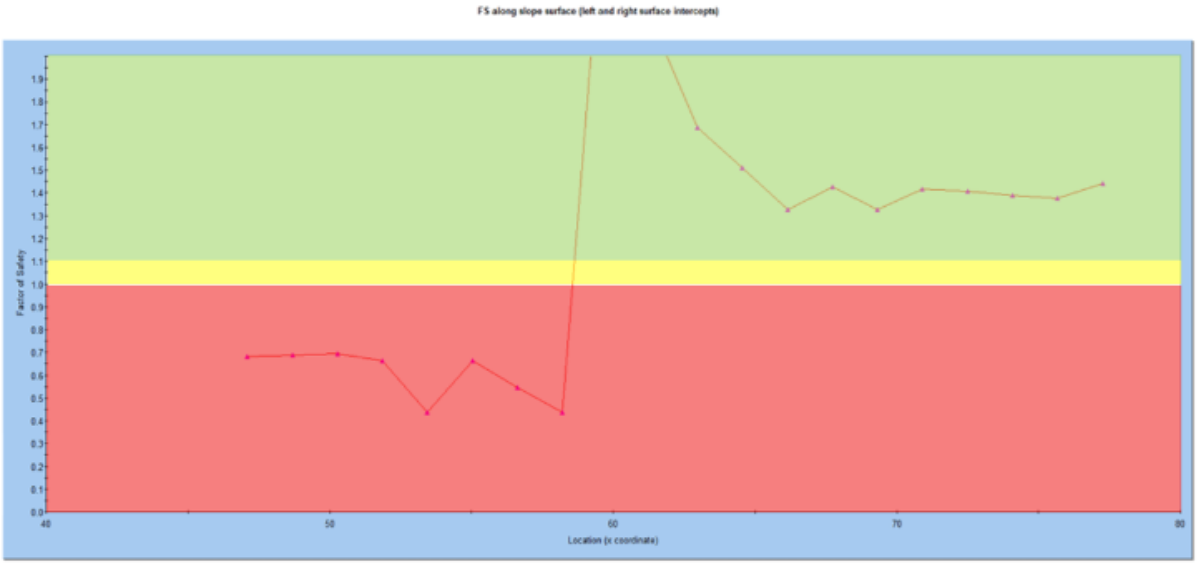


Figura 102. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición pseudoestática- Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos, en la **Tabla 81** se resumen las progresivas y los anchos estimados de las franjas de amenaza alta para las condiciones normal y extrema en las secciones analizadas.

Tabla 81. Anchos de franjas de amenaza alta para las condiciones pseudoestática.

Sección	Condiciones pseudoestática		
	Progresiva inicial	Progresiva final	Ancho estimado
A-A’	43 m	70 m	27 m
B-B’	35 m	57 m	22 m
C-C’	40 m	52 m	12 m
F-F’	46 m	60 m	14 m

Fuente: Elaboración propia.

La zonificación se definió mediante la integración de los factores de seguridad obtenidos en los análisis de equilibrio límite, su variación a lo largo de las secciones, utilizada para delimitar franjas de comportamiento geotécnico homogéneo y el inventario de procesos morfodinámicos, así como la evidencia geológica, geomorfológica y geotécnica recopilada durante el reconocimiento de campo.

Estos criterios se correlacionaron espacialmente sobre la cartografía de detalle del área de estudio, de manera que las franjas delimitadas en el plano de zonificación mantienen correspondencia con los mecanismos de falla identificados y con los tramos críticos definidos en cada sección. Las áreas restantes, en las que no se identificaron procesos activos y los factores de seguridad resultaron superiores a los umbrales de amenaza alta, se clasificaron en categoría de amenaza media, manteniendo concordancia con el mapa oficial “Amenaza por movimientos en masa urbano” del portal Mapas Bogotá.

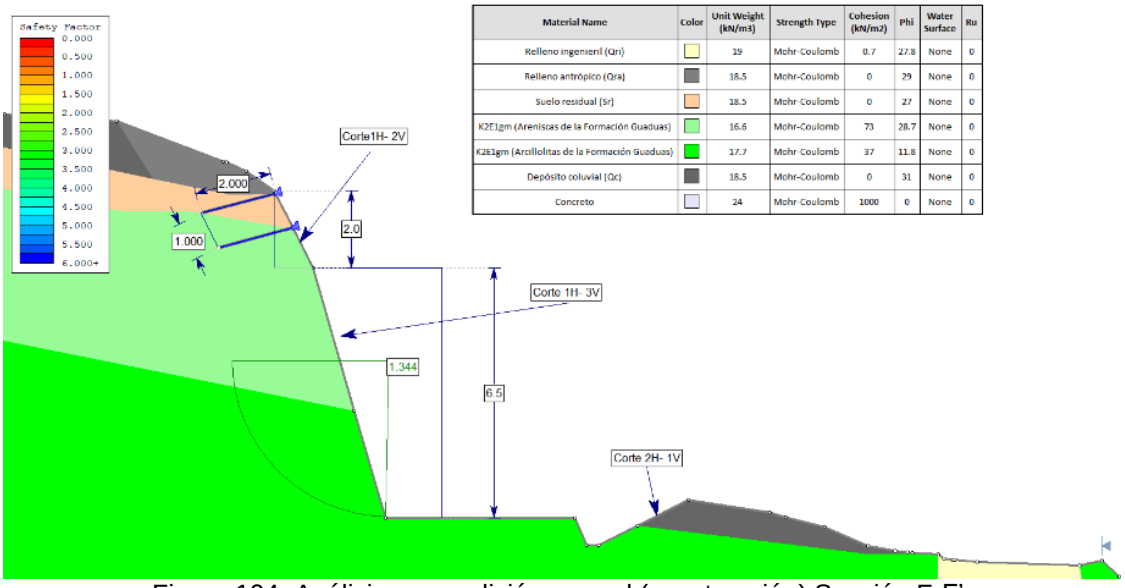


Figura 103. Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por movimientos en masa- condición actual.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.3 Amenaza condiciones normales con obra

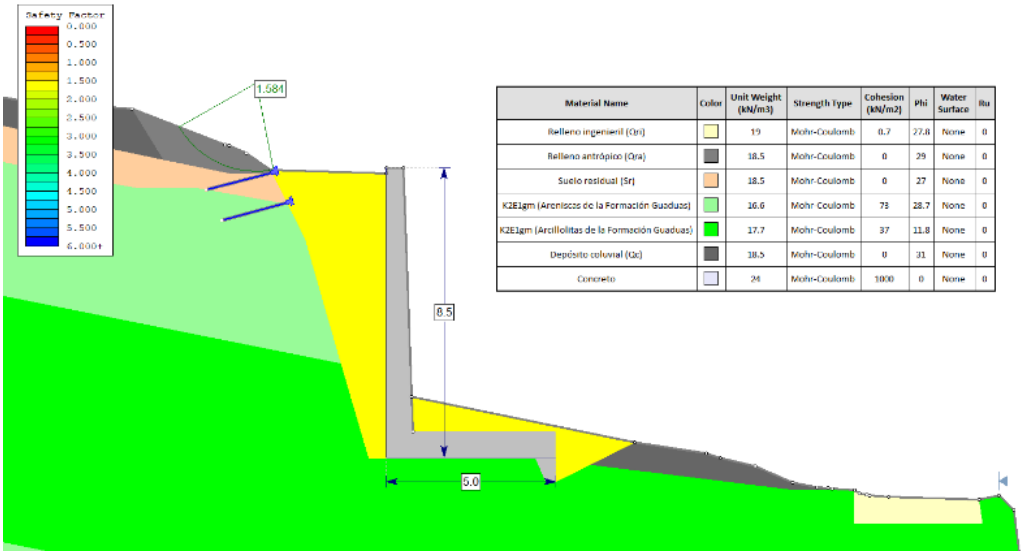
Para la evaluación de la amenaza en el escenario de condiciones normales con obra se desarrollaron modelos bidimensionales de estabilidad sobre las secciones representativas del área de estudio,

incorporando la geometría, las cargas y los elementos estructurales correspondientes a las obras proyectadas. La evaluación se realizó para una condición normal de agua y sin sismo, con base en estos criterios, a continuación, se presentan los análisis de estabilidad y la categorización de la amenaza para el escenario con obra.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Relleno ingenieril (Qri)		19	Mohr-Coulomb	0.7	27.8	None	0
Relleno antrópico (Qra)		18.5	Mohr-Coulomb	0	29	None	0
Suelo residual (Sr)		18.5	Mohr-Coulomb	0	27	None	0
K2E1gm (Areniscas de la Formación Guaduas)		16.6	Mohr-Coulomb	73	28.7	None	0
K2E1gm (Arcillolitas de la Formación Guaduas)		17.7	Mohr-Coulomb	37	11.8	None	0
Depósito coluvial (Qc)		18.5	Mohr-Coulomb	0	31	None	0
Concreto		24	Mohr-Coulomb	1000	0	None	0

Figura 104. Análisis en condición normal (construcción) Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Relleno ingenieril (Qri)		19	Mohr-Coulomb	0.7	27.8	None	0
Relleno antrópico (Qra)		18.5	Mohr-Coulomb	0	29	None	0
Suelo residual (Sr)		18.5	Mohr-Coulomb	0	27	None	0
K2E1gm (Areniscas de la Formación Guaduas)		16.6	Mohr-Coulomb	73	28.7	None	0
K2E1gm (Arcillolitas de la Formación Guaduas)		17.7	Mohr-Coulomb	37	11.8	None	0
Depósito coluvial (Qc)		18.5	Mohr-Coulomb	0	31	None	0
Concreto		24	Mohr-Coulomb	1000	0	None	0

Figura 105. Análisis en condición normal (obra definitiva) Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de seguridad obtenidos a lo largo de la sección se compararon con los rangos establecidos en la Resolución 111 de 2022. Para la condición normal de agua y sin sismo, los sectores con FS ≥ 1,50 se clasifican en categoría de amenaza baja. La condición hidrogeológica del modelo consideró el efecto de las obras de drenaje proyectadas. No obstante, esta condición no debe denominarse "sin agua", sino condición normal de agua, dado que representa el comportamiento hidrogeológico esperado una vez implementadas las medidas de manejo y control.

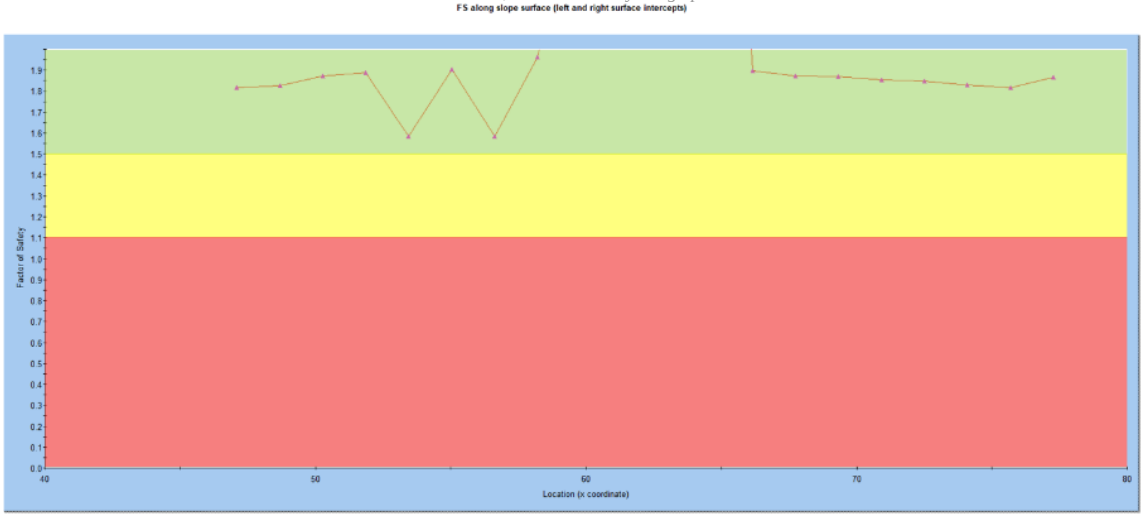


Figura 106. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición estática (Obra) - Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.4 Amenaza condiciones extremas con obra

Para la condición extrema se incorporaron simultáneamente las condiciones hidrogeológicas desfavorables y la acción sísmica de diseño, manteniendo en el modelo la geometría y los elementos estructurales de la obra proyectada. En la sección F-F', la implementación de la obra genera un incremento de los factores de seguridad y permite alcanzar una categoría de amenaza baja para la condición extrema con sismo.

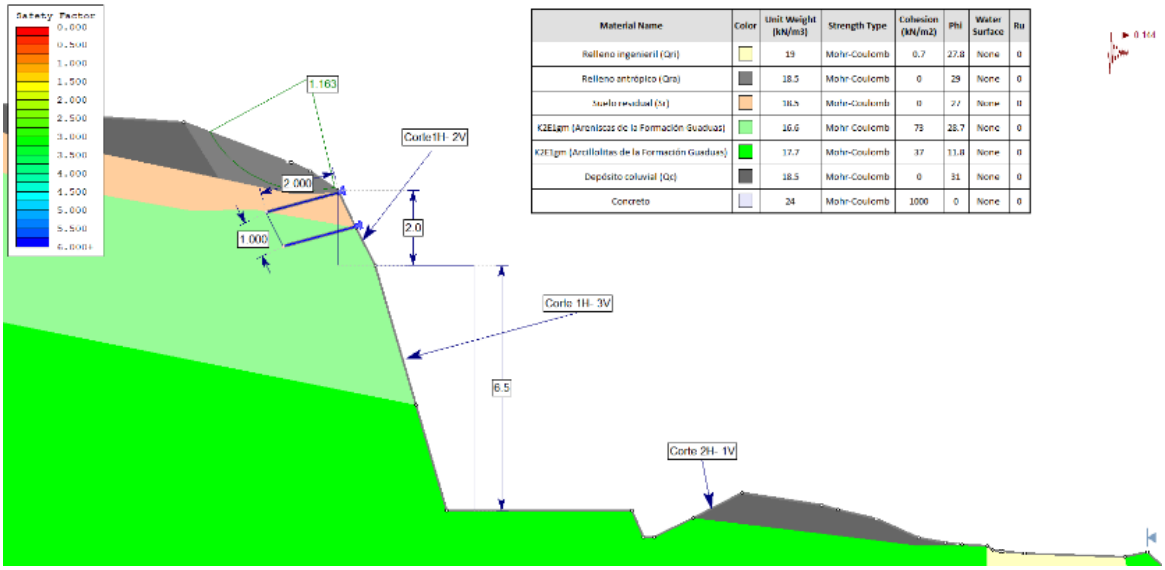


Figura 107. Análisis en condición extrema (construcción) Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

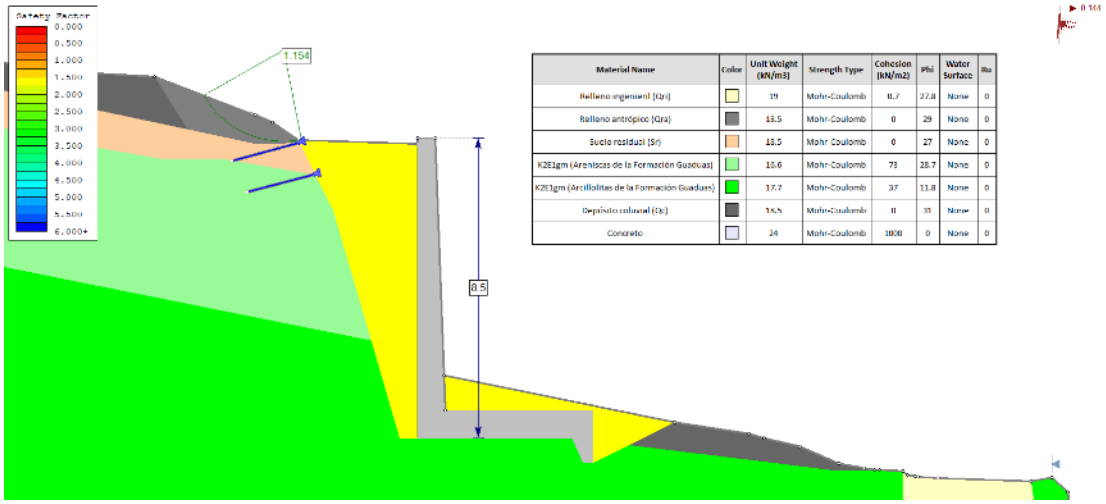


Figura 108. Análisis en condición extrema (Obra) - Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de seguridad obtenidos se compararon con los umbrales establecidos en la Resolución 111 de 2022. Para la condición extrema de agua y con sismo, los sectores con FS ≥ 1,10 se clasifican en categoría de amenaza baja.

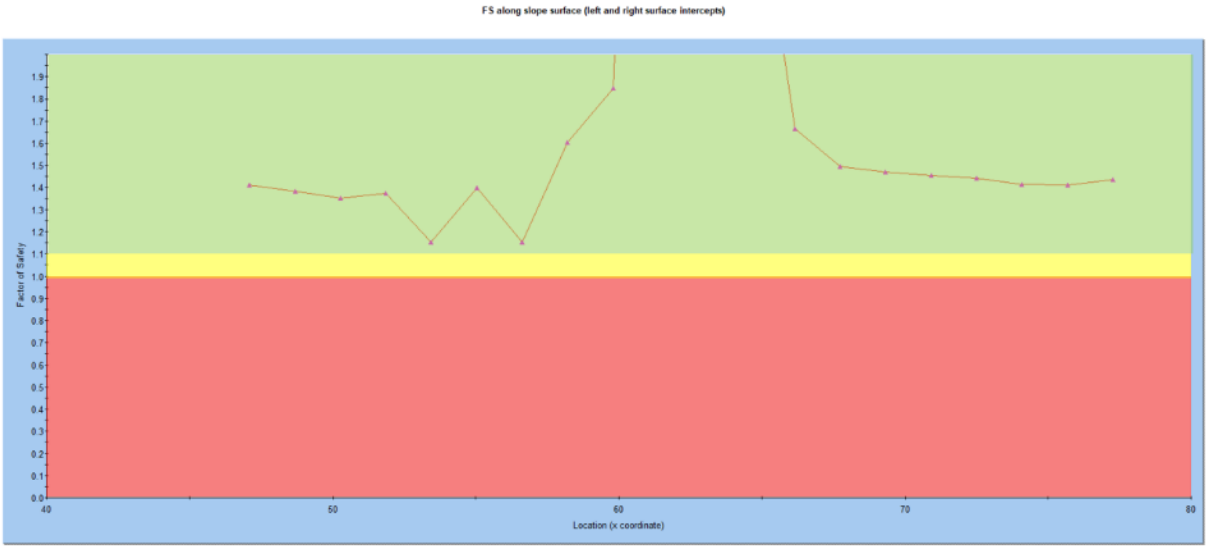


Figura 109. Factores de seguridad vs progresiva talud - condición pseudoestática (Obra)- Sección F-F'.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 CATEGORIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA CON OBRA

La categorización de la amenaza para el escenario con obra se definió mediante la integración de los factores de seguridad obtenidos en las condiciones normal y extrema, la geometría definitiva del proyecto y el efecto de las obras de estabilización y drenaje previstas.

De acuerdo con los resultados de los modelos, la implementación de las obras permite alcanzar factores de seguridad compatibles con una categoría de amenaza baja en las secciones analizadas, tanto para la condición normal como para la condición extrema.

La zonificación resultante para el escenario con obra se presenta en la figura siguiente.



Figura 110. Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por movimientos en masa- condición con obras.
Fuente: Elaboración propia

3.5 ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR MOVIMIENTOS EN MASA.

El alcance del desarrollo de este tema se expone en el numeral 6.8 del Anexo Técnico contractual y consiste en realizar la evaluación y zonificación de la vulnerabilidad física asociada a los movimientos en masa del terreno y de las condiciones estructurales de las viviendas. Igualmente determinar el nivel de riesgo por inestabilidad del terreno en el corto plazo (1 año) y largo plazo (50 años) a escala 1:500 para las viviendas y la infraestructura de servicios incluida dentro del área de estudio general y detallado respectivamente.

- Determinar el grado de exposición de los elementos a los distintos movimientos en masa identificados.
- Analizar la capacidad de respuesta de los elementos a partir de las características físicas y/o estructurales frente a las diferentes solicitaciones que impondrían los movimientos de inestabilidad identificados.
- Incluir si algún residente ha sido beneficiario de algún subsidio de mejoramiento de vivienda.

Se debe por lo menos presentar una escala cualitativa de vulnerabilidad, así: alta, media y baja, incluyendo los criterios adoptados para determinar dicha escala y debe reflejarse en el plano de la zonificación de la vulnerabilidad a escala 1:1000 o menor

Como conclusiones al análisis de la vulnerabilidad se debe establecer la pertinencia o no de obras de reducción de riesgos por movimientos en masa, y el tipo y propósito de las medidas que permitan la reducción de la vulnerabilidad de la zona.

Para adelantar el análisis de la vulnerabilidad se adopta lo establecido en la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano en el año 2015 (Guía SGC). En primera instancia la Guía SGC enuncia las etapas generales que se deben seguir para la evaluación de la vulnerabilidad conforme lo establece el Decreto 1807 de 2014, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, compilado en el Decreto Único Reglamentario 1077 de 2015. y que a saber son:

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

El desarrollo del análisis de vulnerabilidad se adelanta acorde lo expuesto metodológicamente por la Guía SGC que además contiene lo mínimo exigido en el anexo técnico contractual.
Para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones y las redes de servicios se consideran tres escenarios que a saber son:

- Condición actual de amenaza, escenario pseudoestático.
- Condición futura de amenaza.
- Con acciones de reducción del riesgo.

3.5.1 GENERALIDADES DE LOS SECTORES OBJETO DE ESTUDIO - CONTEXTO SOCIAL Y FÍSICO

Rincón de Galicia y Perdomo Alto son dos barrios de la Localidad 19 Ciudad Bolívar (sur de Bogotá), pertenecientes a la UPZ 69 Ismael Perdomo. Comparten el código postal 111921 y se ubican en una zona de ladera/pendiente, en el sector asociado a barrios como La Estancia y otros cercanos a los ejes viales como la Autopista Sur y la Avenida Ciudad de Villavicencio.

3.5.1.1 Características Físicas e Infraestructura - BARRIO PERDOMO ALTO

Topografía y gestión del riesgo: Se ubica en una ladera montañosa con pendientes pronunciadas en la franja alta de la UPZ. De acuerdo con el IDIGER, se encuentra categorizado en zonas de monitoreo por riesgo potencial de remoción en masa e inundaciones por escorrentía. En este sector, la Alcaldía Local y la Unidad de Mantenimiento Vial (UMV) han priorizado e intervenido muros de contención, estabilización de taludes y obras de mitigación para la gestión del riesgo.

Estratificación y tipología habitacional: Corresponde principalmente a los estratos 1 y 2. Su desarrollo urbano combina esquemas de autoconstrucción progresiva (viviendas de 2 a 4 pisos) en mampostería con confinamiento deficiente, con procesos de consolidación y legalización urbanística adelantados por la SDP.

Malla vial y movilidad: Presenta vías en pendiente con progresivas intervenciones de pavimentación y adoquinado ejecutadas mediante programas locales (por ejemplo, tramos de la Carrera 73J entre Calles 63 y 68A Sur). Conecta con la red de transporte distrital mediante rutas zonales del SITP y rutas alimentadoras que enlazan con la Estación y el Portal Sur de TransMilenio.

Servicios públicos y equipamientos: Cuenta con cobertura de acueducto y alcantarillado (EAAB), energía eléctrica (Enel Colombia), gas natural (Vanti) y recolección de aseo urbano (UAESP). Para la recreación y el deporte, se apoya en parques de bolsillo e instalaciones comunitarias del entorno del Perdomo.

3.5.1.2 Características sociales - Barrio Perdomo Alto

Perfil demográfico y socioeconómico: Presenta una población con predominio de familias en estratos bajos, con una notable representación de niños, jóvenes y personas de la tercera edad. La Población Económicamente Activa (PEA) se vincula mayoritariamente a empleos informales, independientes, labores del sector servicios, construcción y comercio de escala barrial.

Organización comunitaria: Posee una Junta de Acción Comunal (JAC) reconocida e inscrita ante el IDPAC y la Secretaría Distrital de Gobierno. La comunidad participa activamente en las rondas de Presupuestos Participativos de la Alcaldía Local para la asignación de recursos en malla vial, espacio público y desarrollo social.

Seguridad y convivencia: Registra retos en convivencia, microtráfico y delitos de oportunidad, monitoreados por la Policía Metropolitana de Bogotá y la Secretaría Distrital de Gobierno a través de los frentes de seguridad local.

3.5.1.3 Características Físicas e Infraestructura - Barrio Rincón de Galicia

Topografía y localización: Se ubica en una franja topográfica semiplana y de ladera baja, sirviendo de zona de transición entre el sector de Galicia y la franja llana de La Estancia y Tres Reyes. Al estar alejado de las pendientes más crónicas de la montaña, presenta menores índices de vulnerabilidad geotécnica por deslizamiento en comparación con los barrios de ladera alta.

Estratificación y vivienda: Clasificado predominantemente en estrato 2 (con sectores de estrato 1). Su morfología urbana está conformada en su mayoría por viviendas unifamiliares y multifamiliares consolidadas y estructuradas sobre un trazado urbano en cuadrícula regular. Con características similares al barrio Perdomo Alto.
Malla vial y movilidad: Posee una malla vial local pavimentada que facilita la circulación interna y el empalme con corredores colectores (Diagonal 62H Bis Sur, Transversal 73B y Calle 62 Sur). Su accesibilidad es directa a rutas zonales del SITP (como H601, H602, H617, H620 y A617) y conexiones hacia la Transversal 73 y la Autopista Sur.

Servicios públicos y equipamientos: Dispone de cobertura plena en redes domiciliarias de acueducto, alcantarillado, gas y energía eléctrica. Cuenta con infraestructura social propia, destacándose el Salón Comunal Rincón de Galicia (ubicado en la Calle 62I Sur con Carrera 75), espacio administrado por la comunidad para actividades institucionales, culturales y de participación ciudadana.

3.5.1.4 Características sociales - Barrio Rincón de Galicia

Perfil demográfico y socioeconómico: Habitado predominantemente por sectores de ingresos medios-bajos e ingresos bajos. La vinculación laboral formal en este sector es ligeramente superior al promedio general de Ciudad Bolívar gracias a su proximidad con la zona industrial y comercial de la Autopista Sur y la UPZ Ismael Perdomo.

Organización comunitaria: Cuenta con una Junta de Acción Comunal (JAC) con personería jurídica activa. Es un territorio con dinámicas comunitarias consolidadas, articulación frecuente con la Alcaldía Local y participación en programas institucionales de la Subred Sur para promoción de la salud y prevención de la enfermedad.

Convivencia y entorno urbano: El barrio mantiene retos en el uso adecuado del espacio público, manejo de residuos sólidos en esquinas y patrullaje preventivo de seguridad, los cuales son atendidos mediante jornadas interinstitucionales de recuperación ambiental organizadas por la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar y la UAESP.

3.5.1.5 Estructura Poblacional por Edad y Género

Composición por sexo: Muestra una distribución similar al promedio de la localidad, donde entre el 50,4% y 51,2% de la población son mujeres y el 48,8% al 49,6% son hombres.

Distribución etaria: Destaca una pirámide poblacional joven en comparación con el promedio de Bogotá:

- Primera infancia e infancia (0 a 11 años): Representa aproximadamente el 20% al 22% de la población
- Juventud (12 a 28 años): Concentra cerca del 25% al 28% de los habitantes.
- Adultez (29 a 59 años): Constituye el grupo más numeroso, abarcando alrededor del 40% al 44%.
- Persona mayor (60 años o más): Representa entre el 9% y el 11%, con una tendencia al envejecimiento progresivo en barrios consolidados como Rincón de Galicia en comparación con sectores de más reciente expansión como Perdomo Alto.

3.5.1.6 Tipología y Conformación de los Hogares

Tamaño promedio del hogar: En la UPZ Ismael Perdomo, el tamaño de hogar oscila entre 3,4 y 3,8 personas, superior a la media de la ciudad de Bogotá (alrededor de 3,0 personas por hogar).

Estructura familiar:

- Hogares nucleares: Representan aproximadamente el 65% al 67% (parejas con o sin hijos).
- Hogares extensos: Constituyen el 19% al 20%, caracterizados por la convivencia de múltiples generaciones bajo un mismo techo para optimizar ingresos.

Jefatura de hogar: Cercano al 40% de los hogares cuentan con jefatura femenina, un indicador relevante en sectores de mayor vulnerabilidad socioeconómica.

3.5.1.7 Educación y Capital Humano

Nivel educativo alcanzado:

- Básica secundaria y media: Es el nivel predominante de la Población Económicamente Activa (PEA), con un 38% a 48% de los residentes que han culminado o cursado estudios secundarios.
- Básica primaria: Representa entre el 28% y el 35%.
- Educación superior o técnica: Entre el 12% y el 18% de los habitantes accede a formación técnica, tecnológica o profesional, registrándose un índice ligeramente más elevado en Rincón de Galicia debido a su consolidación urbana y proximidad a vías de transporte.
- Alfabetismo: La tasa de alfabetismo en la población mayor de 15 años supera el 95%, aunque se observan brechas en adultos mayores.

3.5.1.8 Inclusión, Diversidad y Enfoque

Diferencial

- **Población víctima del conflicto y desplazamiento**: La UPZ Ismael Perdomo es una de las principales receptoras de población desplazada e intracoronaria dentro de la localidad, concentrándose mayoritariamente en sectores de ladera como Perdomo Alto.

- **Pertenencia étnica:** En la zona habita población que se autorreconoce como afrodescendiente (negra, mulata o palenquera), representando cerca del 1% al 2% del total local, además de núcleos familiares pertenecientes a comunidades indígenas desplazadas o reubicadas.

Afiliación al Sistema de Salud: En Perdomo Alto predomina la afiliación al Régimen Subsidiado debido a los índices de clasificación SISBÉN en categorías A y B.

En Rincón de Galicia existe un equilibrio mayor entre el Régimen Contributivo y el Subsidiado, favorecido por la vinculación laboral en sectores formales e industriales cercanos a la Autopista Sur.

3.5.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Desde el punto de vista morfodinámico, el sector se ve afectado principalmente por procesos de inestabilidad asociados a un talud generado por excavaciones antiguas para extracción de materiales. Estos procesos se manifiestan como agrietamientos y hundimientos en el pavimento de la Calle 63S, que limitan con el talud por su lado norte. El desprendimiento del terreno ha deteriorado la función vial de dicha calle y ha impactado también viviendas aledañas, a pesar de intervenciones previas como reparcheos y muros de protección (muros construidos por las comunidades aledañas).

Adicionalmente, se identifican otros procesos activos: caídas de detritos (incluyendo escombros y basuras) en puntos del talud contiguo a la Calle 63 Sur, que dejan expuesta la tubería de alcantarillado y amenazan el muro de protección, así como las viviendas situadas en la parte inferior o contiguas a la Calle 62K Sur. Asimismo, se registran afectaciones en el borde oriental del andén de la Carrera 75G, en la esquina con la Calle 62 K sur, lo que confirma un escenario de inestabilidad generalizada vinculada a depósitos antrópicos y a la falta de estabilización del talud.

Frente al proceso descrito con anterioridad, hay elementos expuestos, lo cual se confirma con los modelos de inestabilidad presentados en el capítulo de amenaza por movimientos en masa, entre estos elementos tenemos:

- **Viviendas:** Corresponde a edificaciones de 1 a 4 pisos, en sistema resistente de muros cargueros en mampostería con confinamiento deficiente, ubicadas en la corona o pata del escarpe objeto de estudio. Ver la siguiente figura:

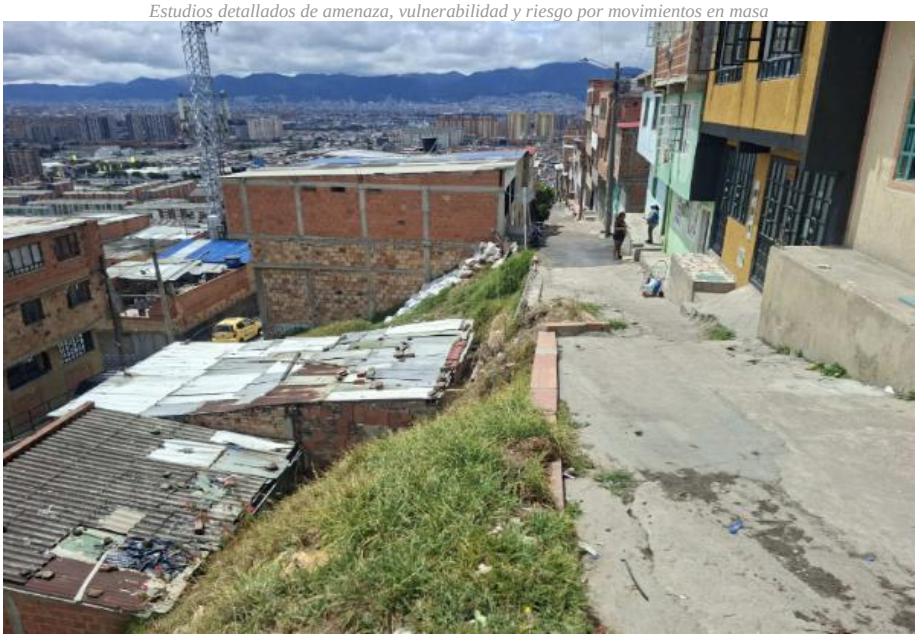


Figura 111. Predios objeto de análisis de Vulnerabilidad

- **Vías:** Dentro del área de estudio se encuentra la Calle 63 Sur (ver siguiente figura), la cual ha sido afectada por el proceso de movimiento en masa analizado. Como consecuencia, ha perdido la banca hacia el extremo de la Carrera 75G, quedando únicamente un paso peatonal restringido que representa un riesgo y limita la accesibilidad de los residentes. Actualmente, esta vía se encuentra principalmente en afirmado o con materiales reciclados empleados para mejorar la rasante, y dispone de un solo carril en el que no existe espacio suficiente para el tránsito de vehículos, menor a 3 metros. Asimismo, en el sector se identifican otras vías, como la Calle 62 K Sur y Carrera 75G, ambas en pavimento hidráulico, con dos carriles, que permiten el tránsito en ambas direcciones.



Figura 112. Pérdida de banca hacia el extremo de la Carrera 75 G.

- Redes de servicios públicos

  Dentro del área de estudio se identificaron redes de servicios públicos conforme la visita de campo e información secundaria suministrada por las entidades, a saber: Red de Alcantarillado Pluvial y Red Sanitaria (Solo se identifica red Sanitaria), y no se identifican los pozos sobre la Calle 63 Sur; red Eléctrica, Red de Gas y red de Telecomunicaciones.

3.5.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

A continuación, nos permitimos presentar la Caracterización de los Elementos Expuestos:

Predio 1

NO_REG: 1 | Dirección: CL 62K SUR 75F 21 | Código Lote: 0024241414
CHIP: AAA0147LWAW
Tipo: Público de cesión (RUPI 2953-18)
Estrato: 1
Construcción: Lote
Áreas: Lote 72 m² · Construida 0 m²
Tipología: G (lote)

Predio 2

NO_REG: 2 | Dirección: CL 62K SUR 75F 15 | Código Lote: 0024241413
CHIP: AAA0147LUZE
Tipo: Público de cesión (RUPI 2953-18)
Reasentamiento: Sin proceso
Estrato: 1
Construcción: 80 % construido – 2 niveles
Áreas: Lote 72 m² · Construida 166 m²
Uso: Bodega
Ocupación: No ocupada
Edad construcción: 26 años
Servicios: Todos presentes
Tipología: D

Predio 3

NO_REG: 3 | Dirección: CL 62K SUR 75F 09 | Código Lote: 0024241412
CHIP: AAA0147LUYN
Tipo: Particular
Reasentamiento: 2011-19-12522 EN PROCESO CVP
Estrato: 1 · Tenencia: Propietario· Edad 26
Construcción: 1 – 100 % – 3 niveles
Áreas: 72 m² / 216 m²
Uso: Residencial · Ocupado · 2 apartamentos · 1 familia · 4 residentes
Servicios: Todos presentes
Ingresos: 1 SMMLV · Enseres $10.000.000 · Inmueble $200.000.000 · Peligro MM: SI
Tipología D

Predio 4

NO_REG: 4 | Dirección: CL 62K SUR 75F 03 | Código Lote: 0024241411
CHIP: AAA0147LUXS
Tipo: Particular
Reasentamiento: 2011-19-12523 TERMINADO CVP
Construcción: Lote (2) – 0 % – 0 niveles · Área lote 72 m² · Construida 0 m²
Uso: Lote · No ocupado
Servicios: Todos presentes

Tipología G (lote)

Predio 5

NO_REG: 5 | Dirección: CL 62K SUR 75D 27 | Código Lote: 0024241410
CHIP: AAA0147LUWW
Tipo: Público de cesión (RUPI 2953-20)
Reasentamiento: Sin proceso
Construcción: Lote – 0 % · 72 m² / 0 m²
Uso: Lote · No ocupado
Servicios: Todos presentes
Tipología G

Predio 6

NO_REG: 6 | Dirección: CL 62K SUR 75D 21 | Código Lote: 0024241409
CHIP: AAA0147LUUH
Tipo: Particular · Sin proceso de reasentamiento
Construcción: Lote – 0 % · 72 m² / 0 m²
Uso: Lote · No ocupado
Tipología G

Predio 7

NO_REG: 7 | Dirección: CL 62K SUR 75D 15 | Código Lote: 0024241408
CHIP: AAA0147LUTD
Tipo: Particular
Reasentamiento: 2011-19-12524 EN PROCESO CVP
Construcción: 1 – 100 % – 1 nivel · 72 m² / 37 m²
Uso: Residencial · No ocupado · 1 apartamento
Edad 26 años
Servicios: Todos presentes
Tipología C

Predio 8

NO_REG: 8 | Dirección: CL 62K SUR 75D 09 | Código Lote: 0024241407
CHIP: AAA0147LUSY
Tipo: Particular · Sin proceso
Tenencia: Propietario
Construcción: 1 – 100 % – 1 nivel · 72 m² / 64 m²
Uso: Residencial · Ocupado · 1 apto · 1 familia · 3 residentes
Edad 30 años
Servicios: Todos presentes
Ingresos 2 SMMLV · Enseres $50.000.000 · Inmueble $150.000.000 · Peligro MM: NO
Tipología D

Predio 9

NO_REG: 9 | Dirección: CL 62K SUR 75D 03 | Código Lote: 0024241406
CHIP: AAA0147LURJ
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: Lote – 0 % · 72 m² / 0 m²
Uso: Lote · No ocupado
Tipología G

Predio 10

NO_REG: 10 | Dirección: CL 62K SUR 75B 27/29 | Código Lote: 0024241405
CHIP: AAA0147LUPA
Tipo: Particular · Sin proceso

Construcción: 1 – 100 % – 3 niveles · 72 m² / 216 m²
Uso: Residencial y Bodega · Ocupado
Edad 10 años
Tipología C

Predio 11

NO_REG: 11 | Dirección: CL 62K SUR 75B 21 | Código Lote: 0024241404
CHIP: AAA0147LUOM
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: 1 – 100 % – 4 niveles · 72 m² / 288 m²
Uso: Residencial · Ocupado
Edad 30 años
Tipología D

Predio 12

NO_REG: 12 | Dirección: CL 62K SUR 75B 15 LC 2 | Código Lote: 0024241403
CHIP: AAA0298ULNN
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: 1 – 100 % – 4 niveles · 72 m² / 288 m²
Uso: Residencial y Comercial · Ocupado
Edad 10 años
Tipología D

Predio 13

NO_REG: 13 | Dirección: CL 62K SUR 75B 09 | Código Lote: 0024241402
CHIP: AAA0147LUMR
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: 1 – 100 % – 3 niveles · 72 m² / 216 m²
Uso: Residencial · Ocupado
Edad 15 años
Tipología D

Predio 14

NO_REG: 14 | Dirección: CL 62K SUR 75B 03 | Código Lote: 0024241401
CHIP: AAA0147LULF
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: 1 – 100 % – 1 nivel · 72 m² / 40 m²
Uso: Residencial · Ocupado
Edad 30 años
Tipología D

Predio 15

NO_REG: 15 | Dirección: KR 75D 63 05/07 SUR | Código Lote: 0024480609
CHIP: AAA0245FEFT / AAA0147NCSY
Tipo: Particular · Sin proceso
Tenencia: Arriendo
Construcción: 1 – 100 % – 2 niveles · 72 m² / 144 m²
Uso: Residencial · Ocupado · 1 apto · 1 familia · 3 residentes
Edad 25 años
Ingresos 1 SMMLV · Enseres $20.000.000 · Inmueble $250.000.000 · Peligro MM: SI
Tipología D

Predio 16

NO_REG: 16 | Dirección: CL 63 SUR 75D 11/13 | Código Lote: 0024480613
CHIP: AAA0171LFHK

Tipo: Particular · Sin proceso
Tenencia: Propietario
Edad 8 años
Construcción: 1 – 100 % – 3 niveles · 36 m² / 110 m²
Uso: Residencial · Ocupado · 3 aptos · 1 familia · 5 residentes
Ingresos 1 SMMLV · Enseres $10.000.000 · Inmueble $200.000.000 · Peligro MM: NO
Tipología D

Predio 17

NO_REG: 17 | Dirección: CL 63 SUR 75D 17 | Código Lote: 0024480607
CHIP: AAA0147NCUH
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: 1 – 100 % – 3 niveles · 72 m² / 216 m²
Uso: Residencial · Ocupado
Edad 10 años
Tipología D

Predio 18

NO_REG: 18 | Dirección: CL 63 SUR 75D 23 | Código Lote: 0024480606
CHIP: AAA0147NCWW
Tipo: Particular · Sin proceso
Construcción: 1 – 100 % – 4 niveles · 72 m² / 239 m²
Uso: Residencial · Ocupado
Edad 10 años
Tipología C

Predio 19

NO_REG: 19 | Dirección: KR 75F 63 07 SUR | Código Lote: 0024480507
CHIP: AAA0147NCKC
Tipo: Particular · Sin proceso
Tenencia: 1
Construcción: 1 – 100 % – 2 niveles · 72 m² / 110 m²
Uso: Residencial · Ocupado · 2 aptos · 1 familia · 3 residentes · Edad 26 años
Ingresos 1 SMMLV · Enseres $50.000.000 · Inmueble $160.000.000 · Peligro MM: SI
Tipología D

Predio 20

NO_REG: 20 | Dirección: CL 63 SUR 75F-11 | Código Lote: 0024480506
CHIP: AAA0147NCLF
Tipo: Particular
Reasentamiento: 2011-19-12525 TERMINADO CVP
Construcción: Lote – 0 % · 72 m² / 0 m²
Uso: Lote · No ocupado
Tipología G

Predio 21

NO_REG: 21 | Dirección: CL 63 SUR 75F-05/07 | Código Lote: 0024480505
CHIP: AAA0147NCMR / AAA0147NCKC
Tipo: Particular
Reasentamiento: 2013-19-14675 EN PROCESO CVP
Construcción: 3 – 50 % – 1 nivel · 91 m² / 91 m²
Uso: Construcción · No ocupado
Edad 0
Tipología C

En resumen:

- Predominio de predios particulares (85,7 %). Solo 3 predios son de cesión pública (RUPI).
- Mayoría sin proceso de reasentamiento (76,2 %). Solo 5 predios tienen o tuvieron proceso CVP (3 en proceso, 2 terminados).
- Todos los predios son estrato 1.
- Lotes vacíos / no construidos: 6 predios (tipología G).
- 11 predios con tipología D y 4 con tipología C.
- La configuración del sector es de aproximadamente 30 años, siendo la edad promedio de las edificaciones de aproximadamente 18 años (17,8 años incluyendo la que está en construcción, o 19,1 años si solo se consideran las ya terminadas).
- Daños reportados: Principalmente en predios 2 y 3 (daños por movimientos en masa, sismo y rotura de tubo).
- Valores de inmuebles reportados oscilan entre $150 y $250 millones; enseres entre $10 y $50 millones (solo en algunos predios ocupados).

El sector presenta una mezcla de lotes públicos/privados sin construir y viviendas de 1 a 4 niveles, con una proporción significativa de alta vulnerabilidad asociada a tipología D y exposición alta a amenazas por movimientos en masa.

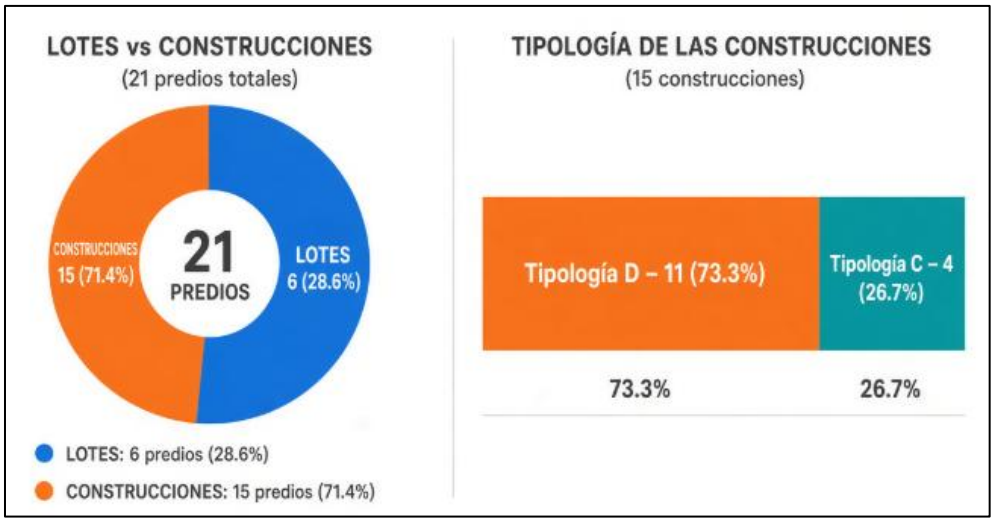


Figura 113. Grafica de la relación de predios construidos vs lotes, y de las tipologías de las construcciones D y C.I.

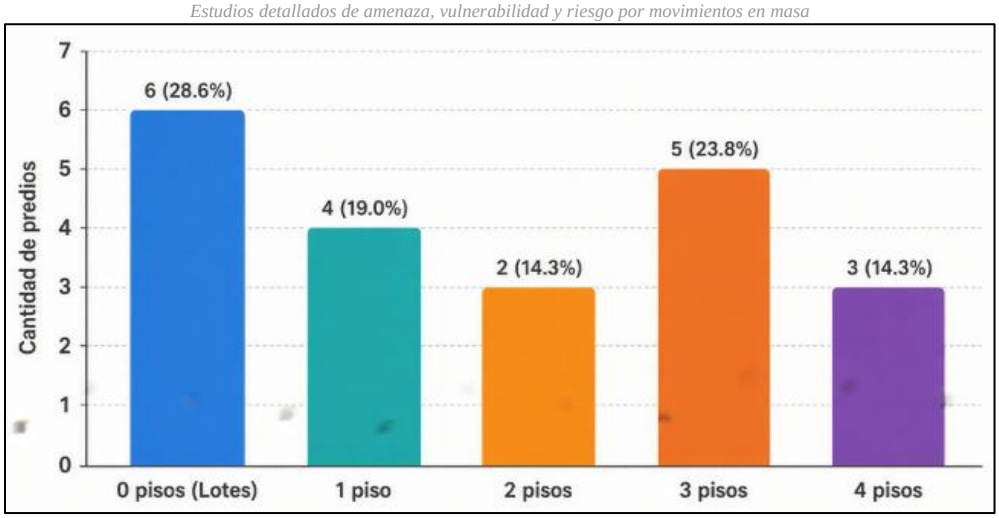


Figura 114. Número de Niveles.

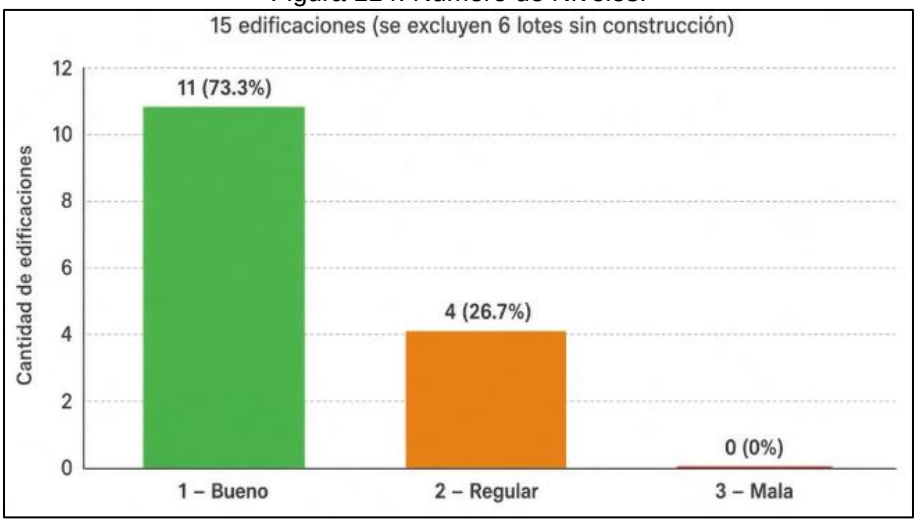


Figura 115. Estado de Conservación de las edificaciones

3.5.4 EVALUACIÓN DE LA FRAGILIDAD

Con base en los requerimientos del Decreto 1807 de 2014 compilados en el Decreto 1077 de 2015, la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano en el año 2015 y la Metodología de Evaluación de Riesgo por FRM a Nivel de Detalle por JAM Ingeniería Y Medio Ambiente en el año 2006.

3.5.4.1 Fragilidad de las Edificaciones

En la guía se definen las tipologías de vivienda como se presenta a continuación.

Tabla 82. Tipologías de edificaciones.

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Edificaciones con reforzamiento especial	Edificaciones de concreto y acero diseñadas y construidas con requerimientos superiores a los convencionales o con la exigencia máxima de los códigos de diseño. Se incluyen las edificaciones de los grupos de importancia III y IV, definidos en el Reglamento Colombiano de Construcción

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Sismorresistente NSR-10, que se construyeron después de 1998, con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc.
B	Edificaciones reforzadas	Edificaciones con estructura en concreto y acero de los grupos de importancia I y II construidas con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc. También se incluyen aquellas del grupo A construidas antes de 1998.
C	Mampostería reforzada	Aquellas edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzo (barras, láminas, pernos, platinas, etc.). También se incluyen las edificaciones en mampostería confinada.
D	Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	Edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada). También hace referencia a aquellas construcciones de las categorías A, B y C que poseen elementos de otros materiales no competentes, como por ejemplo mampostería no reforzada, adobe, bahareque, madera, tapia pisada, etc., con mayor componente de elementos de los grupos A, B y C
E	Estructuras ligeras	Edificaciones construidas con materiales tradicionales o de baja calidad, con un sistema estructural de muros cargueros. Dentro de esta tipología se incluyen las edificaciones construidas con materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y las prefabricadas.
F	Construcciones simples	Edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación. Entre estas se incluyen las edificaciones en proceso de construcción y las construidas en materiales de recuperación, pórticos y paneles de madera, y pórticos de madera y paneles en otros materiales. Son ejemplo de este tipo de Edificaciones tugurios, ranchos, campamentos, carpas, etc.
G	Lotes vacíos	

Fuente: SGC. 2015

En función de la tipología, la altura, el estado de conservación y la edad de la construcción se determina el factor de fragilidad de la estructura, teniendo en cuenta como limitante que la altura en el caso de desprendimiento de material o caída de bloques puede ser una condición más favorable, contrario a lo propuesto en la Guía del SGC respecto a los deslizamientos, toda vez que la solicitación del primer caso son impactos y en el segundo caso son empujes o desplazamientos verticales.
La ecuación usada para determinar el factor de fragilidad es la siguiente:

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

En donde:

S_e: factor de fragilidad.

S_{tip}: Factor por tipología.

S_{alt}: Factor por altura.

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

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

Tabla 83. Factor de fragilidad en función de la Tipología de la Construcción.

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

Fuente: SGC. 2015

Como se presentó en la, si el factor esta entre 0 y 0,50, la fragilidad es Baja, si el factor esta entre 0,50 y 0,90 es Media y si esta entre 0,90 y 1,00 es Alta.
Respecto a la Altura de la edificación:

Tabla 84. Factor de fragilidad en función de la Altura de la Construcción.

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

Fuente: SGC. 2015

Para el factor de estado de conservación:

Tabla 85. Factor de fragilidad en función del estado de conservación de la Construcción.

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

Fuente: SGC. 2015

Como se puede apreciar en la caracterización la mayoría de las edificaciones tienen un estado de conservación bueno (73%).

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

Tabla 86. Vida Útil de la edificación en función de la tipología.

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

Fuente: SGC. 2015.

Por tanto, el factor de edad se determina por la edad de la construcción y su vida útil:

Tabla 87. Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción.

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

Fuente: SGC. 2015.

En conclusión, la mayoría de las edificaciones son altamente frágiles a movimientos en masa, sin embargo, no todas están expuestas al proceso:

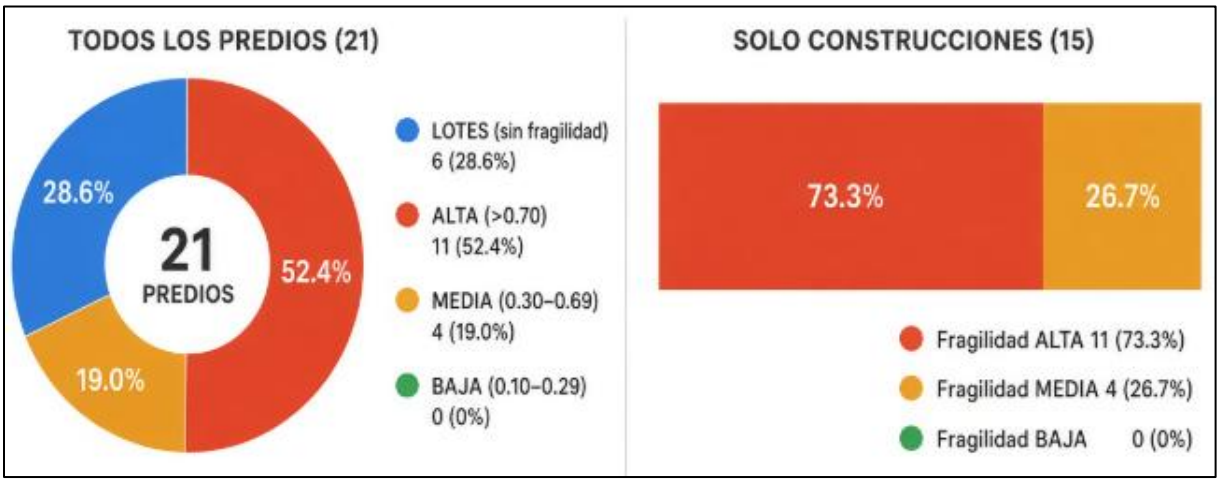


Figura 116. Fragilidad de las Edificaciones.

El 81 % de los predios están expuestos (Exposición = 1) y el 19 % presentan exposición baja.

3.5.4.2 Fragilidad de las Líneas Vitales

De conformidad con la Guia del Servicio Geológico Colombiano, para las líneas vitales expuestas se tiene lo siguiente:

- **Vía:** La calle 63 Sur, es una vía tipo 9, con un ancho de aproximadamente 3 metros, y donde la fragilidad está determinada por el ancho del carril donde: S_{ancho} = 3,0 /W_{via} = 3/3 = 1 (fragilidad alta), esto en la medida que pierde su movilidad al ser impactada.
- **Tubería de Acueducto:** La red, de conformidad con la base de datos del EAAB, es de 3 a 4 pulgadas, lo que se traduce en una fragilidad baja de conformidad con lo referido en la guía del SGC.
- **Tubería de Alcantarillado:** La fragilidad la determina el material, siendo una fragilidad media al ser una tubería en concreto simple.
- **Redes eléctricas y de telecomunicaciones:** está dada por los postes, y para el caso de estudio en función de la Guia es Alta.

3.5.5 INTENSIDAD DEL EVENTO

Una vez conocida la fragilidad del elemento y su grado de exposición, se define su grado de exposición frente al evento, en donde todos los elementos se localizan en la ladera ya sea en la corona o en el cuerpo de la ladera, emplazada sobre llenos confinados por muros que pueden cimentarse sobre el suelo residual y/o la roca, en otras palabras todas las edificaciones están expuestas a los procesos de remoción en masa, falla del lleno, principalmente por la ocurrencia del sismo, en este sentido se determina para cada una de las edificaciones que la solicitación que puede afectarla es el desplazamiento vertical, por causa del desconfinamiento del lleno para las edificaciones ubicadas en la corona, e impactos o empujes para las ubicadas en la pata.

De igual manera se determina la tasa de daño en función del índice de daño o intensidad de daño que está directamente relacionado con el modo de daño y la posible área afectada. Ejemplo: Una vez se presente el volcamiento del muro de contención del lleno donde se emplaza la edificación, aparecerá una fuerza o solicitación, en este caso asociada al desplazamiento vertical, lo que conlleva al colapso total o parcial de la estructura, en nuestro caso parte del suelo residual y roca mantienen la estructura en pie, en ese orden de ideas, los desplazamientos verticales DV, se les asocia un modo de daño severo, colapso, y la intensidad de daño es “V” lo que arroja un índice de daño del 90% al 100%, sin embargo el área de afectación es aproximadamente el 30% por ende la tasa de daño asociado al evento se asume del 30%.

Una vez se determina la tasa de daño, en función de esta y la fragilidad del elemento se determina la vulnerabilidad física estructural de la misma.

Con base en las siguientes tablas se determina lo expuesto:

Tabla 88. Intensidad de daño en edificaciones (Índice de Daño). Tomada de Leone, 1996

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	ÍNDICE DE DAÑO (%)
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0,01 – 0,1
II	Fisuración de muros. Reparaciones no urgentes	0,2 – 0,3
III	Deformaciones importantes, fisuras en elementos estructurales	0,4 –0,6
IV	Fracturación de la estructura, evacuación inmediata	0,7 – 0,8
V	Derrumbe parcial o total de la estructura	0,9 – 1,0

Dependiendo la tipología de la edificación y el tipo de solicitación, amenaza, se determina la intensidad de daño conforme lo propone Leone, 1996.

Tabla 89. Matriz de intensidades de daños para viviendas. Leone, 1996. Adaptada en función del Manual del SGC. 2015.

SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN					
	A	B	C	D	E	F
Desplazamientos verticales	V	V	V	V	V	V
Empujes	II	II	III	III	IV	V
Impactos	II	III	III	IV	V	V

También se puede estimar la intensidad del evento conforme la Guia del SGC, que para calcular la Intensidad de los movimientos en masa se tiene en cuenta lo siguiente
En caso de que ocurriese un proceso de remoción en masa, este podría considerarse como rápido, esto conforme la clasificación de Varnes (1978).

Tabla 90. Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad

DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (MM/SEG.)	TIPO VELOCIDAD	SIGNIFICADO DEL POTENCIAL DESTRUCTIVO
Extremadamente rápido	5x103	5 m/s	Catástrofe de orden superior, estructuras destruidas por impacto del material desplazado, muchas muertes, difícilmente se puede escapar.
Muy rápido	5*101	3 m/min.	Algunas pérdidas de vidas, de velocidad alta, pero permite evacuación de personas.
Rápido	5*10-1	1,8 m/h	Posible evacuación estructuras, posesiones y equipos destruidos.
Moderado	5*10-3	13 m/mes	Permanencia en pie temporalmente de estructuras livianas, de baja resistencia.
Bajo	5*10-5	1,6 m/año	Medidas correctivas pueden ejecutasen durante el movimiento. Las estructuras livianas pueden ser rehabilitadas periódicamente si el movimiento no lo es suficientemente continuo en una de sus fases de desplazamiento. En la medida que se presenten las diferentes fases del movimiento se requiere de la evacuación preventiva de algunas estructuras, especialmente aquellas que se localicen en la línea de agrietamiento.
Muy Bajo	5*10-7	1-6 mm/año	Algunas estructuras permanentes no sufren daño por el movimiento.
Extremadamente bajo			Imperceptible solo con instrumentos, las construcciones son posibles, pero con precauciones.

Fuente: Adaptado de Morgenstern 1985, y por lo citado por Cruden y Varnes, 1996.

Eso significa que las velocidades del movimiento oscilan alrededor de 1.8 m/h y los 13 m/mes, entre rápidos a moderados.

La intensidad de este tipo de movimiento, escenario de alta velocidad de deformación o movimientos rápidos, conforme la Guía del Servicio Geológico Colombiano en su numeral 4.5.2 está dado por la intensidad de la presión y la profundidad de la superficie de falla, en especial por la presión sobre los elementos expuestos.

$$I_{rap} = 1 - (1 - I_{f\text{-}pre})(1 - I_{f\text{-}prof})$$

Donde:

I_{rap} Parámetro de intensidad para escenarios rápidos

$I_{f\text{-}pre}$: Parámetro de intensidad debido a la presión y se estima a partir de la relación entre la presión de impacto del deslizamiento y la presión límite soportada por la estructura.

$I_{f\text{-}prof}$: Parámetro de intensidad por profundidad de la masa deslizada.

Para hallar el impacto de presión se usa la ecuación:

$$P = \frac{1}{2}\rho v^2$$

Donde:

P: Presión de impacto, en kPa

ρ: densidad de la masa movida en kg/m³, que para el material analizado es 2400 kg/m³

v: velocidad del deslizamiento en m/s, que para nuestro caso se toma como rápido 1.8 m/h o 0.0005 m/s

$$\mathrm{P} = \frac{1}{2}\mathrm{x}\left(2400\,\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{m}^3}\right) * \left(0.0005\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 0.000003\ \mathrm{kPa}$$

La presión de falla para las edificaciones en función de la tipología está dada por la tabla 4-22 de la Guía del Servicio Geológico colombiano.

Tabla 91. Presión de falla según tipología de estructura

TIPOLOGÍA		PRESIÓN LÍMITE DE LA ESTRUCTURA (kPa)
F	Construcciones simples	1,0
E	Estructuras ligeras	5,0
D	Estructuras con confinamiento	8,0
C	Mampostería reforzada	11,0
B	Edificaciones reforzadas	18,0
A	Edificaciones con reforzamiento especial	20,0

Fuente: SGC 2015

Por tanto, al realizar la relación entre la presión de impacto y la presión límite de la estructura, tomando la tipología D como crítica, da una relación $^{0.000003\ \mathrm{kPa}}/_{8{,}0\ \mathrm{kPa}} = 3{,}75\ \mathrm{e}^{-7}$, por lo tanto, el parámetro de intensidad por presión de impacto es considerablemente bajo.

Tabla 92. Parámetro presión de impacto de deslizamiento, relación presión de impacto/presión límite de la estructura

RELACIÓN ALTURA EDIFICACIÓN/PROFUNDIDAD DEL DESLIZAMIENTO	IF – PRE
<0,10	0,05
0,10 – 0,20	0,20
0,20 – 0,40	0,40
0,40 – 0,70	0,70
0,70 – 1,00	0,90
>1,00	1,00

Fuente: SGC 2015

De acuerdo con la recomendación de la tabla 4-23 de la Guía del Servicio Geológico, el parámetro de presión equivale a 0.05.

Para calcular el parámetro de intensidad por relación entre altura de la edificación y profundidad del deslizamiento, se toma una superficie de falla a 2.0 m debajo del nivel del suelo. Ipro=1.

Tabla 93. Parámetro de intensidad relación profundidad/altura de la estructura

RELACIÓN ALTURA EDIFICACIÓN/PROFUNDIDAD DEL DESLIZAMIENTO	IF - PROF
<0,20	0,10
0,20 – 0,40	0,30
0,40 – 0,60	0,50
0,60 – 0,80	0,70
0,80 – 1,00	0,90
>1,00	1,00

Fuente: SGC 2015

Por lo anterior el I_{rap}=1, y en consecuencia se espera que, de ocurrir el evento, en zonas de categoría de amenaza alta, las edificaciones colapsen, y en categoría media sufran deformación o severas afectaciones.

3.5.6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA

3.5.6.1 Evaluación de la vulnerabilidad física de edificaciones

El índice de vulnerabilidad se expresa como:

o

$$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{1-S}\right)^2 \qquad I \leq 1-S$$

$$1-\frac{1}{2}\left(\frac{1-I}{S}\right)^2 \qquad I > 1-S$$

Donde I es la intensidad del evento y S el factor de fragilidad.

Como la Intensidad del evento es I=1, el índice de vulnerabilidad tiende a ser 1, una vez se remplace en la formula, donde el facto de intensidad siempre va a ser mayor a 1-S.

Ahora bien, se tiene en cuenta los porcentajes de afectación conforme la categorización de la amenaza, esto con el fin de determinar la exposición y grado de exposición de los elementos. Una vez se determina el factor de fragilidad, referido en la **Matriz de Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo por MM.**

3.5.6.2 Evaluación de la vulnerabilidad física vial

“parámetro de intensidad de la amenaza para redes viales se define a partir del ancho de vía invadido u ocupado por la masa deslizada”.

$$\text{Idist} = \frac{L_p}{W_{aisl} + W_{efec}}$$

Donde:

L_p es la distancia de viaje medida desde la pata del talud.

W_{aisl} es el ancho de los elementos que se encuentran entre la calzada y la pata del talud, tales como bermas, andenes, zonas verdes, lotes vacíos, etc.

W_{efect} es el ancho de la calzada útil para el tránsito de vehículo

La vulnerabilidad de las vías es ALTA en la medida que su obstrucción seria total, y cualquier daño afectaría la movilidad y accesibilidad. Sin embargo, la recuperación y habilitación de la vía es un proceso relativamente rápido y económico.

3.5.6.3 Evaluación de la vulnerabilidad física en redes de servicios públicos

En cuanto a las redes de servicios públicos domiciliarios, acueducto y alcantarillado de aguas servidas, se trata de redes locales.

En consecuencia, a lo expuesto anteriormente, la infraestructura de servicios públicos se encuentra enterrada de forma superficial y en muchas zonas se encuentra expuesta. Considerando que, si se genera un daño, este sería localizado y únicamente comprometería el suministro de la vivienda afectada, por lo tanto, no se compromete la estabilidad global y la vulnerabilidad es media a baja.

Caso contrario sucede con los pozos sépticos, los cuales pueden permitir la infiltración de aguas en la ladera, provocar saturación y conllevar a procesos de movimiento en masa, adicionalmente no fueron identificados en campo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda a la Alcaldía realizar una mesa interinstitucional con la empresa de servicios de acueducto y alcantarillado, de forma que la instalación de las tuberías cumpla con los requisitos normativos y el suministro del servicio sea constante y eficiente.

3.5.7 CATEGORIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Todos los lotes Tipología G – Lotes (6 predios – 28,6 %) presentan fragilidad nula (registrada como “LOTE”) y vulnerabilidad 0. Aunque la mayoría tiene exposición alta (1,00), al no existir edificación, la vulnerabilidad resultante es BAJA en el 100 % de los casos.

Los lotes no generan vulnerabilidad física por movimientos en masa, independientemente de su nivel de exposición.

Para la Tipología D – Mampostería no confinada o con confinamiento deficiente (11 predios – 52,4 %). Esta tipología concentra la mayor fragilidad estructural:

Tabla 94. Vulnerabilidad Tipología D

Vulnerabilidad	Cantidad	% tipología D	Características predominantes
ALTA	7	**63,6 %**	Fragilidad alta (0,76–0,96) + Exposición Alta
BAJA	4	**36,4 %**	Fragilidad alta (0,80–0,997), pero Exposición Baja
MEDIA	0	0 %	—

Relación clave observada: En la tipología D, la exposición es el factor determinante. Cuando la exposición es alta (1,00), la elevada fragilidad produce vulnerabilidad ALTA. Cuando la exposición es muy baja (0,01), incluso con fragilidades cercanas a 1,0, la vulnerabilidad cae a BAJA.

Para la Tipología C – Mampostería confinada (4 predios – 19,0 %):

Tabla 95. Vulnerabilidad Tipología C

Vulnerabilidad	Cantidad	% tipología C	Características

MEDIA	4	**100 %**	Fragilidad media-baja (0,57–0,66) + Exposición = 1,00
ALTA / BAJA	0	0 %	—

La mampostería confinada presenta una fragilidad significativamente menor que la tipología D. Aun con exposición alta (1,00), la vulnerabilidad se mantiene en el rango MEDIA, sin alcanzar el nivel ALTA.

La vulnerabilidad no depende únicamente de la fragilidad estructural. La exposición actúa como un multiplicador crítico: estructuras muy frágiles (tipología D) pueden clasificarse como de vulnerabilidad BAJA si se ubican en zonas de muy baja exposición, mientras que estructuras mejor confinadas (tipología C) no superan el nivel MEDIA incluso en condiciones de exposición alta. Sin embargo, otro tipo de evento, como el sismo, podría afectar gravemente las edificaciones por sus condiciones estructurales.

Excluyendo los 6 lotes, el panorama de las edificaciones es el siguiente:

Tabla 96. Vulnerabilidad de las edificaciones

Categoría	Cantidad	% de construcciones
ALTA	7	**46,7 %**
MEDIA	4	**26,7 %**
BAJA	4	**26,7 %**
Total, construcciones	**15**	**100 %**

En conclusión:

- El 46,7 % de las construcciones presenta vulnerabilidad ALTA.
- La totalidad de los casos de vulnerabilidad ALTA corresponde a tipología D con exposición alta
- Las 4 construcciones de tipología C se ubican en vulnerabilidad MEDIA.
- Las 4 construcciones de vulnerabilidad BAJA son tipología D ubicadas en zonas de exposición muy baja.
- El análisis de vulnerabilidad por movimientos en masa evidencia una fuerte interacción entre la tipología estructural, la fragilidad y la exposición
- Los lotes (tipología G) representan el 28,6 % de los predios y, al no tener edificación, se clasifican en su totalidad como de vulnerabilidad BAJA.

Casi la mitad de las construcciones existentes (46,7 %) presenta vulnerabilidad ALTA frente a movimientos en masa, concentrada exclusivamente en edificaciones de mampostería no confinada o deficientemente confinada ubicadas en zonas de alta exposición. Las intervenciones prioritarias deben orientarse a estas 7 edificaciones de tipología D con exposición = 1, mientras que las de tipología C y los lotes no representan, en las condiciones actuales, un nivel de riesgo equivalente.

3.6 ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA.

3.6.1 DEFINICIÓN DEL RIESGO

Conceptualmente definimos la Vulnerabilidad y Riesgo como:

V = **E**xposición **/ (S)** resistencia del elemento, entonces

R = A x (E/ S)

Con estas definiciones simplificadas se deduce que:

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

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

El modo de daño conforme el análisis presentado para el evento de flujo analizado corresponde principalmente al arrastre de las estructuras y/o edificaciones o a la pérdida de los cimientos o pérdida de la base al estar muy cercanos a la corona de la margen o sobre el cauce. Lo que se traduce en colapso estructural, parcial o total. Los daños esperados están en función de las alturas de la lámina de agua y de la velocidad del flujo, sin embargo, la mayoría de las edificaciones, como ya se presentó en el numeral de vulnerabilidad, corresponden a edificaciones de muros cargueros en mampostería, y su resistencia frente a este evento analizado es media a baja, por tanto, su fragilidad tiende a ser media, principalmente por movimientos en masa. Por lo tanto, se esperan daños sobre parte de la infraestructura y en bienes y enseres.

3.6.2 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR EL RIESGO

Para verificar los niveles de riesgo, se usa el criterio semáforo cruzando los resultados de la categoría de amenaza y vulnerabilidad como se muestra en la matriz de riesgo, soportado en la relación directamente proporcional con la amenaza y la vulnerabilidad, adicional al análisis económico en función de las pérdidas económicas anuales esperadas.

Tabla 97. Matriz de Riesgo.

Amenaza	**Vulnerabilidad**		
	Alta	**Media**	**Baja**
Alta	**Alto**	**Alto**	**Medio**
Media	**Alto**	**Medio**	**Medio**
Baja	**Medio**	**Bajo**	**Bajo**

Fuente: Elaboración propia – criterio de experto

Para las pérdidas económicas, se considera lo dispuesto por la Guia del SGC, 2015:
El daño asociado a las edificaciones se puede relacionar a un porcentaje del costo aproximado de daño, el cual posee valores entre 0-200%., así como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 98. Estimación del costo aproximado de daño.

COSTO APROXIMADO DE DAÑO (%) VALOR INDICATIVO	DESCRIPCIÓN
200	Estructura completamente destruida o con daños a gran escala que requieren trabajos de ingeniería para recuperación. Pueden causarse daños importantes en propiedades adyacentes.
60	Daños extensivos en la mayoría de la estructura o se extiende más allá de los límites del sitio que requieren obras significativas de recuperación. Se pueden causar por lo menos consecuencias considerables a estructuras adyacentes.
60 20	Daños moderados en alguna parte de la estructura o parte significativa que requiere grandes trabajos de recuperación. Se puede causar por lo menos consecuencias menores a propiedades adyacentes.
20	Daños limitados en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad.
0	Daños menores (para eventos de alta probabilidad, esta categoría se puede subdividir a un límite entre valores de 0 y 1 %).

Fuente: SGC. 2015.

Para explicar lo presentado en el anterior párrafo se presenta el siguiente ejemplo. Una vez se materializa el evento se presenta la pérdida total o parcial de la edificación. Sin embargo, lo que queda en pie debe demolerse por la condición estructural de la edificación y para la implantación debida del lleno (100% costos del elemento - edificación) y adicionalmente se suman los valores correspondientes a la adecuación del terreno para dejarlo en condiciones aceptables y los costos de reubicación o de reconstrucción de las viviendas (100% o mayor costo del elemento), lo que se traduce en costos aproximados de daño que ampliamente superan el 200%.

Ahora bien, se calcula unas pérdidas económicas totales, y el porcentaje de perdida por cada predio y edificación en función de la pérdida económica total estimada; y también se calcula el porcentaje frente al valor individual de cada predio, así se tiene un riesgo relativo y otro total.

Con lo anterior, se estima el riesgo por movimientos en masa.

3.6.3 EVALUACIÓN DE RIESGO

En conclusión, de llegarse a materializar, al tiempo, los movimientos en masa conforme los análisis de amenaza, se calculan pérdidas económicas en infraestructura cercana a los 2.200 millones de pesos, ver tabla de valor totales por predio, donde en enseres y bienes puede llegar al orden de los 350 millones, en pérdidas intangibles asociado a ruptura de actividades sociales más o menos 300 millones y en atención de la emergencia y recuperación (incluyendo las obras de atención y recuperación, no de mitigación) alrededor de los 700 millones (50%). Para un total de más o menos 3.550 millones de pérdidas económicas esperadas. Ver el **Anexo de Matriz de Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo.** En consecuencia, y estimando la gestión predial (800 millones) y la ejecución de la obra de mitigación (1700 millones), la relación es del 142 %, considerando el riesgo alto.

Tabla 99. Estimación del costo total por gestión predial

PREDIO	VALOR TOTAL TERRENO Y CONST	DAÑO EMERGENTE (Gastos notariales y de registro)	COSTO TOTAL
1	$ -	$ -	$ -
2	$ 232.680.000	$ 5.380.958	$ 238.060.958
3	$ 182.817.200	$ 4.227.831	$ 187.045.031
4	$ 11.520.000	$ 266.412	$ 11.786.412
5	$ -	$ -	$ -
6	$ 57.600.000	$ 1.332.058	$ 58.932.058
7	$ 60.120.000	$ 1.390.335	$ 61.510.335
8	$ 95.400.000	$ 2.206.220	$ 97.606.220
9	$ 57.600.000	$ 1.332.058	$ 58.932.058
10	$ 99.600.000	$ 2.303.350	$ 101.903.350
11	$ -	$ -	$ -
12	$ 174.901.200	$ 4.044.765	$ 178.945.965
13	$ -	$ -	$ -
14	$ 76.320.000	$ 1.764.976	$ 78.084.976
15	$ 333.632.800	$ 7.715.592	$ 341.348.392
16	$ 302.788.400	$ 7.002.285	$ 309.790.685
17	$ 116.472.800	$ 2.693.550	$ 119.166.350
18	$ 144.576.000	$ 3.343.465	$ 147.919.465
19	$ 92.220.000	$ 2.132.680	$ 94.352.680
20	$ 106.560.000	$ 2.464.307	$ 109.024.307
21	$ -	$ -	$ -
22	$ -	$ -	$ -
23			
TOTAL	**$ 2.144.808.400**	**$ 49.600.839**	**$ 2.194.409.239**

Fuente: Propia – Gestión Predial.

La zonificación del riesgo se presenta en los mapas correspondientes, ver **Anexo Mapas de Riesgo.**

3.7 ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO ENFOCADAS A MEDIDAS DE MITIGACIÓN

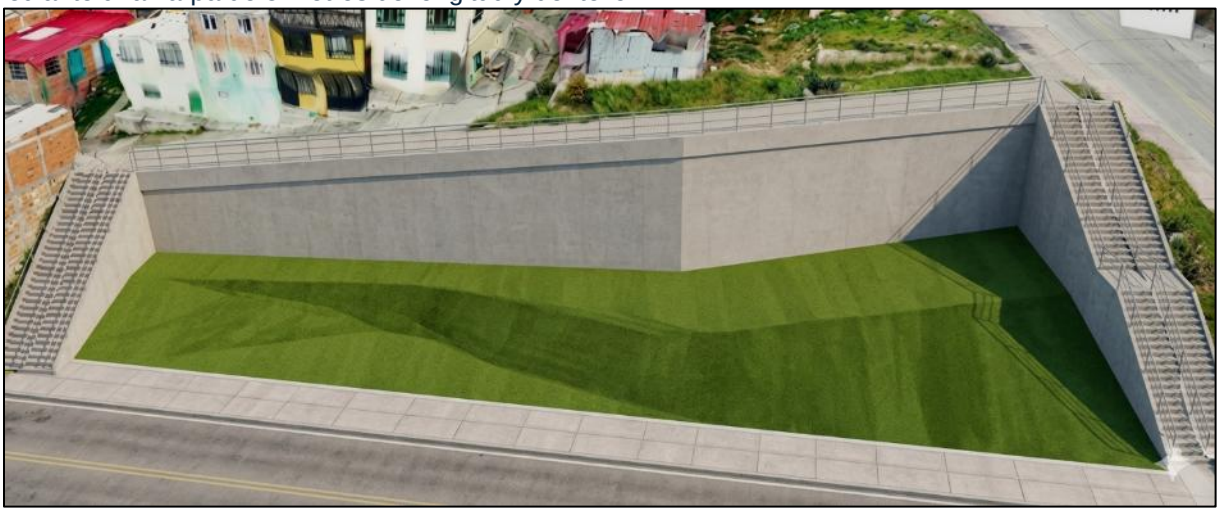
El presente informe tiene como objetivo evaluar técnica, económica, ambiental, social y urbanísticamente tres alternativas de estabilización y mitigación del riesgo por movimientos en masa en el sector de Porvenir Altos de la Estancia II, ubicado entre los barrios Perdomo Alto y Rincón de Galicia en Bogotá. La zona presenta categorización de riesgo alto, haciendo prioritaria la ejecución de una obra que garantice la protección de la vida, la infraestructura y el espacio público.

3.7.1 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS

3.7.1.1 Alternativa 1: muro de contención en concreto reforzado

Consiste en la construcción de un muro de contención masivo en concreto reforzado de aproximadamente 55 metros de longitud y altura variable entre 5 y 9 metros. Incluye zarpa y dentellón apoyados sobre roca (Formación Guaduas). Requiere anclajes, concreto lanzado, drenajes en la corona y manejo de escorrentías. Es una solución estructural robusta de alta durabilidad.

Figura 117. Alternativa 1. Muro en concreto reforzado cimentado directamente sobre el estrato rocoso mediante una zarpa de 5 metros de longitud y dentellón.



3.7.1.2 Alternativa 2: muros sucesivos y urbanismo escalonado

Propone la reconformación del talud mediante un sistema de muros de concreto sucesivos, creando terrazas escalonadas. Esta alternativa integra rampas peatonales accesibles y amplias zonas verdes (jardineras y vegetación nativa), promoviendo la apropiación del espacio público y un alto valor urbanístico.

Figura 118. Alternativa 2. Muros en concreto reforzado cimentados directamente sobre el estrato rocoso, apoyados entre sí, con alturas variables para reconformación urbanísticas mediante terrazas y rampas.



3.7.1.3 Alternativa 3: muro en tierra armada (suelo reforzado)

Plantea la estabilización del talud a través de un sistema de suelo reforzado con geosintéticos (tierra armada) dispuesto en dos niveles o bermas. Presenta un acabado frontal verde o en bloques que permite la integración paisajística y requiere un proceso constructivo de relleno compactado por capas.

Figura 119. Alternativa 3. Muro de Tierra Armada con Fachada Verde, dos (2) niveles, de 3 a 4 metros de Altura, con desarrollo en la base de 5 metros cada uno, para un total de 10 metros de ancho efectivo.



3.7.2 ANÁLISIS COMPARATIVO POR CRITERIOS

Se evalúan las alternativas bajo cinco dimensiones fundamentales:

- **Criterio Técnico y Constructivo:** La Alternativa 1 es altamente confiable dadas las condiciones geológicas (apoyo en roca) y de pendientes, aunque requiere cortes importantes. La Alternativa 2 presenta mayor complejidad constructiva y logística por el trazado de las rampas. La Alternativa 3 es constructivamente rápida, pero requiere grandes volúmenes de material de préstamo de alta calidad y un ancho de base (huella) mayor, el cual puede estar limitado por el espacio.

- **Criterio Económico**: Los presupuestos directos calculados son: Alt. 1: $1.461 Millones; Alt. 2: $1.726 Millones; Alt. 3: $907 Millones. Aunque la Alt. 3 es la más económica, sus requerimientos de espacio (afectación predial adicional) y mantenimiento a largo plazo pueden encarecer el ciclo de vida. La Alt. 1 representa un punto de equilibrio entre costo y requerimientos técnicos máximos. (**ver Anexo Presupuesto Alternativas)**

- **Criterio Ambiental:** La Alt. 3 y la Alt. 2 tienen menor huella de carbono y mayor cobertura vegetal que la Alt. 1. Sin embargo, la Alt. 1 contempla el manejo adecuado de aguas y requiere menor intervención de la ladera en términos de ampliación de base.

- **Criterio Urbanístico:** La Alt. 2 ofrece el mejor equipamiento urbano, accesibilidad universal y paisaje. La Alt. 1 ofrece una solución más funcional (accesos laterales y andén superior) pero de mayor impacto visual (fachada dura). La Alt. 3 se integra visualmente mejor por ser un talud verde, aunque requiere un mayor cuidado para su mantenimiento.

- **Criterio Social:** La Alt. 1 brinda la percepción de máxima seguridad a las comunidades en la corona del talud y requiere la relocalización de 4 viviendas. Las otras alternativas podrían requerir un polígono de intervención mayor, aumentando los impactos por reasentamiento, y generan una mayor sensación de inseguridad.

3.7.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se presenta la matriz de calificación, ponderando cada criterio de 1 (Menos Favorable) a 5 (Más Favorable).

Tabla 100 Matriz de análisis y selección de alternativas

Criterio	Ponderación (%)	Alt 1 (Concreto)	Alt 2 (Sucesivos)	Alt 3 (T. Armada)
Técnico / Constructivo (Estabilidad)	30%	5 (1.50)	3 (0.90)	3 (0.90)
Económico (Presupuesto e Inversión)	25%	4 (1.00)	2 (0.50)	5 (1.25)
Urbanístico (Espacio y Paisaje)	15%	2 (0.30)	5 (0.75)	3 (0.45)
Ambiental	15%	2 (0.30)	4 (0.60)	5 (0.75)
Social (Percepción seguridad y predios)	15%	4 (0.60)	4 (0.60)	2 (0.30)
PUNTAJE TOTAL	**100%**	**3.70**	**3.35**	**3.65**

3.7.4 CONCLUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN

Tras la ponderación de los criterios, la Alternativa 1 (Muro de Contención en Concreto Reforzado) es la opción seleccionada. A pesar de que la Alternativa 2 tiene mejores atributos urbanísticos y la Alternativa 3 un costo directo de ejecución ($907 Millones) más bajo en comparación con la Alternativa 1 ($1.461 Millones), la Alternativa 1 ofrece la máxima garantía de estabilidad geotécnica al apoyarse directamente sobre roca (Formación Guaduas). Además, requiere menor huella en la base del talud en comparación con la tierra armada, lo cual minimiza problemas adicionales de adquisición predial. Finalmente, la Alternativa 1 representa un balance óptimo entre viabilidad económica y seguridad estructural definitiva para mitigar el riesgo alto presente en el sector, habilitando una zona verde para futuros desarrollos urbanísticos.

4 DISEÑO DE MEDIDAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO

4.1 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y CON OBRAS

La verificación de las medidas de mitigación no se limita a la configuración final de la obra. Dado que el corte de implantación constituye una condición transitoria más desfavorable que la condición actual del terreno, se evalúan dos etapas independientes: la etapa durante la construcción, con el corte abierto y sostenido temporalmente, y la etapa con obras, con el muro, los anclajes y los rellenos concluidos. Ambas etapas se analizan con el mismo modelo geológico-geotécnico y los mismos cuatro escenarios de solicitación empleados en la evaluación de la condición actual.

4.1.1 ESCENARIOS Y MODELOS DE ANÁLISIS

Los análisis se desarrollaron con el software Slide en su versión bidimensional, mediante métodos de equilibrio límite generalizado, sobre las secciones de análisis del polígono. Los modelos incorporan la estratigrafía del numeral 3.3, el muro como material de resistencia infinita, el relleno ingenieril con los parámetros y los pernos pasivos definidos como soporte tipo Soil Nail con aplicación pasiva. El efecto del agua se representa mediante el coeficiente de presión de poros Ru y no mediante una superficie freática: en la condición saturada se asigna Ru = 0,5 a los materiales de suelo (incluido el relleno ingenieril) y Ru = 0,10 a la Formación Guaduas; en la condición seca, Ru = 0 en todos los materiales. La sobrecarga superficial es q = 15 kPa y el coeficiente sísmico KST = 0,144 g. La búsqueda de superficies se realizó sin restricción de forma, verificando tanto los mecanismos que involucran la estructura como los que se desarrollan por debajo de la cimentación.

Tabla 101. Escenarios de análisis y coeficientes de presión de poros adoptados.

Escenario	Condición de agua	Sismo	Ru-suelos	Ru – Fm. Guaduas	Condición Res. 111 de 2022
1	Saturado	No	0,5	0,10	Normal de agua y sin sismo
2	Seco	No	0	0	Normal de agua y sin sismo
3	Saturado	Sí (KST = 0,144)	0,5	0,10	Extrema de agua y con sismo
4	Seco	Sí (KST = 0,144)	0	0	Extrema de agua y con sismo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102. Modelos de análisis de las etapas durante la construcción y con obras.

Etapa	Escenario	Condición	FS requerido
Durante construcción	5	Estático seco	1,25
Durante construcción	6	Pseudoestático seco	1,00
Con obras	7	Estático seco	1,50
Con obras	8	Pseudoestático seco	1,10

Fuente: Elaboración propia.

Los archivos de los modelos se entregan en las subcarpetas E.6.03 y E.6.04 del anexo E.6 – Modelos Slide, según la etapa correspondiente.

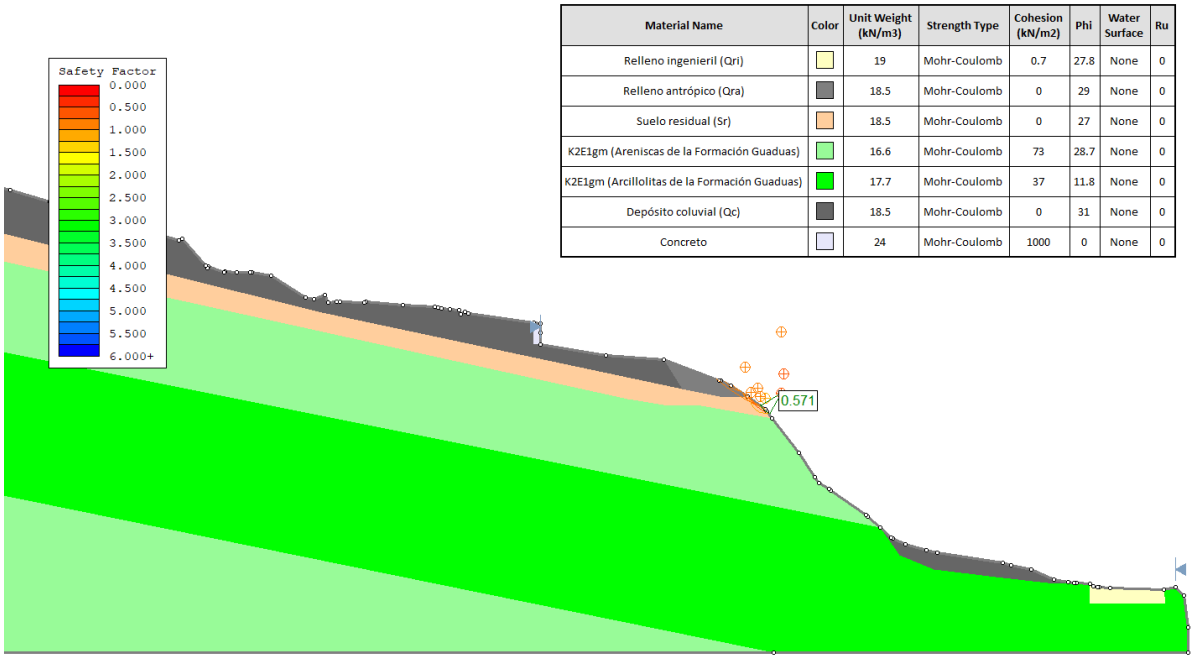
4.1.1.1 Etapa de condición actual

El análisis de condición actual es la metodología por medio de la cual se puede verificar el comportamiento del talud bajo las condiciones actuales, las cuales se describen en el apartado anterior y cuyas características se definen por los escenarios 1, 2, 3 y 4 las cuales se ilustran a continuación.

Tabla 103. Factores de seguridad - Condición actual.

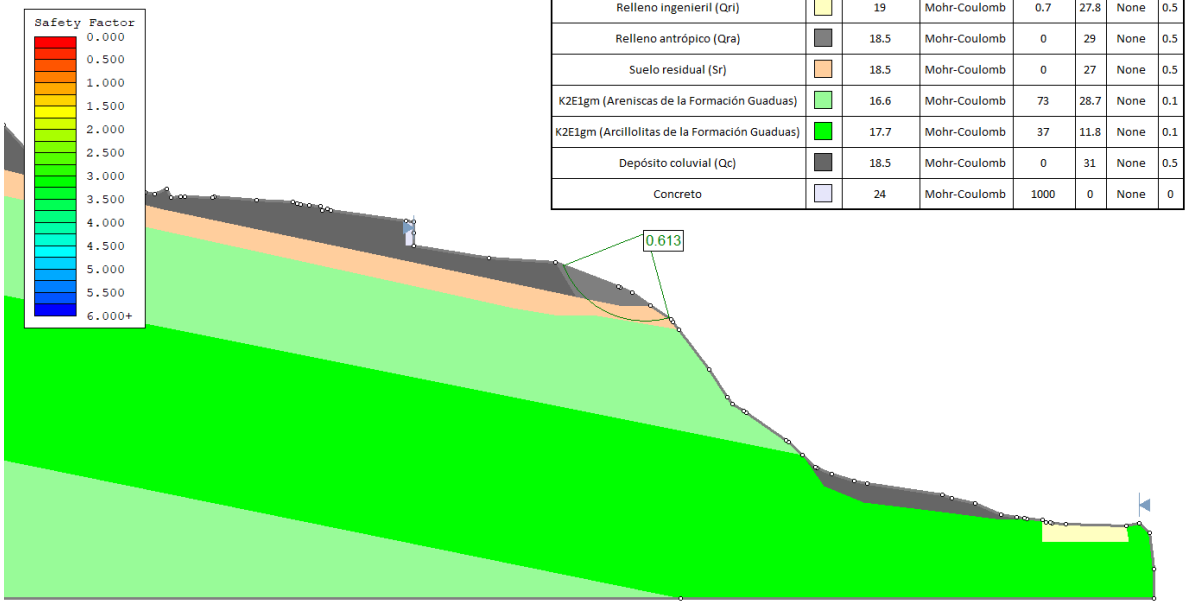
Escenario	Condición	FS obtenido	FS requerido	Cumple
1	Estático seco	0.571	1.5	No cumple
2	Estático saturado	0.613	1.5	No cumple
3	Pseudoestático seco	1.047	1.1	No cumple
4	Pseudoestático saturado	0.436	1.1	No cumple

Fuente: Elaboración propia.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Relleno ingenieril (Qri)		19	Mohr-Coulomb	0.7	27.8	None	0
Relleno antrópico (Qra)		18.5	Mohr-Coulomb	0	29	None	0
Suelo residual (Sr)		18.5	Mohr-Coulomb	0	27	None	0
K2E1gm (Areniscas de la Formación Guaduas)		16.6	Mohr-Coulomb	73	28.7	None	0
K2E1gm (Arcillolitas de la Formación Guaduas)		17.7	Mohr-Coulomb	37	11.8	None	0
Depósito coluvial (Qc)		18.5	Mohr-Coulomb	0	31	None	0
Concreto		24	Mohr-Coulomb	1000	0	None	0

Figura 120. Análisis de estabilidad - Estático seco
Fuente: Elaboración propia.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Relleno ingenieril (Qri)		19	Mohr-Coulomb	0.7	27.8	None	0.5
Relleno antrópico (Qra)		18.5	Mohr-Coulomb	0	29	None	0.5
Suelo residual (Sr)		18.5	Mohr-Coulomb	0	27	None	0.5
K2E1gm (Areniscas de la Formación Guaduas)		16.6	Mohr-Coulomb	73	28.7	None	0.1
K2E1gm (Arcillolitas de la Formación Guaduas)		17.7	Mohr-Coulomb	37	11.8	None	0.1
Depósito coluvial (Qc)		18.5	Mohr-Coulomb	0	31	None	0.5
Concreto		24	Mohr-Coulomb	1000	0	None	0

Figura 121. Análisis de estabilidad - Estático saturado
Fuente: Elaboración propia.

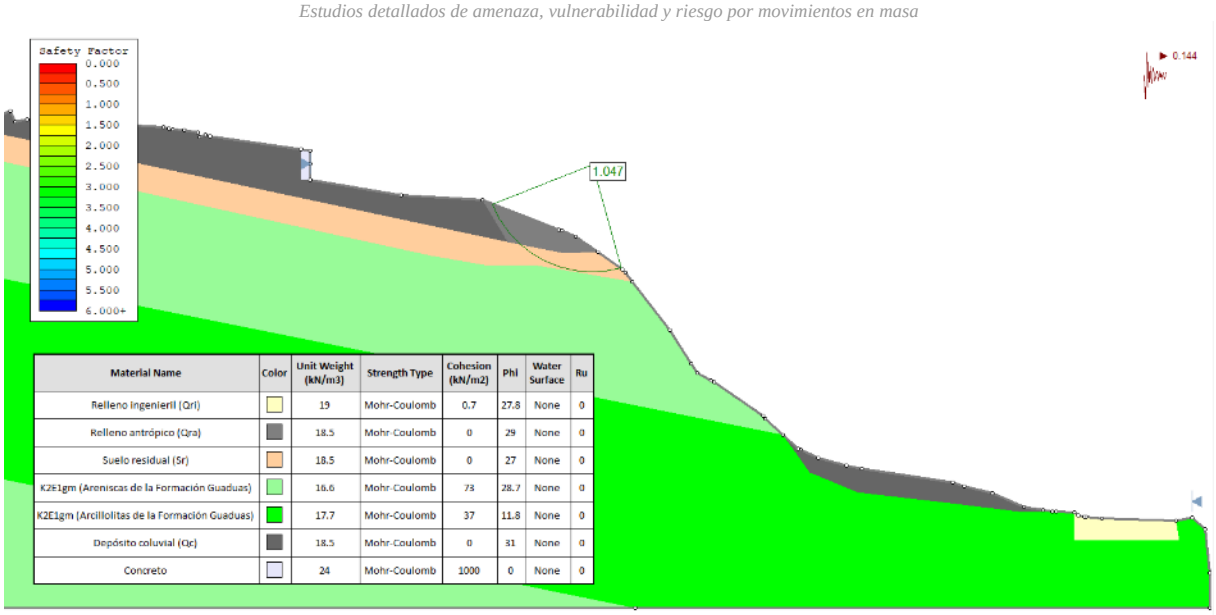


Figura 122. Análisis de estabilidad - Pseudoestático seco
Fuente: Elaboración propia.

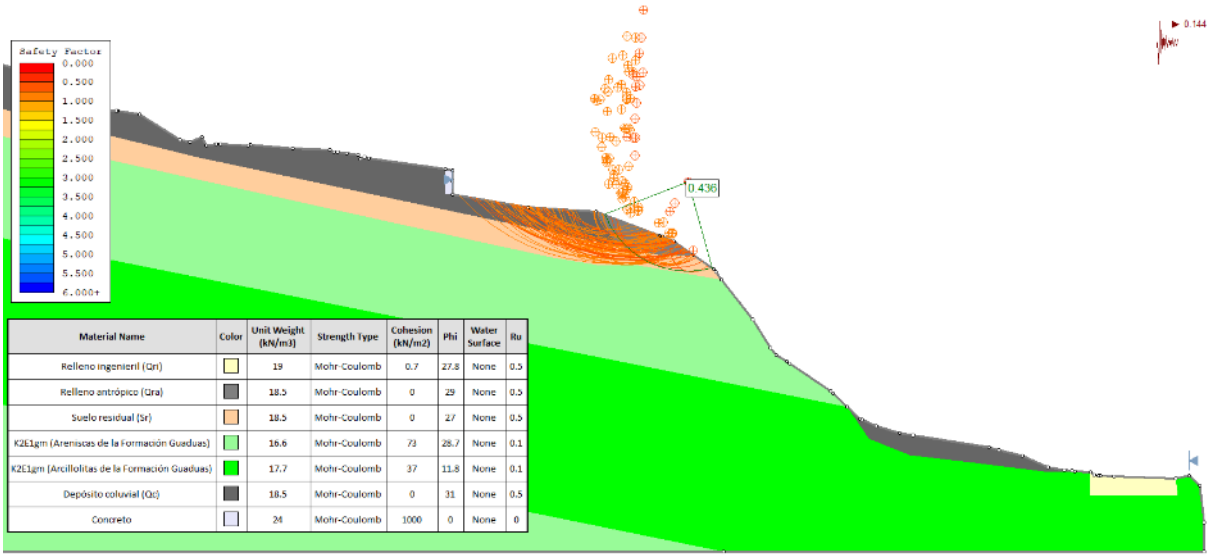


Figura 123. Análisis de estabilidad - Pseudoestático saturado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2 Etapa durante la construcción

La etapa durante la construcción corresponde a la configuración del corte ejecutado con la cara conformada en 1H:2V en el depósito coluvial y 1H:3V en la Formación Guaduas, con protección en concreto lanzado en toda la cara y pernos pasivos Ø25 mm en el tramo superior, sin la estructura de contención. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla **104** y la modelación correspondiente se ilustra en la Figura 124.

Tabla 104. Factores de seguridad – etapa durante la construcción.

Escenario	Condición	FS obtenido	FS requerido	Cumple
5	Estático seco (Ru = 0)	1.34	1,25	**Cumple**

Escenario	Condición	FS obtenido	FS requerido	Cumple
6	Pseudoestático seco (Ru = 0)	1.16	1,00	**Cumple**

Fuente: Elaboración propia.

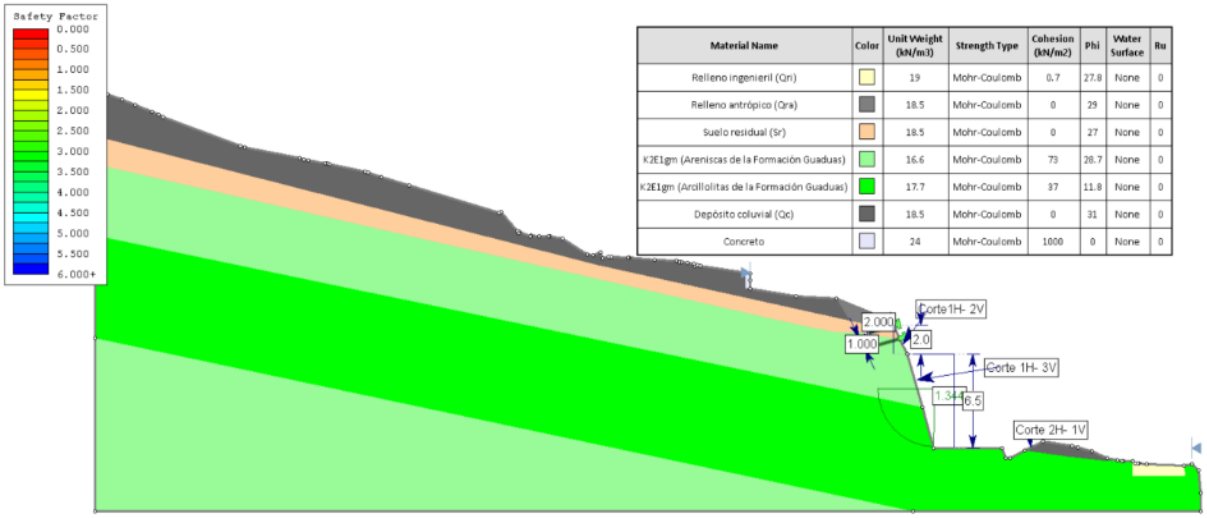


Figura 124. Análisis de estabilidad – etapa durante la construcción (Estático seco (Ru = 0))
Fuente: Elaboración propia.

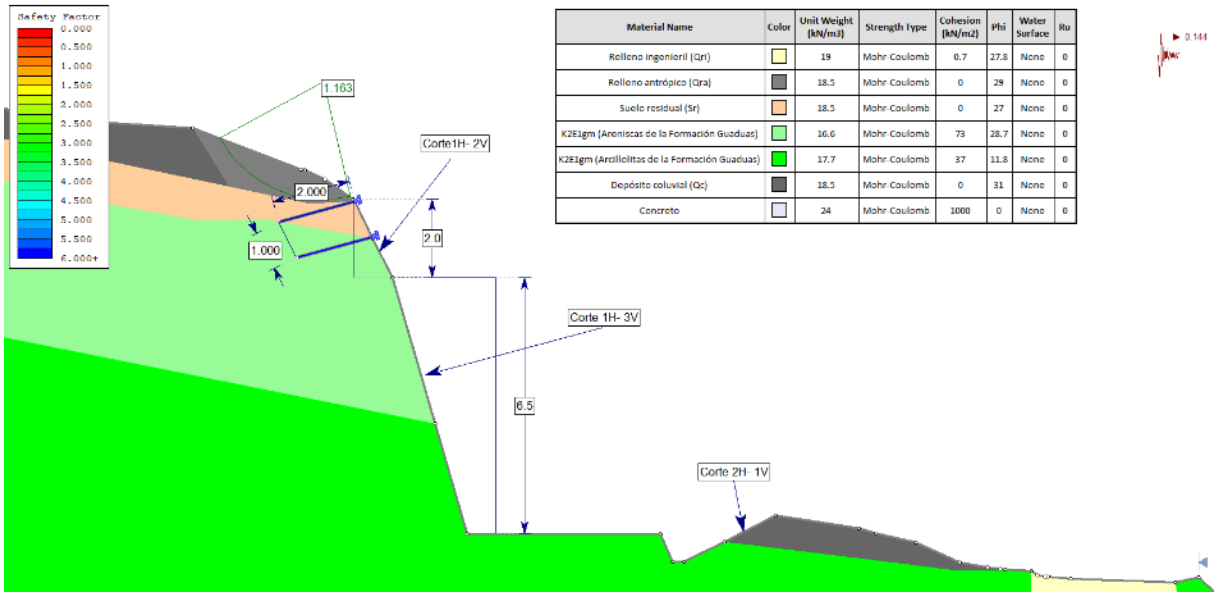


Figura 125. Análisis de estabilidad – etapa durante la construcción (Pseudoestático seco (Ru = 0))
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3 Etapa con obras

La etapa con obras corresponde a la configuración del muro en concreto reforzado de 8,56 m de altura con cimentación de 5,00 m de ancho y dentellón de 0,70 m, pernos pasivos en el tramo superior del corte, relleno ingenieril de conformación del trasdós con su sistema de drenaje y relleno de puntera de 1,0 m de espesor máximo. En esta etapa se verifica el cumplimiento de los factores de seguridad de la Resolución 111 de 2022 del IDIGER, que constituyen la condición de aceptación de la medida de mitigación.

Tabla 105. Factores de seguridad – etapa con obras.

Escenario	Condición	FS obtenido	FS requerido	Cumple
7	Estático seco (Ru = 0)	1.58	1,50	**Cumple**
8	Pseudoestático seco (Ru = 0)	1.15	1,10	**Cumple**

Fuente: Elaboración propia.

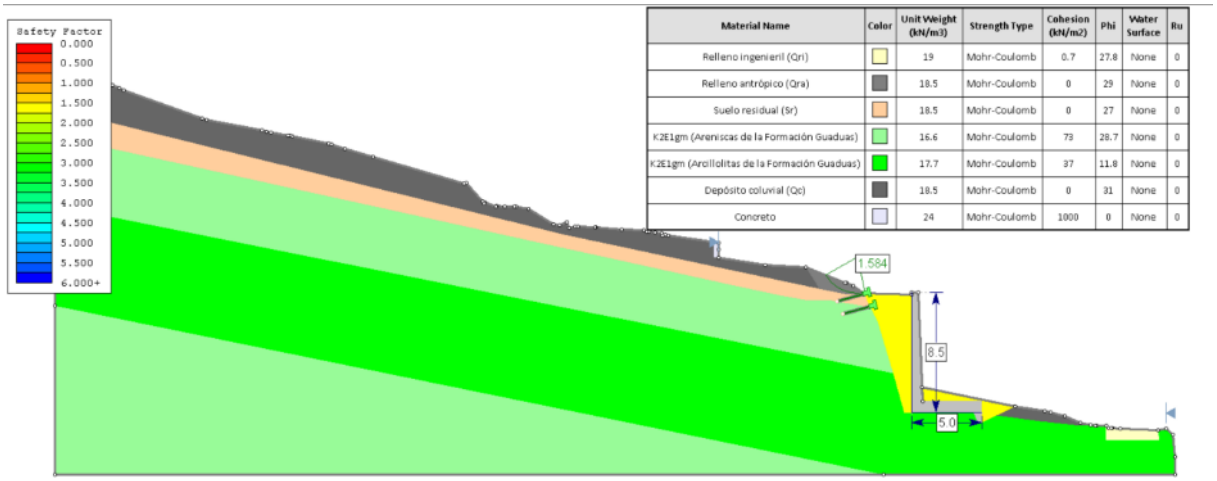


Figura 126. Análisis de estabilidad – obra (Estático seco (Ru = 0))
Fuente: Elaboración propia.

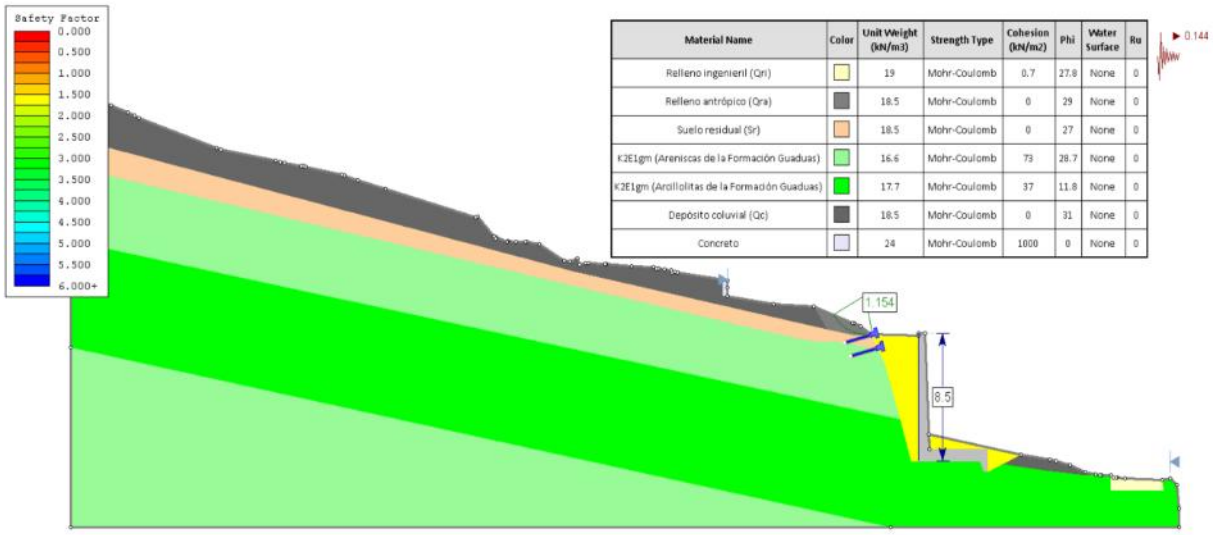


Figura 127. Análisis de estabilidad – obra (Pseudoestático seco (Ru = 0))
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de seguridad de la condición actual corresponden a los reportados en el numeral 3.4, que clasificaron el sector en categoría de amenaza alta tanto en la condición normal de agua y sin sismo como en la condición extrema de agua y con sismo.

4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL – OBRAS DE MITIGACIÓN

4.2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

El sector objeto de estudio corresponde a La Estancia II, localizado en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C., donde se han identificado condiciones de susceptibilidad a movimientos en masa asociadas a las características topográficas, geológicas y geotécnicas del terreno.

En el marco del proyecto P&G-355-CSC se desarrolló un estudio geotécnico orientado a establecer los parámetros requeridos para el diseño de las obras de reducción del riesgo, particularmente para el diseño de un muro de contención destinado a contener la porción superficial del talud.

De acuerdo con la información geotécnica disponible, el perfil del terreno está conformado, desde superficie hacia profundidad, por un depósito de relleno ingenieril (Qri) con un espesor aproximado de 2,0 m, seguido de suelo residual (Qsr) hasta una profundidad aproximada de 3,0 m. Por debajo de estos materiales se encuentra la Formación Guaduas, considerada como un sustrato competente para efectos del análisis geotécnico y de la cimentación de la estructura.

Con base en las condiciones geotécnicas identificadas, se planteó como medida estructural de reducción del riesgo la construcción de un muro de contención de aproximadamente 3,0 m de altura retenida, apoyado mediante una cimentación superficial tipo zapata corrida, con una profundidad de desplante de aproximadamente 1,50 m sobre la Formación Guaduas.

4.2.1.1 Ubicación de la estructura.

El sitio objeto del presente informe se encuentra localizado en el sector La Estancia II, localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.**,** correspondiente al área de intervención identificada dentro del proyecto P&G-355-CSC**.**

El área de estudio corresponde a un sector de ladera en el cual se presentan materiales superficiales conformados por rellenos ingenieriles (Qri) y suelos residuales (Qsr), que se apoyan sobre la Formación Guaduas. De acuerdo con la exploración geotécnica realizada, el sondeo BRR-1 se encuentra asociado a la zona posterior del muro y permite caracterizar los materiales que conforman la masa retenida, mientras que el sondeo SP-1 se localiza en el área prevista para la cimentación y caracteriza el estrato de apoyo correspondiente a la Formación Guaduas.

La localización, geometría, límites del área de intervención y emplazamiento definitivo de la estructura deberán corresponder a la implantación establecida en los planos del proyecto y a la información topográfica y geotécnica desarrollada para el sector.

4.2.1.2 Problemática identificada.

La problemática identificada en el sector La Estancia II está asociada a las condiciones de estabilidad de la zona superficial del talud, constituida principalmente por un depósito de relleno ingenieril (Qri) y un estrato de suelo residual (Qsr), materiales que conforman la masa que requiere ser contenida mediante una obra de estabilización.

El perfil geotécnico establecido indica la presencia de aproximadamente 3,0 m de materiales superficiales susceptibles de generar solicitaciones laterales sobre una estructura de contención. Por debajo de esta profundidad se identifica la Formación Guaduas, la cual presenta mejores condiciones de competencia y constituye el estrato previsto para el apoyo de la cimentación.
En consecuencia, la condición existente requiere la implementación de una solución estructural que permita contener los materiales superficiales del talud, controlar las condiciones de estabilidad asociadas a la masa retenida y proporcionar condiciones adecuadas de seguridad para la infraestructura localizada en el área de influencia.

Como medida de reducción del riesgo se contempla la construcción de un muro de contención con una altura retenida de 3,0 m y cimentación superficial mediante zapata corrida, con una profundidad de desplante aproximada de 1,50 m sobre la Formación Guaduas. Para el diseño de la estructura deberán considerarse los empujes laterales generados por los materiales retenidos, incluyendo las condiciones activas, en reposo y sísmica, así como las condiciones de capacidad portante y estabilidad de la cimentación.

De acuerdo con la información geotécnica disponible, los empujes laterales sobre el muro se consideran asociados exclusivamente al relleno ingenieril (Qri) y al suelo residual (Qsr),que son los 3 metros superiores, mientras que la Formación Guaduas localizada por debajo de la masa retenida se considera un estrato competente y no se incorpora como material generador de empujes. Asimismo, para la evaluación de los empujes se adopta un criterio conservador al despreciar la contribución de la cohesión de los materiales retenidos.

Por lo anterior, el diseño estructural deberá garantizar la adecuada capacidad de la estructura de contención frente a las solicitaciones actuantes y su interacción con la cimentación y el terreno de apoyo, considerando las condiciones estáticas y sísmicas establecidas en la información geotécnica y en la normativa de diseño aplicable.

4.2.1.3 Objetivo del diseño.

- Desarrollar el diseño estructural del muro de contención destinado a controlar y mitigar la amenaza de los movimientos y empujes de tierras que crean inestabilidades en el sector.

- Determinar las cantidades de obra asociadas a la solución diseñada, con el fin de establecer el presupuesto de construcción correspondiente.

4.2.1.4 Alcance del informe.

- Elaboración de memorias de análisis y diseño estructural.
- Estimar de cantidades de obra.
- Elaboración de planos de ubicación de las estructuras solución y complementarias, con indicación de los puntos de referencia, niveles de implantación y parámetros geotécnicos.
- Elaboración de planos estructurales en el cual se muestran dimensiones, detalles, distribución de refuerzo y cuadro de cantidades de obra.

4.2.1.5 Información disponible

Estudios geotécnicos

Tabla 106. Empujes sobre muro de baja altura. Fuente Consorcio PRESERVAR. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Unidad	Origen	γ (kN/m³)	φ′ (°)	c′ (kPa)	E (MPa)
Relleno ingenieril (Qri)	BRR-1, N60≈7	18	30	0	12
Suelo residual (Qsr)	BRR-1, N60≈7	18,5	25	0	18
Fm. Guaduas (cimentación)	SP-1, N60≈38	20	30	25	80

Parámetros sísmicos

Tabla 107. Parámetros sísmicos. Fuente Consorcio PRESERVAR. Estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Parámetro	Símbolo	Valor
Coeficiente de amplificación en periodos cortos	Fa	1.35
Coeficiente de amplificación en periodos intermedios	Fv	1.3
Periodo corto	Tc	0.616 s
Periodo largo	TL	3.0 s
Aceleración pico del terreno en superficie (Tr 475 años)	Ao	0.18 g
Aceleración pico en superficie, seguridad limitada (Tr 225)	Ao,SL	0.16 g
Aceleración pico en superficie, umbral de daño (Tr 31)	Ao,UD	0.08 g

De acuerdo con el numeral 5.14 del Decreto 523, la zona Cerros corresponde a un perfil de suelo tipo C.

4.2.1.6 Normatividad aplicable

Normas de diseño

- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTES NSR-10.
- CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES CCP-14
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.
- ACI 318.

Criterios de diseño

- Estado límite de servicio. (E.L.S)
- Estado límite de resistencia. (E.L.R)
- Estado límite de Evento Extremo (E.L.E.E)
- Factores de carga.
- Factores de reducción de resistencia.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Configuración estructural
Descripción del muro:

- Tipo cantilever.
- Altura total = 8.5 m

- Espesor de pantalla=0.80m en la base, 0.5 m en la corona
- Longitud de puntera=5.0 m
- Longitud de talón=0.0 m
- Longitud total de cimentación: Módulos entre 7 y 11 metros. Longitud total aproximada=67 ml

Materiales

Concreto:

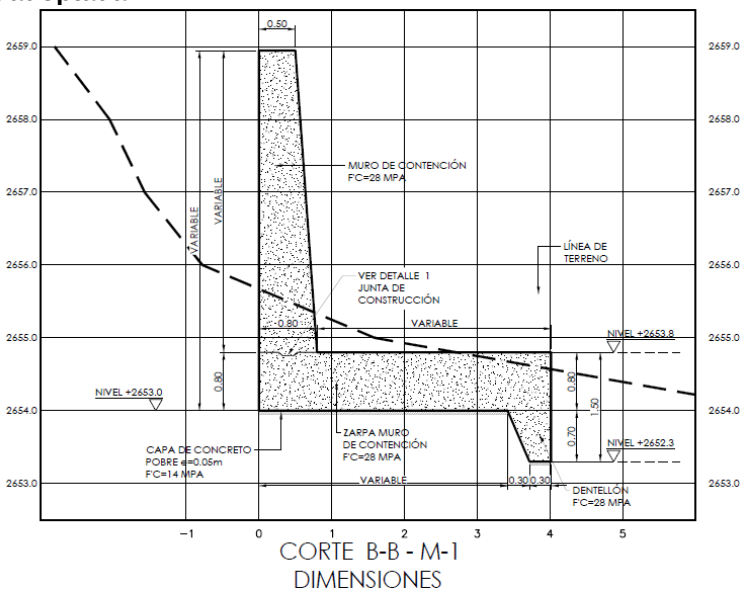
- f'c = 28 MPa

Acero:

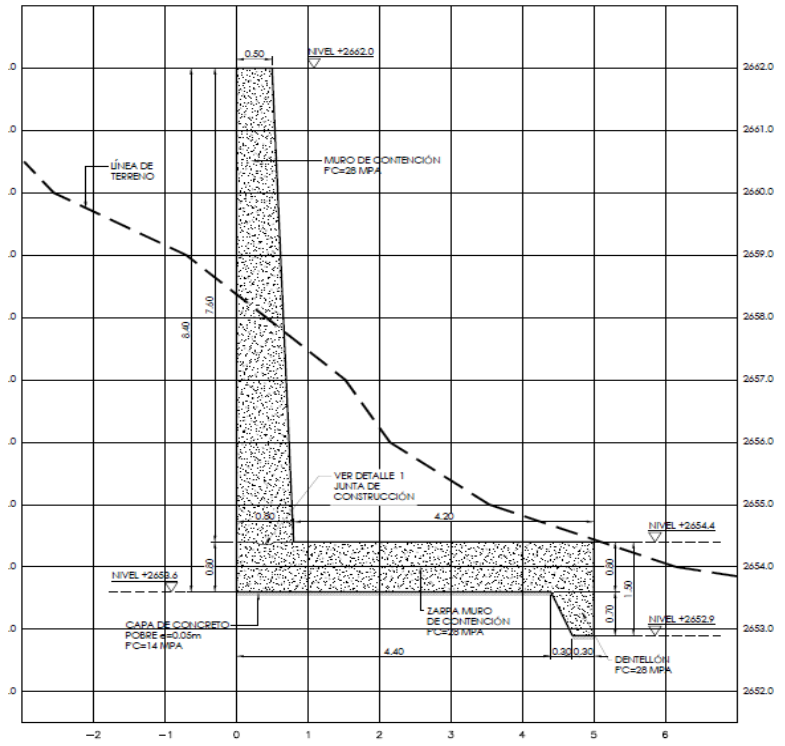
- fy = 420 MPa

Recubrimientos: 7 cm en las caras contra el terreno, 5 cm en las demás caras.

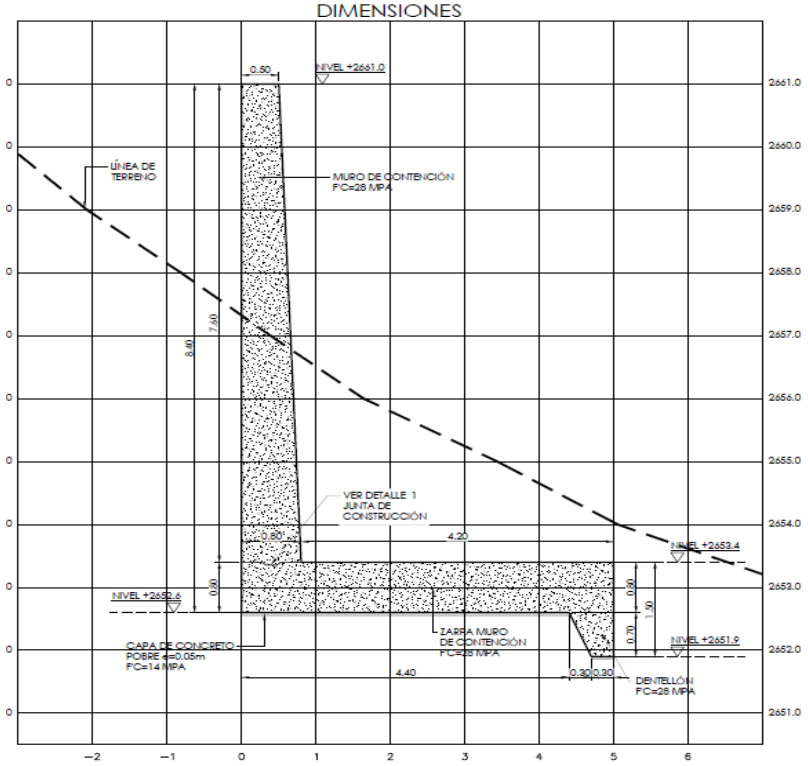
4.2.2.1 Geometría adoptada



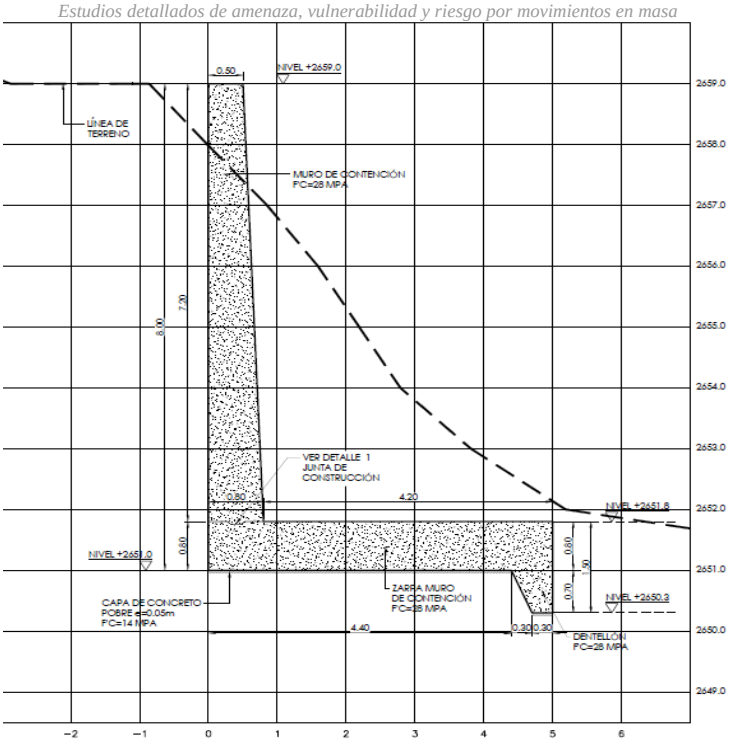
CORTE B-B - M-1
DIMENSIONES



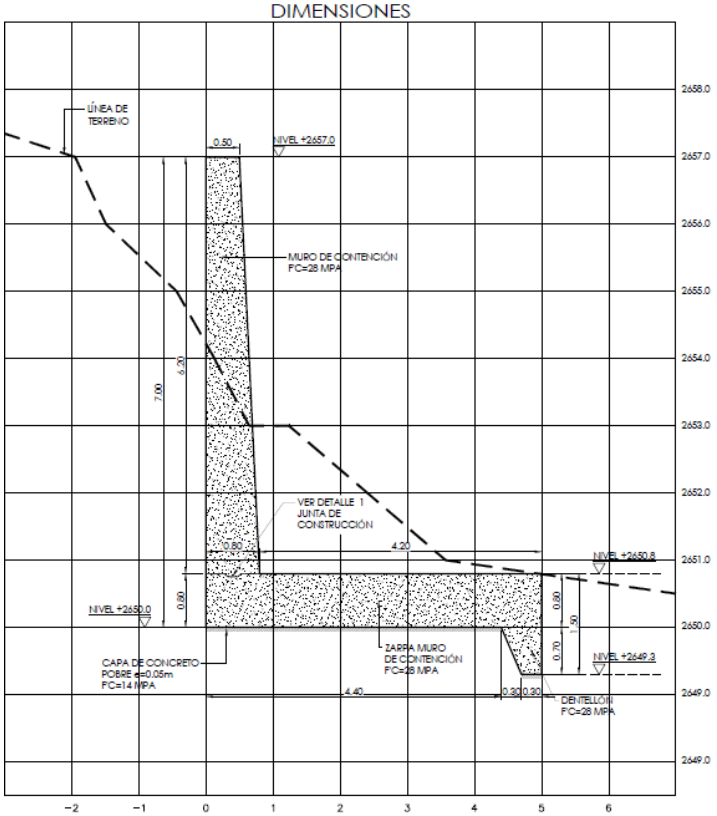
CORTE C-C - M-2
DIMENSIONES



CORTE C-C - M-3
DIMENSIONES



CORTE C-C - M-4
DIMENSIONES



CORTE F-F - M-5
DIMENSIONES

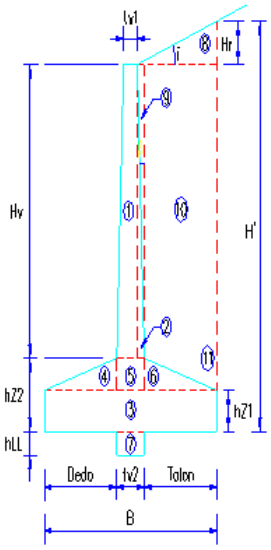
Figura 128. Geometría del muro de contención.
Fuente: elaboración propia.

4.2.2.2 Análisis de estabilidad

MURO DE CONTENCION EN VOLADIZO
H = 7,2 metros
LA ESTANCIA II

Predimensionamiento

Hv = 7,2



i =	0,00	grados
Hv =	7,20	m
hz_1 =	0,80	m
hz_2 =	0,80	m
Dedo =	4,20	m
tv_1 =	0,50	m
tv_2 =	0,80	m
B =	5,00	m
Hr =	0,00	m
H´ =	2,87	m
Hsobrecarga	0,60	m
Henterrada	1,50	m
Talón =	0,00	m
h_{LL} =	0,70	m
β =	2,39	Grados

ϕ = Angulo de fricción promedio equivalente en la base de la cuña de falla (por terreno natural de la ladera)
ϕ = 25
δ = Angulo de fricción interna del relleno
δ = 25

q max adm= Capacidad del suelo maxima admisible
q max adm= 50 t/m^2

σ adm = Esfuerzo maximo admisible
σ adm = 66,5 t/m^2 Incluido sismo

γ relleno =	1,8	t/m^3
γ ladera =	1,8	t/m^3
γ fundación =	1,8	t/m^3

Por Coulomb Coeficiente de presión activo de tierra sin sismo (Ka)

Ka = 0,42

Por Mononobe - Okabe Coeficiente de presión activo de tierra con sismo de diseño (Ka_E)

Aa = 0,15 (Para muros sin restricción al giro ni a la traslación

Kh = 0,14 (según NSR-10)

Ka_E = 0,53

ΔKa_E = 0,11

PESOS

ITEM	Area (*/m)	γ mater. (t/m^3)	P. TOTAL (t/m)
1	3,60	2,4	8,6
2	1,08	2,4	2,6
3	4,00	2,4	9,6
4	0,00	2,4	0,0
5	0,00	2,4	0,0
6	0,00	2,4	0,0
7	0,56	2,4	1,3
8	0,00	1,0	0,0
9	1,08	1,0	1,1
10	0,00	1,0	0,0
11	0,00	1,0	0,0
E W =			23,3

ANALISIS PARA CONDICION DE CARGAS Y PRESIONES PERMANENTE

EMPUJE DE TIERRAS

Pa = 0,5 γ Ka $(H')^2$ =	3,1	t/m
Pah = Pa Cos 0,04 =	3,1	t/m
Pav = Pa Sin 0,04 =	0,0	t/m
Pp = 0,5 γ Kp $(Henterr)^2$ =	5,2	t/m

VOLCAMIENTO

ITEM	FUERZA (t/m)	BRAZO (m)	M_A (t-m/m) ↗	M_A (t-m/m) ↖
Pa_h	3,1	6,00	18,72	
Pa_v	0,0	5,00		0,01
Pp	5,2	0,50		2,60
W1	8,6	4,45		38,45
W2	2,6	4,80		12,44
W3	9,6	2,50		24,00
W4	0,0	2,80		0,00
W5	0,0	4,60		0,00
W6	0,0	5,00		0,00
W7	1,3	4,60		6,18
W8	0,0	4,90		0,00
W9	1,1	4,90		5,29
W10	0,0	5,00		0,00
W11	0,0	5,00		0,00
E M_A =			18,72	88,97

F.S volc. = 4,75 O.K Mayor que 3.0

DESLIZAMIENTO

$E\,H = Pa_h =$ 3,1 t/m

- Largo plazo

a) Sin llave y sin Pp*, $c' =$ 0 $\phi' =$ 25

$F.S.d_{lp} =$ 5,14 O.K Mayor que 1.5 NO NECESITARIA LLAVE

b) Con llave, considerando Pp*, kp = 2,57

$2*c'*kp^{1/2} =$ 0,00

$2*c'*kp^{1/2} + \gamma h*kp =$ 6,9

Pp = 5,2 t/m
Pp* = 2,6 t/m

$F.S.d_{lp} =$ 5,97 O.K Mayor que 1.5

ANALISIS PARA CONDICION DE CARGAS Y/O PRESIONES TRANSITORIAS EXTRAORDINARIAS, CON SISMO ESPERADO DE DISEÑO DE Aa = 0,15

VOLCAMIENTO

Presiones de tierra

a) Estáticas

$Pa = 0,5\,\gamma\,Ka\,(H')^2 =$ 3,1 t/m
Pah = Pa Cos 0,04 = 3,1 t/m
Pav = Pa Sin 0,04 = 0,0 t/m

b) Incremento por Sismo

$\Delta Pa_E = 0,5\,\gamma\,\Delta Ka_E\,(H')^2 =$ 6,5 t/m
$\Delta Pa_{Eh} = \Delta Pa_E$ Cos 0,04 = 6,5 t/m
$\Delta Pa_{Ev} = \Delta Pa_E$ Sen 0,04 = 0,0 t/m

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE

FUERZAS SISMICAS INERCIALES SOBRE MURO Y RELLENC

Kh = 0,14

ITEM	FUERZA (t/m)	BRAZO (m)	MOMENTO (t-m/m) ↗	MOMENTO (t-m/m) ↖
W1	1,24	4,40		5,47
W2	0,37	3,20		1,19
W3	1,38	0,40		0,55
W4	0,00	0,80		0,00
W5	0,00	0,00		0,00
W6	0,00	0,80		0,00
W7	0,19	0,35	0,07	
W8	0,00	8,00		0,00
W9	0,16	5,60		0,87
W10	0,00	4,40		0,00
W11	0,00	0,80		0,00

ITEM	FUERZA (t/m)	BRAZO (m)	MOMENTO (t-m/m) ↗	MOMENTO (t-m/m) ↖
Pah	3,12	7,00	21,84	
Pav	0,00	5,00		0,01
Pa_{Eh}	6,47	1,72	11,12	
Pa_{Ev}	0,00	5,00		0,02
Pp	5,20	0,50		1,30
W1	1,24	4,40	5,47	
	8,6	4,45		38,45
W2	0,37	3,20	1,19	
	2,59	4,80		12,44
W3	1,38	0,40	0,55	
	9,60	2,50		24,00
W4	0,00	0,80	0,00	
	0,00	2,80		0,00
W5	0,00	0,00	0,00	
	0,00	4,60		0,00
W6	0,00	0,80	0,00	
	0,00	5,00		0,00
W7	0,19	0,35		0,07
	1,34	4,60		6,18
W8	0,00	8,00	0,00	
	0,00	4,90		0,00
W9	0,16	5,60	0,87	
	1,1	4,90		5,29
W10	0,00	4,40	0,00	
	0,0	5,00		0,00
W11	0,00	0,80	0,00	
	0,0	5,00		0,00
$E\ M_A$ =			41,06	87,76

$F.S\ volc._E$ = 2,14 O.K Mayor que 1.5

E M_A =	46,70 t-m/m		
E V =	23,3 t/m		
X cg =	2,01 m		
e_B =	0,49 m	e < B/6	
q max =	7,40 t/m^2	O.K. Menor que 66,5 t/m2	
q min =	1,90 t/m^2		
$\bar{q}$ =	4,65 t/m^2		

DESLIZAMIENTO CON SISMO

Ccu =	0 t/m^2	
ϕ cu =	25 °	
Kp =	2,57	

a) F.S. sin llave y sin Pp***

$F.S.d_E$ =	1,40	O.K Mayor que 1.13	NO NECESITARIA LLAVE

b) F.S. con llave y con Pp***

$2c^* Kp^{\wedge 1/2}$ = 0,00

$2c^* Kp^{\wedge 1/2} + \gamma h Kp$ = 6,93

Pp = 5,2 t/m
Pp*** = 2,6 t/m

$F.S.d_E$ =	1,40	O.K Mayor que 1.13

4.2.2.3 Diseño estructural

Modelo

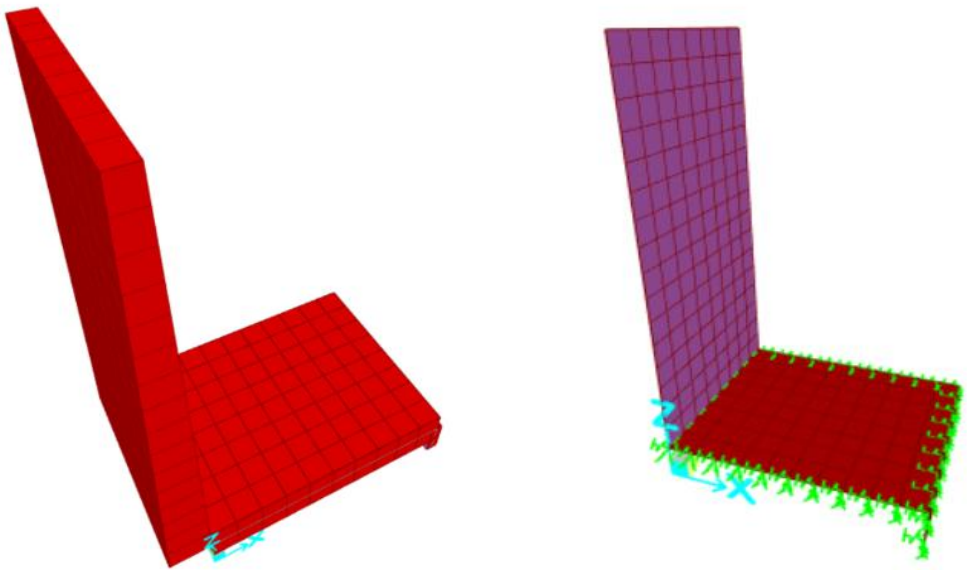


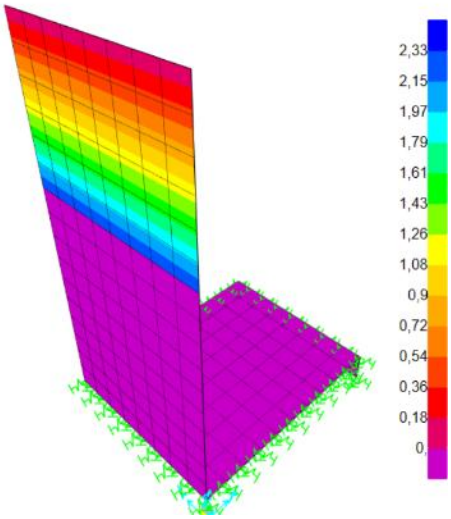
Figura 129. Modelo estructural del muro

Secciones

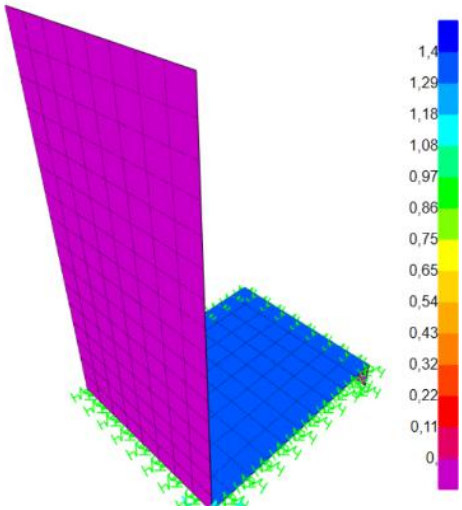
Tabla 108. Secciones de los elementos constitutivos del muro

	Section Text	Material Text	MatAngle Degrees	AreaType Text	Type Text	DrillDOF Yes/No	Thickness m	BendThick m
▶	LLAVE	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0,25	0,25
	VASTAGO	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0,8	0,8
	ZARPA	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0,8	0,8

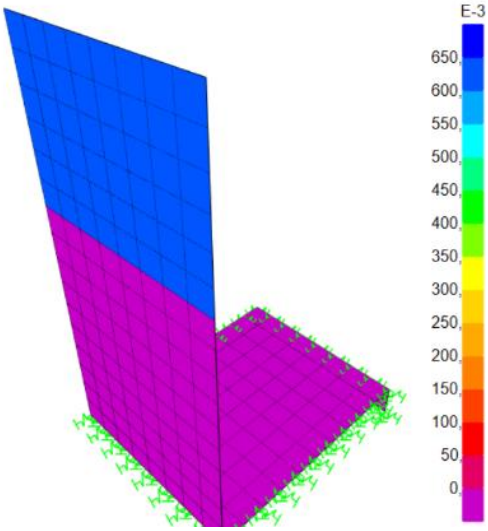
Avalúo y distribución de cargas



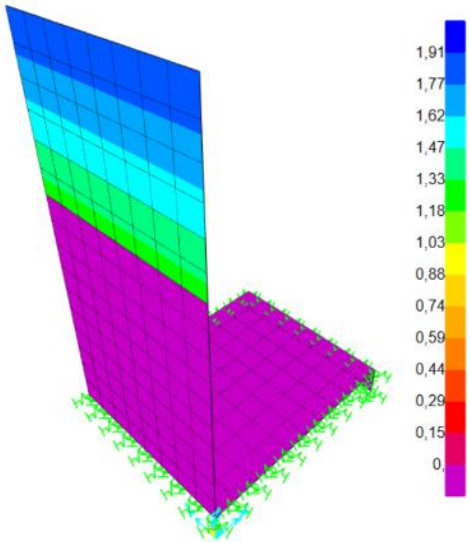
EH (Ton/m^2/m)= 0.42*2tn/m^3*3m=2,53



EV (Ton/m^2/m)= 2tn/m^3*0.7m=1.4

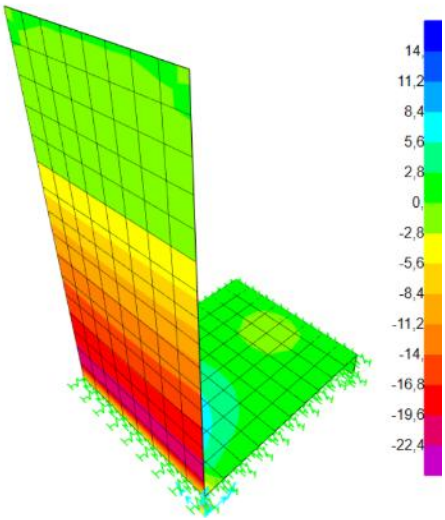


LS (Ton/m^2/m)= 0.42*1.5tn/m^2=0.63

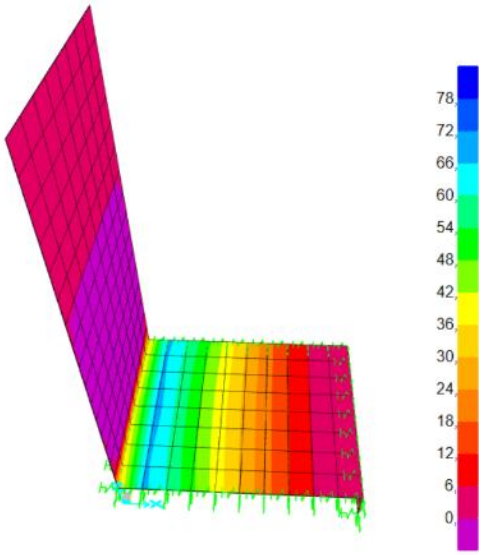


EQ (Ton/m^2/m)= 0.11*0.42*3.0n/m^2=1.91

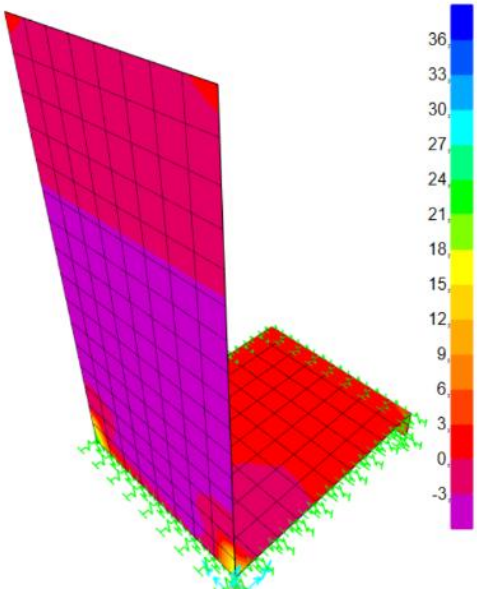
Solicitaciones



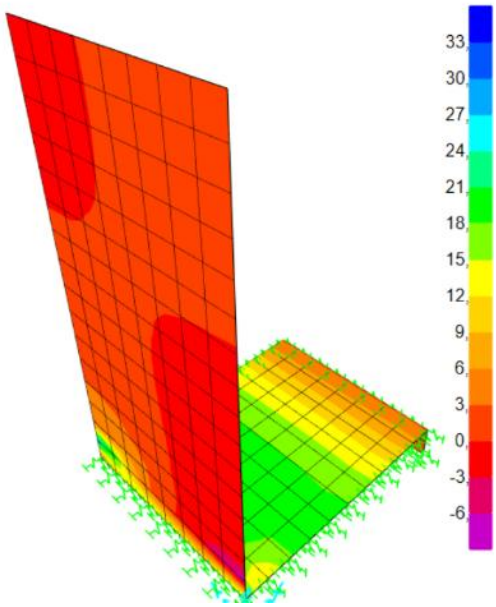
M2-2 (Ton*m/m) ENVOLULT



M1-1 (Ton*m/m) ENVOLULT



V2-3 (Ton/m) ENVOLULT



V1-3 (Ton/m) ENVOLULT

DISEÑO

PROYECTO **MURO LA ESTANCIA II**
DISEÑO A FLEXIÓN (REFUERZO VERTICAL)
MURO DE CONTENCIÓN

Datos:

F´c	28	Mpa
F´yl	420	Mpa

Y (m)	Mu (-) (N*mm)	b(mm)	h (mm)	d (mm)	β1	As (mm2)	c (mm)
0	2,40E+08	1000	800	730	0,85	5100	106
4	9,00E+07	1000	650	580	0,85	5100	106
8	1,87E+07	1000	500	430	0,85	2050	43

a (mm)	εs	ϕ	Mn (N*mm)	Mr (N*mm)	FALLA	Mcr (N*mm)	
90	0,0177	0,9	1467270000	1320543000	TRACCIÓN	671893837	CUMPLE
90	0,0134	0,9	1145970000	1031373000	TRACCIÓN	443554916	CUMPLE
36	0,0273	0,9	354656029	319190426	TRACCIÓN	262458530	CUMPLE

PROYECTO **MURO LA ESTANCIA II**
DISEÑO A FLEXIÓN
ZARPA MURO

Datos:

F´c	28	Mpa
F´yl	420	Mpa

X (m)	Mu (+) (N*mm)	b(mm)	h (mm)	d (mm)	β1	As (mm2)	c (mm)
0	7,90E+08	1000	800	725	0,85	5100	106
2	4,00E+07	1000	800	725	0,85	5100	106
3	6,50E+06	1000	800	725	0,85	5100	106
5	6,50E+06	1000	800	725	0,85	5100	106

a (mm)	εs	ϕ	Mn (N*mm)	Mr (N*mm)	FALLA	Mcr (N*mm)	
90	0,0175	0,9	1456560000	1310904000	TRACCIÓN	671893837	CUMPLE
90	0,0175	0,9	1456560000	1310904000	TRACCIÓN	671893837	CUMPLE
90	0,0175	0,9	1456560000	1310904000	TRACCIÓN	671893837	CUMPLE
90	0,0175	0,9	1456560000	1310904000	TRACCIÓN	671893837	CUMPLE

PROYECTO **LA ESTANCIA II**
DISEÑO A CORTANTE
VASTAGO

Datos:

F´c	28	Mpa
F´yl	420	Mpa
F´yt	420	Mpa

Y(m)	Vu (N)	N u (N)	Mu (N*mm)	b(mm)	h (mm)	dv (mm)	υu (Mpa)	As (mm2)	Av (mm2)
0	1,70E+05	8,40E+03	2,40E+08	1000	800	720	0,24	5100	0
4	4,20E+04	8,40E+03	9,00E+07	1000	650	570	0,07	5100	0
8	4,00E+03	8,40E+03	1,87E+07	1000	500	420	0,01	2050	0

ag (mm)	sx (mm)	εs	Sxe (mm)	β	θ	ϕ	ϕVc (N)	Vu-ϕVc (N)	Av/s
19	720	0,0005	300	3,5	31	0,9	1000148,15	-8,30E+05	-2,75
19	570	0,0002	300	4,2	30	0,9	942766,55	-9,01E+05	-3,76
19	420	0,0001	300	4,4	29	0,9	728035,57	-7,24E+05	-4,10

PROYECTO **LA ESTANCIA II**
DISEÑO A CORTANTE
ZARPA

Datos:

F´c	28	Mpa
F´yl	420	Mpa
F´yt	420	Mpa

X(m)	Vu (N)	N u (N)	Mu (N*mm)	b(mm)	h (mm)	dv (mm)	υu (Mpa)	As (mm2)	Av (mm2)
0	2,30E+05	8,00E+04	7,90E+08	1000	800	725	0,32	5100	0
2	1,90E+05	8,00E+04	4,00E+07	1000	800	725	0,26	5100	0
3	1,40E+05	8,00E+04	6,50E+06	1000	800	725	0,19	5100	0
5	5,30E+04	8,00E+04	6,50E+06	1000	800	725	0,07	5100	0

ag (mm)	sx (mm)	εs	Sxe (mm)	β	θ	ϕ	ϕVc (N)	Vu-ϕVc (N)	Av/s
19	725	0,0013	300	2,4	34	0,9	694675,82	-4,65E+05	-1,53
19	725	0,0003	300	4,0	30	0,9	1140998,17	-9,51E+05	-3,12
19	725	0,0002	300	4,2	30	0,9	1210643,07	-1,07E+06	-3,52
19	725	0,0001	300	4,5	29	0,9	1281371,23	-1,23E+06	-4,03

Acero de retracción y temperatura para muro

Se debe cumplir que As>= 750bh/2*(b+h)*fy

As=396 mm^2

Usar As=800 mm^2 en cada cara; No 5 @ 250 mm

4.2.2.4 Conclusiones

• De acuerdo con las condiciones geotécnicas y de estabilidad identificadas para el sector La Estancia II, se establece la necesidad de implementar una solución estructural de contención que permita controlar los empujes generados por los materiales superficiales del talud y contribuir a la reducción del riesgo asociado a los procesos de inestabilidad identificados.

• La solución estructural adoptada corresponde a un muro de contención tipo **cantilever**, conformado por una pantalla de concreto reforzado y una cimentación superficial tipo zapata corrida, con una longitud

aproximada de 67 m, distribuida en módulos de entre 7 m y 11 m de longitud, de acuerdo con la configuración geométrica definida en los planos del proyecto.

• Para el análisis y diseño estructural se consideraron las propiedades geotécnicas suministradas por el especialista responsable del estudio de suelos, correspondientes al relleno ingenieril (Qri), suelo residual (Qsr) y Formación Guaduas. Para los materiales retenidos se adoptaron, de manera conservadora, parámetros de cohesión nula en la evaluación de los empujes laterales.

El diseño estructural se desarrolló considerando los estados límite de servicio, resistencia y evento extremo que resultan aplicables a la estructura, empleando como referencia la NSR-10, el CCP-14, las especificaciones AASHTO LRFD y los criterios establecidos en ACI 318, según corresponda a cada componente de la estructura.

• Para los elementos de concreto reforzado se adoptó concreto con resistencia especificada a la compresión de **f'c = 28 MPa** y acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia **fy = 420 MPa**, considerando los recubrimientos establecidos para elementos en contacto con el terreno y para las demás superficies expuestas.

• El diseño del refuerzo de la pantalla y de la cimentación se realizó a partir de las envolventes de fuerzas internas obtenidas del modelo estructural, verificando las solicitaciones de flexión y cortante correspondientes a las diferentes combinaciones de carga consideradas. Adicionalmente, se contempló el refuerzo mínimo requerido para efectos de retracción y temperatura, adoptándose como disposición mínima **No. 5 cada 25 cm en cada cara**, de acuerdo con el criterio de diseño establecido en las memorias.

4.2.3 IMPLANTACIÓN PRELIMINAR DE OBRAS

4.2.3.1 Análisis de ingeniería del muro de contención

La medida de mitigación proyectada en el sector de la antigua vía corresponde a un muro de contención en concreto reforzado, apoyado sobre la Formación Guaduas y complementado con anclajes pasivos dispuestos en el trasdós, un relleno ingenieril de conformación y un relleno de puntera que aporta confinamiento pasivo adicional. El presente numeral desarrolla el análisis de ingeniería de la estructura desde el componente geotécnico: la determinación de los empujes laterales para la geometría real del corte y la determinación de la capacidad portante de la cimentación. Estos dos resultados constituyen los parámetros que se entregan al especialista estructural; la verificación de la estabilidad externa del muro y el dimensionamiento del refuerzo no forman parte del alcance de este numeral.

Los parámetros de resistencia, los pesos unitarios y los coeficientes de presión de poros se toman del numeral 3.3 – Modelo geológico-geotécnico; los escenarios de análisis, el coeficiente sísmico y la sobrecarga, del numeral 3.3.3; y los factores de seguridad de aceptación, de la Resolución 111 de 2022 del IDIGER conforme se adoptó en el numeral 3.4.

4.2.3.2 Evaluación de la condición de amenaza, vulnerabilidad y riesgo con medidas de mitigación.

4.2.3.2.1 Geometría de la obra y del corte de implantación

La sección de análisis atraviesa la ladera en el sector de la antigua vía, donde el sendero peatonal se localiza en la corona y la calle 62K Sur en la pata. La implantación de la estructura exige un corte temporal cuya cara queda conformada por dos tramos de inclinación diferente, definidos en función de la unidad geológica interceptada: el tramo superior, desarrollado en el depósito coluvial, con relación 1H:2V; y el tramo inferior, desarrollado en la Formación Guaduas, con relación 1H:3V. El fondo de excavación se sitúa sobre la Formación Guaduas y, en el frente, la excavación empalma con el terreno natural mediante un contratalud de 2H:1V.

El dimensionamiento del muro —altura, ancho de la cimentación, espesores de la pantalla y de la zapata y geometría del dentellón— corresponde al diseño estructural y no se reproduce en este numeral. Las dimensiones definitivas se consignan en la memoria de cálculo estructural del numeral 6.1.1 y en los planos de diseño estructural del Anexo J-3; cualquier ajuste que introduzca el especialista estructural sobre esa geometría obliga a revisar los empujes obtenidos.

Los parámetros geométricos que gobiernan el análisis geotécnico desarrollado en los numerales siguientes son: la altura del relleno retenido sobre el trasdós, de 8,40 m; las inclinaciones de la cara del corte antes indicadas; la profundidad de desplante de la cimentación, Df = 1,5 m; y el espesor máximo del relleno de puntera, de 1,00 m.

4.2.3.2.2 Escenarios de análisis y factores de seguridad exigidos

Los análisis se desarrollan en los cuatro escenarios definidos, cuyo resultado proviene de combinar la condición de agua —saturada y seca— con la acción sísmica. El efecto del agua no se representa mediante una superficie freática, sino a través del coeficiente de presión de poros Ru, tal como se estableció en el modelo geológico-geotécnico: la condición saturada corresponde a la hipótesis desfavorable de ascenso de la superficie freática hasta el terreno por infiltración prolongada, que en los materiales de suelo equivale a Ru = 0,5, mientras que en la Formación Guaduas se conserva el Ru = 0,10 que arroja la piezometría registrada. En la condición seca se asigna Ru = 0 a todos los materiales.

Tabla 109. Escenarios de análisis y coeficientes de presión de poros adoptados.

Escenario	Condición de agua	Sismo	Ru – suelos	Ru – Fm. Guaduas	Condición Res. 111 de 2022
1	Saturado	No	0,5	0,10	Normal de agua y sin sismo
2	Seco	No	0	0	Normal de agua y sin sismo
3	Saturado	Sí (KST = 0,144)	0,5	0,10	Extrema de agua y con sismo
4	Seco	Sí (KST = 0,144)	0	0	Extrema de agua y con sismo

Fuente: Elaboración propia.

La sobrecarga superficial adoptada es q = 15 kPa, conforme al numeral H.5.1.2 del Título H de la NSR-10 para vía pública y zonas libres próximas a excavaciones temporales, según se estableció en el numeral 3.3.3. El coeficiente sísmico pseudoestático de los análisis de estabilidad global es KST = 0,144 g, obtenido de la aceleración máxima del terreno a_{max} = 0,18 g con la reducción del 80 % admitida por la Resolución 111 de 2022. Para el cálculo de los empujes sobre la estructura se adopta $k_h = 0{,}5 \cdot a_{max}$ = 0,09, conforme a la práctica aceptada para muros de contención.

Tabla 110. Factores de seguridad de aceptación.

Verificación	Condición	FS mínimo	Referencia
Estabilidad global con obras	Normal de agua y sin sismo (escenarios 1 y 2)	1,50	Res. 111 de 2022 – IDIGER
Estabilidad global con obras	Extrema de agua y con sismo (escenarios 3 y 4)	1,10	Res. 111 de 2022 – IDIGER
Estabilidad global durante construcción	Normal de agua y sin sismo (condición transitoria)	1,25	Criterio adoptado para etapa constructiva
Estabilidad global durante construcción	Extrema de agua y con sismo (condición transitoria)	1,00	Criterio adoptado para etapa constructiva

Verificación	Condición	FS mínimo	Referencia
Capacidad portante de la cimentación	Estática	3,00	NSR-10 · Título H

Fuente: Elaboración propia.

Para la condición extrema se adopta FS ≥ 1,10, valor con el cual la Resolución 111 de 2022 define la categoría de amenaza baja. Se advierte que el alcance del estudio, recogido en la Tabla 76 del numeral 3.3.3, consigna FS ≥ 1,05 para la condición pseudoestática; se conserva el valor más exigente de los dos.

4.2.3.2.3 Parámetros de los materiales

Las propiedades del material de relleno asignado detrás de las estructuras de contención corresponden a las recomendaciones establecidas para rellenos ingenieriles controlados; se resumen en la Tabla 105 y son las que deben exigirse en la especificación de obra y verificarse durante la colocación.

Tabla 111. Características y especificaciones del relleno ingenieril recomendado para el muro.

Propiedad	Símbolo	Valor	Unidad
Peso unitario	γ	21	kN/m³
Ángulo de fricción interna	φ′	31	°
Ángulo de fricción muro–relleno	δ	20	°
Relación de sobreconsolidación	OCR	1	–
Cohesión	c′	7	kN/m²

Fuente: Elaboración propia.

Para los escenarios saturados se adopta un peso unitario saturado γsat = 22,5 kN/m³, obtenido al aplicar al relleno del muro el mismo incremento que el numeral 3.3.1.3 estableció para los depósitos de relleno ingenieril del proyecto (γ = 19,0 → γsat = 20,5 kN/m³). Las unidades geológicas atravesadas por el corte y la unidad de cimentación se caracterizan con los parámetros del modelo geológico-geotécnico.

Tabla 112. Parámetros de resistencia y presión de poros de las unidades involucradas.

Unidad	Función en el análisis	γ (kN/m³)	γsat (kN/m³)	c′ (kPa)	φ′ (°)	Ru sat.	Ru seco
Relleno ingenieril del muro	Masa retenida y relleno de puntera	21,0	22,5	7,0	31,0	0,5	0
Depósito coluvial (Qc)	Material de corte – tramo superior	18,5	20,5	0,0	31,0	0,5	0
Suelo residual (Qsr)	Material de corte	18,5	19,6	0,0	27,0	0,5	0
Fm. Guaduas – areniscas (K2E1gm-ar)	Contorno del corte – tramo inferior	16,6	16,6	73,0	28,7	0,10	0
Fm. Guaduas – arcillolitas (K2E1gm-arc)	Sustrato profundo	17,7	17,7	37,0	11,8	0,10	0
Fm. Guaduas (cimentación, SP-1)	Unidad de apoyo de la zapata	20,0	20,0	25,0	30,0	0,10	0
Concreto del muro	Estructura	24,0	24,0	Resistencia infinita	–	–	–

Fuente: Elaboración propia con base en el numeral 3.3 (Tablas 8 y 30) y en el anexo E.8.03 – Parámetros geotécnicos para diseño estructural.

4.2.3.2.4 Etapa 0 – actividades preliminares

Comprende las labores previas al movimiento de tierras, orientadas a garantizar el control topográfico, la seguridad de los elementos expuestos y el manejo de las aguas superficiales durante toda la obra.

1. Localización y replanteo de la obra a partir de los puntos de control materializados en el levantamiento topográfico, con verificación de las cotas de corona, de fondo de excavación y del eje del muro.
2. Instalación de la señalización, el cerramiento provisional y el plan de manejo de tráfico peatonal en el sendero de la antigua vía y vehicular en la calle 62K Sur.
3. Instrumentación de control: instalación de los testigos y puntos de referencia topográfica sobre las edificaciones vecinas y sobre la corona del talud, con lectura de la línea base antes de excavar.
4. Descapote y retiro de la cobertura vegetal en el ancho estrictamente necesario, con acopio del material orgánico para su reutilización en la revegetalización final.
5. Construcción del drenaje provisional en la corona del corte, mediante canaleta en tierra revestida o prefabricada, para interceptar la escorrentía y conducirla fuera de la zona de trabajo.
6. Demolición y retiro de las estructuras existentes que interfieran con la implantación, previa verificación de que no cumplen función de contención temporal.

4.2.3.2.5 Determinación de los empujes laterales

Las formulaciones convencionales de Rankine y Coulomb suponen una masa retenida semiinfinita limitada únicamente por el trasdós y por la superficie del terreno. Esa hipótesis no representa la condición real de la obra: el relleno ingenieril queda confinado entre el trasdós del muro y la cara del corte ejecutado en la Formación Guaduas y en el depósito coluvial, de manera que la superficie de falla no puede desarrollarse libremente dentro del relleno sino que queda forzada a seguir el contorno de la excavación. Por esta razón el empuje se determina mediante un análisis de cuña con superficie impuesta.

El mecanismo adoptado corresponde a una cuña de dos bloques limitada por la cara del corte. El bloque superior desliza por el tramo de 1H:2V desarrollado en el depósito coluvial —cuerda equivalente de 63,4°— y transmite una fuerza interbloque P a través de un plano vertical; el bloque inferior desliza por el tramo de 1H:3V desarrollado en la Formación Guaduas —cuerda equivalente de 69,7°— y moviliza el empuje E contra el trasdós. En cada interfaz relleno–corte se moviliza únicamente fricción, con un ángulo $\delta_i = \tfrac{2}{3}\cdot\varphi' = 20{,}7°$ y adherencia nula, hipótesis conservadora frente al contacto real escarificado. Sobre el trasdós se adopta $\delta = 20°$ y en la corona actúa la sobrecarga q = 15 kPa.

El equilibrio de fuerzas de cada bloque se plantea en la Ecuación 1:

$$W + k_h \cdot W + N' + (N') \cdot \tan \delta_i + P + E = 0 \qquad \text{(para cada bloque)}$$

donde W es el peso del bloque incluida la sobrecarga, $N' = N - U$ la reacción normal efectiva sobre la cara del corte, U la resultante de las presiones de poros sobre esa cara, P la fuerza interbloque y E el empuje sobre el trasdós. La presión de poros se introduce de forma coherente con el numeral 3.3.1.3, es decir a partir del coeficiente Ru y no de una superficie freática, según la Ecuación 2:

$$U = Ru \cdot \gamma \cdot \bar{z} \cdot L$$

con $\bar{z}$ la profundidad media de la cuerda bajo la superficie del relleno y L su longitud. Para el bloque inferior resultan $\bar{z}$ = 5,18 m y L = 6,93 m; para el bloque superior, $\bar{z}$ = 0,98 m y L = 2,23 m. La búsqueda se realiza para la geometría impuesta por el corte, de modo que no existe un ángulo crítico libre: el mecanismo es cinemáticamente determinado por el contorno de la excavación. La memoria de cálculo detallada se presenta en el anexo E.8.01.

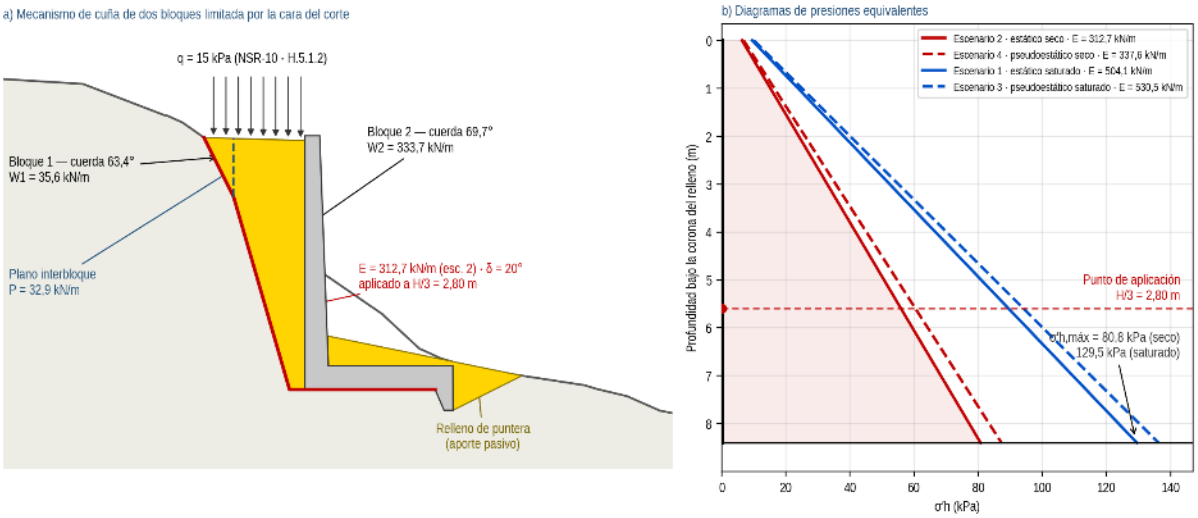


Figura 130. Mecanismo de cuña de dos bloques y diagramas de presiones equivalentes.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.6 Empujes laterales – resultados

Los resultados obtenidos para los cuatro escenarios de análisis, por metro lineal de muro, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 113. Resultantes de empuje lateral sobre el trasdós del muro (por metro lineal).

Escenario	Condición	P (kN/m)	E (kN/m)	Eh (kN/m)	Ev (kN/m)	K equivalente
1	Estático saturado (Ru = 0,5)	46,1	504,1	473,7	172,4	0,635
2	Estático seco (Ru = 0)	32,9	312,7	293,8	106,9	0,422
3	Pseudoestático saturado (Ru = 0,5)	49,5	530,5	498,5	181,4	0,668
4	Pseudoestático seco (Ru = 0)	36,1	337,6	317,2	115,5	0,456

Fuente: Elaboración propia.

El escenario 3 gobierna el diseño, con un empuje total de 530,5 kN/m y componente horizontal de 498,5 kN/m. El incremento dinámico es ΔE = 24,9 kN/m en condición seca y 26,5 kN/m en condición saturada. El punto de aplicación de la resultante estática se ubica a H/3 = 2,80 m sobre la base de la zapata y el incremento dinámico a 0,6·H = 5,04 m. La presión horizontal máxima en la base es de 80,8 kPa en condición seca y de 129,5 kPa en condición saturada. Estos diagramas trapeciales equivalentes son los que se entregan al diseño estructural de la pantalla y de la zapata.

El paso de la condición seca a la saturada incrementa el empuje en un 61 %, lo que confirma que el drenaje del trasdós no es un accesorio sino una condición de diseño: el geodrén, el filtro y las lloraderas especificados representan los elementos que mantienen el relleno en la condición drenada. La Tabla 114 presenta la sensibilidad del empuje al coeficiente de presión de poros efectivamente alcanzado en el relleno, que permite dimensionar la consecuencia de una colmatación parcial del sistema de drenaje.

Tabla 114. Sensibilidad del empuje al coeficiente de presión de poros del relleno del trasdós.

Ru en el relleno	Ea estático (kN/m)	Eae pseudoestático (kN/m)	Incremento respecto de Ru = 0
0 (drenaje operativo)	312,7	337,6	–
0,05	349,2	375,7	+12 %
0,10	366,4	392,9	+17 %
0,15	383,6	410,1	+23 %
0,20	400,8	427,3	+28 %
0,30	435,2	461,7	+39 %
0,50 (drenaje colmatado)	504,1	530,5	+61 %

Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 3 la resultante normal sobre la cara del corte es N = 451,4 kN/m y la resultante de presiones de poros U = 404,2 kN/m, con lo que la normal efectiva se reduce a N′ = 47,2 kN/m. La normal efectiva se anula para Ru ≈ 0,61; por debajo de ese valor el mecanismo conserva equilibrio, pero el margen disponible en la condición saturada de diseño es estrecho, lo que refuerza la exigencia de drenaje.

El análisis de sensibilidad frente a las hipótesis de la interfaz relleno–corte muestra que, en el escenario 2, el empuje se reduce de 312,7 a 238,7 kN/m si el contacto se considera rugoso con $\delta_i = \varphi'$. Se conserva la hipótesis $\delta_i = \tfrac{2}{3}\cdot\varphi'$ por ser la más desfavorable y por no disponerse de ensayos de interfaz. Como referencia, la formulación de Coulomb para un relleno semiinfinito arrojaría Ea = 248,2 kN/m (Ka = 0,286) y la de Mononobe-Okabe Eae = 299,2 kN/m (Kae = 0,345); ambas subestiman la solicitación real por no reconocer el confinamiento impuesto por la cara del corte.

4.2.3.2.7 Determinación de la capacidad portante de la cimentación

La cimentación del muro es superficial y corresponde a una zapata corrida, con profundidad de desplante Df = 1,5 m, apoyada sobre la parte superficial de la Formación Guaduas caracterizada en el sondeo SP-1. La zapata incorpora un dentellón o llave de cortante de 0,70 m de profundidad y 0,44 m de ancho en el extremo de la puntera. La capacidad portante última se evalúa por la ecuación general de Vesic, conforme al Título H de la NSR-10, aplicando un factor de seguridad FS = 3 para obtener la capacidad admisible. El desarrollo completo se presenta en el anexo E.8.04.

$$q_{ult} = c'\cdot N_c + q\cdot N_q + 0{,}5\cdot\gamma\cdot B\cdot N_\gamma \qquad (3)$$

$$q_{adm} = q_{ult} / FS \qquad \text{con } FS = 3 \qquad (4)$$

donde c′ y γ son la cohesión efectiva y el peso unitario de la unidad de cimentación, q = γ·Df es la sobrecarga de fundación, B es el ancho de la zapata y Nc, Nq y Nγ son los factores de capacidad de carga de Vesic, obtenidos de las Ecuaciones 5 a 7:

$$N_q = e^{(\pi\cdot\tan\varphi')}\cdot\tan^2(45° + \varphi'/2) \qquad (5)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan\varphi' \qquad (6)$$

$$N_\gamma = 2\cdot(N_q + 1)\cdot\tan\varphi' \qquad (7)$$

No se aplican factores de forma por tratarse de una cimentación continua, ni factores de inclinación de la carga, cuya incorporación corresponde al diseño estructural una vez definidas las solicitaciones de la estructura. La exploración no registró agua en el nivel de desplante —el único registro corresponde al sondeo SP-1 a 25,00 m de profundidad—, por lo que no se aplica reducción por sumergencia; de detectarse agua durante la excavación, la capacidad debe recalcularse con pesos sumergidos.

Tabla 115. Parámetros de la Formación Guaduas (SP-1) y factores de capacidad de carga (Vesic).

γ (kN/m³)	φ′ (°)	c′ (kPa)	Df (m)	q = γ·Df (kPa)	Nc	Nq	Nγ
20	30	25	1,5	30	30,1	18,4	22,4

Fuente: Anexo E.8.04 – Capacidad portante de la cimentación.

4.2.3.2.8 Capacidad portante – resultados

Los resultados obtenidos en función del ancho de la zapata, con Df = 1,5 m y FS = 3, se presentan en la Tabla 116.

Tabla 116. Capacidad portante última y admisible en función del ancho de la zapata (FS = 3).

B (m)	qult (kPa)	qadm (kPa)
1,0	1.530	510
1,5	1.642	547
2,0	1.754	585
2,5	1.866	622
3,0	1.978	659

Fuente: Anexo E.8.04 – Capacidad portante de la cimentación.

- Los valores están gobernados por la resistencia al corte con un factor de seguridad FS = 3.
- Dado que la Formación Guaduas es un sustrato competente y rígido, los asentamientos a cargas de servicio se estiman pequeños, del orden de menos de 2,5 cm.
- Se recomienda verificar la capacidad y la deformabilidad con ensayos de laboratorio sobre muestras de la Formación Guaduas.
- Para el diseño estructural puede adoptarse qadm ≈ 500 kPa, con confirmación posterior mediante los resultados de laboratorio.

La capacidad portante así determinada, junto con los empujes constituyen el conjunto de parámetros geotécnicos que se entrega al especialista estructural. La verificación de la estabilidad externa de la estructura —deslizamiento, volcamiento, excentricidad de la resultante y esfuerzos de contacto—, así como el dimensionamiento del refuerzo de la pantalla, de la zapata y del sistema de anclaje, corresponden al diseño estructural y no se desarrollan en el presente numeral. La verificación de la estabilidad global de la ladera intervenida, que integra el conjunto muro–anclajes–rellenos, se presenta en el capítulo 4.

4.2.3.2.9 Sostenimiento temporal del corte: pernos pasivos ø25 mm

El sostenimiento del corte se diferencia por tramos en función de la competencia del material interceptado. La totalidad de la cara del corte se protege con concreto lanzado de resistencia f′c = 21 MPa, con espesor de 0,10 m cuando no se detecta presencia de agua durante la excavación y de 0,15 m cuando sí se detecta, caso en el cual se instalan además drenes o lloraderas horizontales cada 2,0 m. En el tramo inferior, desarrollado en la Formación Guaduas, el concreto lanzado actúa únicamente como protección superficial frente a la erosión y el descascaramiento, dado que la competencia del material permite sostener la inclinación 3V:1H sin refuerzo. En el tramo superior, desarrollado en el depósito coluvial, se instalan pernos pasivos de barra corrugada de 25 mm de diámetro alojados en perforación inyectada con mortero, con platina de reparto de 150×150×9 mm y tuerca, solidarizados al concreto lanzado y dispuestos a tresbolillo con separación de 1,0 m entre ejes.

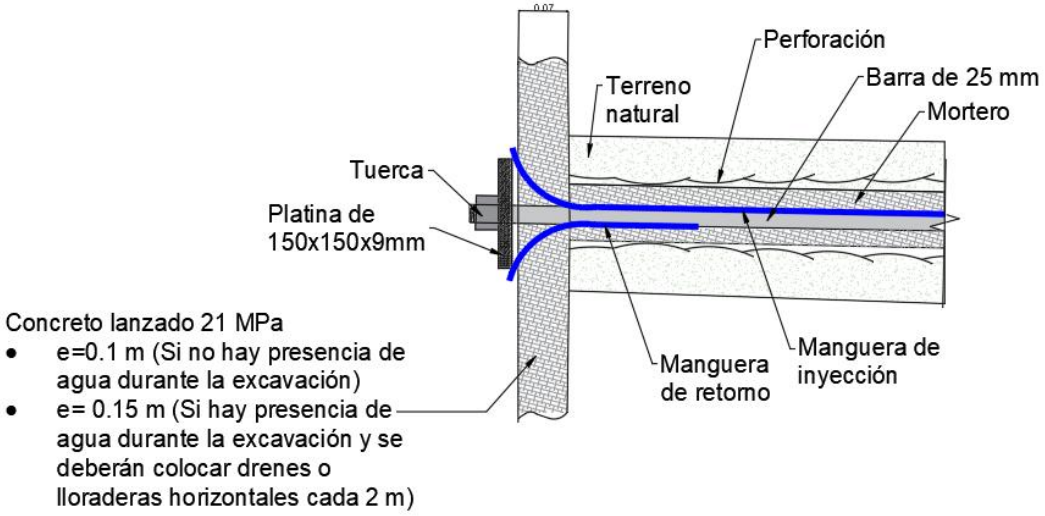


Figura 131. Esquema del perno pasivo Ø25 mm – detalle constructivo.
Fuente: Detalle constructivo del proyecto; adaptado del Volumen V – Taludes.

Los parámetros que se introducen en el modelo de equilibrio límite corresponden a la definición de soporte tipo Soil Nail con aplicación pasiva (Method B), en la cual se ingresan capacidades últimas y no reducidas, dado que los factores de seguridad los aplica el propio análisis. La capacidad a tensión de la barra y la resistencia por adherencia terreno–lechada se obtienen con las Ecuaciones 8 y 9
:

$$T = As \cdot Fy \qquad \text{con} \quad As = \pi \cdot d^2/4 \tag{8}$$

$$qult = \pi \cdot Dh \cdot \tau \tag{9}$$

Tabla 117. Parámetros geotécnicos del perno pasivo Ø25 mm para el análisis de equilibrio límite.

Parámetro	Formulación	Valor
Área resistente de la barra	As = π·25²/4	490,9 mm²
Capacidad a tensión (Tensile Capacity)	T = As·Fy = 490,9 × 420	206,2 kN
Diámetro de perforación	Dh	0,075 m
Adherencia unitaria terreno–lechada	τ (valor de referencia)	64 kPa
Adherencia por metro (Bond Strength)	qult = π × 0,075 × 64	15,1 kN/m
Adherencia admisible por metro (FS = 2,0)	qadm = qult / 2,0	7,5 kN/m
Separación entre ejes	s (a tresbolillo)	1,0 m
Inclinación bajo la horizontal	I	15°

Fuente: Elaboración propia; memoria de cálculo en el anexo E.8.02.

La longitud definitiva de cada fila se establece a partir de la superficie crítica obtenida en el análisis de equilibrio límite, verificando que la longitud desarrollada detrás de esa superficie sea suficiente para movilizar la fuerza requerida. El valor de adherencia terreno–lechada de 64 kPa es un valor de referencia y debe confirmarse mediante ensayos de arrancamiento antes de cerrar el diseño. La verificación estructural del cabezal —flexión de la platina, punzonamiento del concreto lanzado, aplastamiento local y diseño del paño— corresponde al diseño estructural y se desarrolla en el anexo E.8.02.

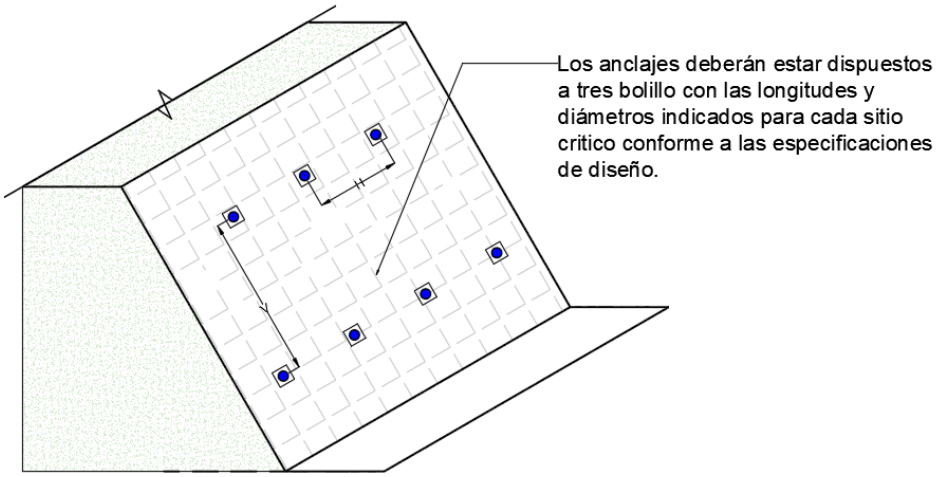


Figura 132. Isométrico de instalación de anclajes pasivos.
Fuente: Adaptado del Volumen V – Taludes.

4.2.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN

El proceso constructivo se estructura en etapas sucesivas cuya secuencia condiciona directamente la estabilidad de la ladera. El criterio rector es que en ningún momento de la construcción se exponga un frente de corte mayor al analizado ni se retire el confinamiento de la pata antes de disponer del elemento de contención definitivo. Por esta razón las etapas se definen de forma que cada una de ellas corresponda a una configuración geométrica verificable mediante análisis de estabilidad, y se establece la construcción por módulos como condición contractual.

4.2.4.1 Disposiciones generales

- Todas las dimensiones se expresan en metros, salvo indicación expresa de otra unidad.
- Antes de iniciar los trabajos en campo se deben verificar las coordenadas y las cotas de localización de la obra contra el plano de implantación definitiva.
- Las obras proyectadas podrán ajustarse de acuerdo con las condiciones del terreno encontradas al iniciar la excavación; todo ajuste debe ser avalado por la interventoría y por el especialista geotécnico.
- La construcción se ejecuta por módulos de aproximadamente 5,0 m de longitud. Concluido un módulo, incluidos su relleno y su drenaje, se autoriza el inicio del siguiente.
- No se permite mantener frentes de excavación abiertos sin sostenimiento al final de la jornada ni durante los períodos de lluvia intensa.
- El material de excavación no puede acopiarse sobre la corona del talud ni en la zona de influencia del corte; se dispone en la ZODME autorizada.

4.2.4.2 Etapa 1 – corte de implantación y sostenimiento temporal (etapa durante la construcción)

El corte de implantación se ejecuta descendentemente en pasos de excavación de altura limitada, instalando el sostenimiento de cada paso antes de descender al siguiente. La cara del corte se conforma con dos inclinaciones: en el tramo superior, desarrollado en el depósito coluvial, se adopta una relación 1H:2V con una altura de 2,00 m; en el tramo inferior, desarrollado en la Formación Guaduas, se adopta una relación 1H:3V con una altura de 6,50 m, para una altura total de corte de 8,50 m. El fondo de excavación se ubica en la cota 2.654,36 m s. n. m., con un ancho de 4,92 m que comprende los 4,40 m de la zapata y una banqueta de trabajo de 0,52 m entre el pie del corte y el trasdós del muro. En el frente de

la excavación se conforma un contratalud de 2H:1V y 1,00 m de altura hasta empalmar con el terreno natural.

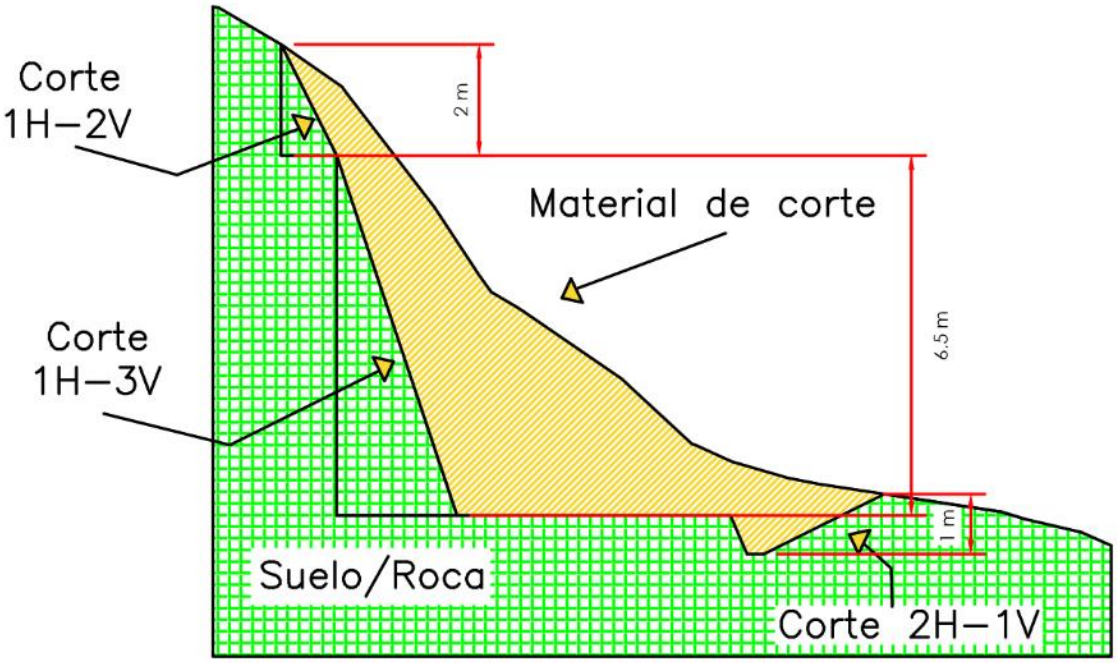


Figura 133. Sección típica de corte para la implantación del muro – sección F–F'.
Fuente: Diseño del proyecto (dimensiones en metros).

1. Excavación descendente en pasos de altura máxima 1,0 m en el tramo superior en depósito coluvial, correspondiente a la separación vertical de los pernos, y en pasos de hasta 1,5 m en el tramo inferior en la Formación Guaduas; en ningún caso se deja talud desprotegido al final de la jornada.

2. Perfilado de la cara del corte a la inclinación de diseño y retiro del material suelto.

3. En el tramo superior, perforación e instalación de los pernos pasivos Ø25 mm de la fila correspondiente, con inyección del mortero desde el fondo de la perforación mediante manguera de inyección y manguera de retorno. En el tramo inferior no se instalan pernos.

4. Aplicación del concreto lanzado f′c = 21 MPa en toda la cara del corte, con espesor de 0,10 m en ausencia de agua y de 0,15 m en presencia de agua, en cuyo caso se instalan drenes o lloraderas horizontales cada 2,0 m.

5. En el tramo superior, instalación de la platina de reparto de 150×150×9 mm y de la tuerca, con apriete controlado una vez alcanzada la resistencia del mortero y del concreto lanzado.

6. Repetición de la secuencia hasta alcanzar el fondo de excavación, con lectura de la instrumentación al término de cada paso.

7. Verificación del nivel de desplante y comprobación de que el fondo corresponde efectivamente a la Formación Guaduas; en caso contrario, profundización hasta encontrar el sustrato competente.

Esta configuración —corte abierto y sostenido, sin muro— constituye el escenario más desfavorable de toda la obra y es el que se verifica como etapa durante la construcción.

4.2.4.3 Etapa 2 – construcción del muro y relleno del trasdós

1. Conformación del solado de limpieza y replanteo de los ejes de la zapata sobre el fondo de excavación.

2. Excavación y vaciado del dentellón o llave de cortante en el extremo de la puntera, de 0,70 m de profundidad y 0,30 m de ancho.

3. Armado y vaciado de la zapata por módulos de 5,0 m, con las juntas de construcción y los pasadores indicados en los planos estructurales.

4. Armado y vaciado de la pantalla en concreto reforzado, respetando la geometría de 0,50 m de espesor en la corona y el ensanchamiento hacia la base.

5. Instalación del sistema de drenaje del trasdós: geodrén o filtro de material granular envuelto en geotextil no tejido, con tubería perforada en la base y descarga controlada al sistema de drenaje de la vía. Este sistema es el que mantiene el relleno en la condición drenada supuesta en el numeral 6.1.2.5, donde se cuantificó que una colmatación que llevara el relleno a Ru = 0,5 incrementaría el empuje un 60 %.

6. Ejecución de las lloraderas de la pantalla en la disposición indicada en los planos.

7. Colocación del relleno ingenieril del trasdós en capas de espesor compacto máximo 0,20 m, con las propiedades del numeral 6.1.2.3 y una densidad mínima del 95 % del ensayo Proctor modificado.

8. Compactación con equipo manual tipo canguro o rana en la franja de 1,0 m adyacente a la pantalla, para no inducir empujes de compactación sobre la estructura.

9. Control de la resistencia del concreto y de la densidad del relleno por módulo, con registro de los ensayos.

El relleno del trasdós no se inicia antes de que el concreto de la pantalla alcance el 75 % de la resistencia especificada, y se ejecuta de forma simétrica y ascendente para evitar cargas asimétricas sobre la estructura recién vaciada.

4.2.4.4 Etapa 3 – relleno de puntera y acabados (etapa con obra)

El relleno de puntera constituye un elemento de diseño y no un simple acabado: aporta el confinamiento pasivo que complementa la estabilidad externa de la estructura. Se conforma con el mismo material ingenieril del trasdós, con un espesor máximo del orden de 1,0 m en su parte más gruesa, reduciéndose progresivamente hacia el costado de la vía y manteniendo una pendiente continua de acabado que garantice el drenaje superficial. No se admite su ejecución con material de excavación sin control ni su omisión parcial.

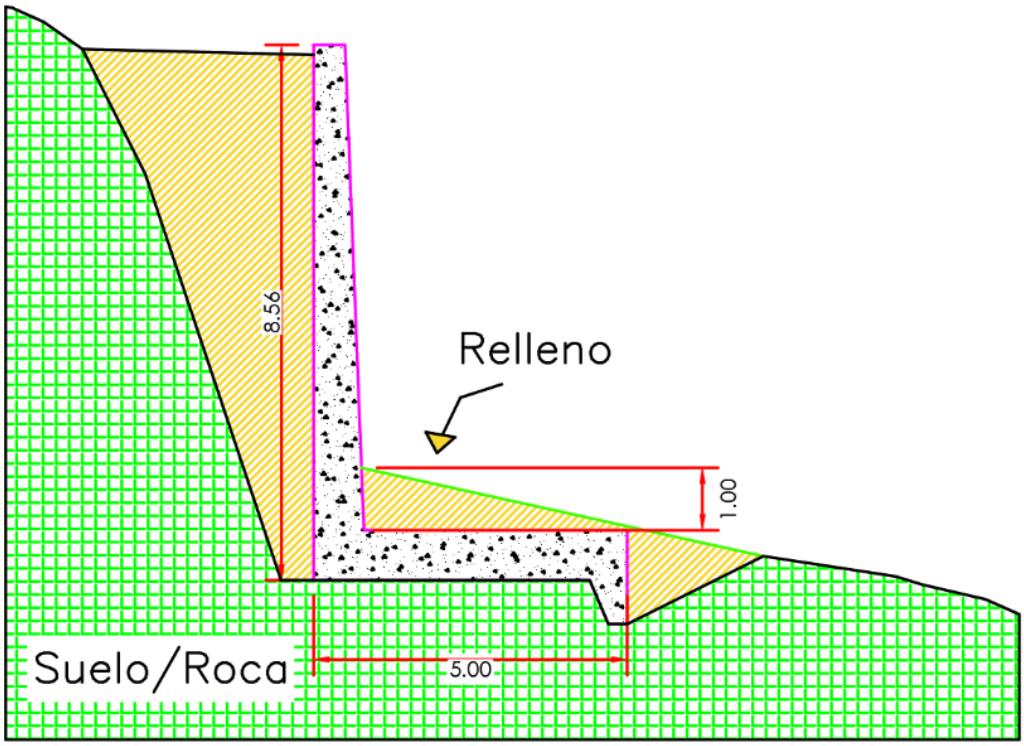


Figura 134. Configuración final de la obra – muro, relleno del trasdós y relleno de puntera, sección F–F'.
Fuente: Diseño del proyecto (dimensiones en metros).

1. Conformación del relleno de puntera en capas de 0,20 m, con espesor máximo de 1,0 m en la zona adyacente a la puntera de la zapata y transición gradual hacia el terreno natural.

2. Control de la pendiente de acabado de la superficie del relleno, de manera que la escorrentía se conduzca hacia el costado de la vía y no se acumule contra la estructura.

3. Conexión de las descargas del drenaje del trasdós y de las lloraderas al sistema de drenaje superficial de la vía.

4. Restitución de la superficie del sendero peatonal en la corona y del pavimento de la calle 62K Sur en la pata, conforme a las especificaciones de la especialidad de pavimentos.

5. Revegetalización y obras de bioingeniería en las áreas no revestidas, según el numeral 4.1.3.3.

6. Lectura final de la instrumentación y entrega del registro completo de control.

4.2.4.5 Secuencia constructiva

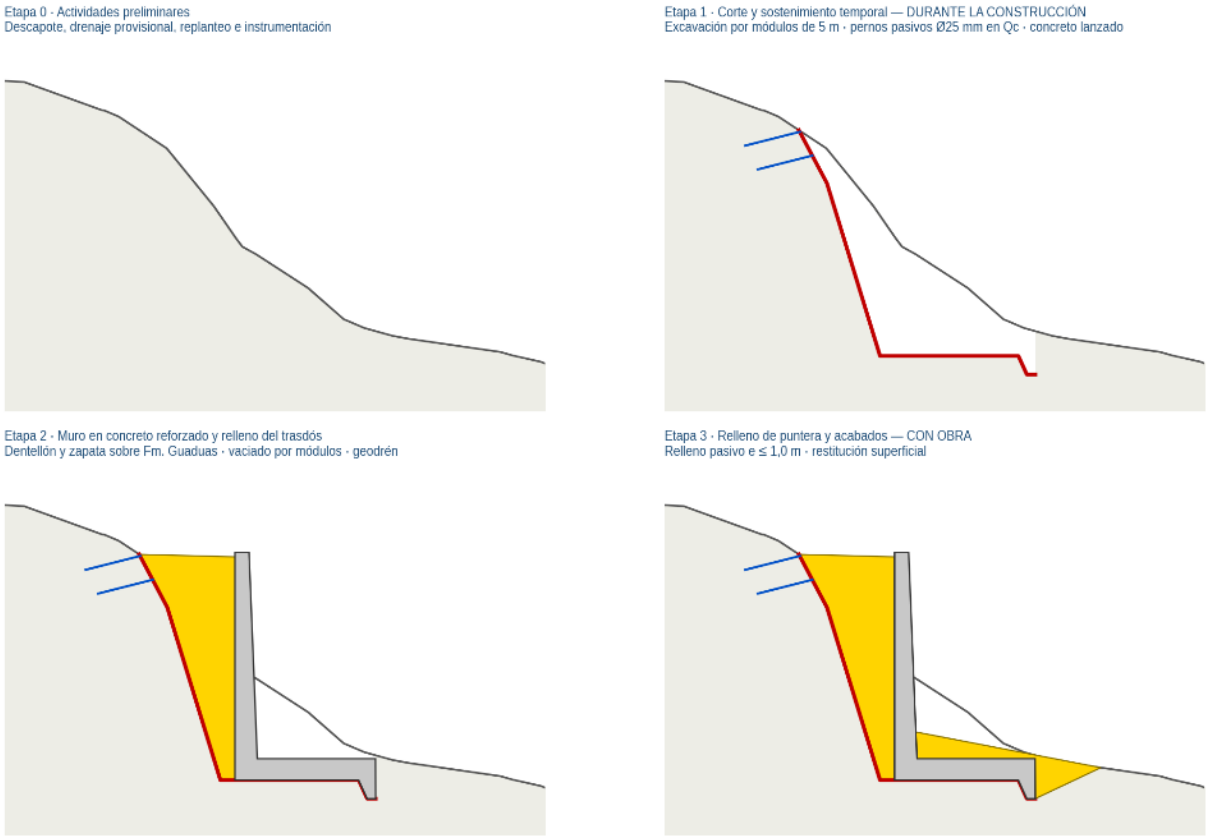


Figura 135. Secuencia constructiva por etapas – sección F–F'.
Fuente: Elaboración propia.

La ejecución por módulos de 5,0 m implica que en un mismo frente de obra coexisten módulos en etapas diferentes. La programación debe garantizar que la longitud total de corte abierto sin muro no exceda en ningún momento la de dos módulos contiguos, es decir 10,0 m, y que el módulo más avanzado cuente con su relleno de trasdós concluido antes de abrir un tercer frente.

4.2.4.6 Manejo de aguas durante la construcción

El agua es el principal factor detonante identificado en el numeral 2.4, de modo que su manejo durante la construcción condiciona la viabilidad del corte temporal. La condición saturada de los análisis se representa mediante el coeficiente de presión de poros Ru = 0,5 en los materiales de suelo, que corresponde a la hipótesis de ascenso de la superficie freática hasta el terreno por infiltración prolongada; las medidas siguientes son las que evitan que esa condición se materialice durante la obra.

- Canaleta provisional en la corona del corte, operativa antes de iniciar la excavación y mantenida durante toda la obra.
- Prohibición de descargar aguas de escorrentía o de proceso sobre la cara del corte o sobre el relleno en conformación.
- Bombeo inmediato de cualquier acumulación de agua en el fondo de excavación, con descarga fuera de la zona de influencia del talud.
- Instalación de drenes o lloraderas horizontales cada 2,0 m en los sectores donde se detecte presencia de agua durante la excavación, con incremento del espesor del concreto lanzado a 0,15 m.

- Suspensión de las actividades de excavación durante eventos de lluvia intensa y protección del frente con plástico o geomembrana.

4.2.4.7 Control, tolerancias y criterios de aceptación

Tabla 118. Controles mínimos durante la construcción.

Actividad	Control	Frecuencia / criterio
Corte	Inclinación y altura de paso	Cada paso de excavación; tolerancia ±5 % en la relación H:V
Perno pasivo	Longitud, diámetro de perforación e inclinación	Todos los elementos; registro individual
Perno pasivo	Ensayo de arrancamiento	Mínimo 5 % de los elementos y no menos de 3 por frente
Mortero de inyección	Resistencia a compresión	Un juego de cilindros por cada 20 pernos
Concreto lanzado	Espesor y resistencia f'c = 21 MPa	Espesor cada 10 m²; cilindros por cada 20 m³
Concreto del muro	Resistencia a compresión	Un juego de cilindros por módulo
Relleno ingenieril	Densidad (Proctor modificado)	Un ensayo por capa y por cada 50 m² · mínimo 95 %
Relleno ingenieril	Granulometría y límites del material	Por cada fuente y por cada 200 m³
Relleno de puntera	Espesor y pendiente de acabado	Por módulo; espesor máximo 1,0 m
Drenaje del trasdós	Continuidad del geodrén y descarga de lloraderas	Por módulo, antes de iniciar el relleno
Instrumentación	Lectura de testigos y puntos topográficos	Diaria durante la excavación; semanal en las demás etapas

Fuente: Elaboración propia.

.

4.3 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

4.3.1 PLAN DE MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DE PORVENIR DE LA ESTANCIA II

El presente numeral desarrolla el plan de monitoreo e instrumentación geotécnica del sector de Porvenir de la Estancia II (Polígono 1), en el marco de las medidas no estructurales del numeral 4.2. El plan tiene carácter permanente y cubre tres etapas sucesivas: el establecimiento de la línea base con anterioridad a cualquier intervención, el control durante la ejecución de las obras de mitigación y el seguimiento de largo plazo en la etapa de operación. Su objeto es verificar en campo las hipótesis de los modelos de análisis y detectar oportunamente desviaciones del comportamiento previsto, de manera que puedan adoptarse medidas preventivas o correctivas antes de que el proceso alcance una condición crítica.

4.3.1.1 Objeto y alcance

El plan tiene por objeto establecer los instrumentos, su localización, las variables a medir, las frecuencias de lectura, los umbrales de actuación y el protocolo de respuesta asociado, de manera que el comportamiento del terreno y de las estructuras de mitigación quede documentado de forma continua y trazable. El alcance comprende:

- El registro de la condición inicial del sector antes de iniciar cualquier actividad constructiva, sin el cual las lecturas posteriores carecen de referencia.
- El control de las deformaciones del terreno y de las estructuras durante la ejecución de las obras, con especial atención a las configuraciones transitorias más desfavorables.
- La verificación del desempeño de las obras y de la evolución de la amenaza en la etapa de operación.
- La definición de umbrales cuantitativos de actuación y de las acciones asociadas a cada nivel.

No forman parte del alcance de este numeral los ensayos de control de calidad de materiales y de ejecución de las obras, que se rigen por lo establecido en el numeral de proceso constructivo y en las especificaciones técnicas correspondientes.

4.3.1.2 Fundamento técnico: mecanismo a monitorear y variables de control

El proceso morfodinámico dominante corresponde a un deslizamiento del depósito coluvial sobre el contacto con la Formación Guaduas, con detonante hidrológico. La evidencia de campo comprende agrietamientos y escarpes en la corona, deformaciones del terreno sobre la ladera y afectaciones en las edificaciones y las redes de servicios del entorno inmediato. El monitoreo debe, en consecuencia, cuantificar la cinemática del movimiento activo, verificar la hipótesis de saturación adoptada en el modelo de análisis y comprobar el desempeño de la obra de contención una vez construida.

La medida estructural proyectada en el sector de la antigua vía corresponde a un muro de contención en concreto reforzado, cimentado sobre la Formación Guaduas y complementado con pernos pasivos Ø25 mm dispuestos en el tramo superior del corte, concreto lanzado f'c = 21 MPa, relleno ingenieril de trasdós y relleno de puntera. Su implantación exige un corte temporal de 8,50 m de altura (2,00 m en el depósito coluvial con relación 1H:2V y 6,50 m en la Formación Guaduas con relación 1H:3V), con fondo de excavación en la cota 2.654,36 m s. n. m. y altura de relleno retenido de 8,40 m. Esta configuración de corte abierto y sostenido, sin muro, constituye el escenario más desfavorable de toda la obra.

El polígono corresponde a un tejido urbano consolidado de alta densidad, con viviendas de uno y dos pisos localizadas tanto en la corona como en la pata del talud, el sendero peatonal de la antigua vía sobre la corona y la calle 62K Sur en la pata. Esta condición impone que el plan de monitoreo controle no solo la masa de suelo y la estructura de contención, sino también la respuesta de las edificaciones vecinas.

De la caracterización anterior se desprenden las variables que gobiernan el diseño del plan y que, en consecuencia, deben medirse:

- Desplazamiento y asentamiento superficial del terreno y de la obra proyectada.
- Precipitación, como variable explicativa de la respuesta de las anteriores.

4.3.1.3 Instrumentos propuestos

La red propuesta para Porvenir de la Estancia II está conformada por 3 elementos, distribuidos según se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 119. Composición de la red de instrumentación propuesta. Porvenir de la Estancia II.

Instrumento	Cantidad	Identificadores
Punto de control topográfico	3	PTE-1, PTE-2, PTE-3

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4 Puntos de control topográfico

La forma de materializar cada punto depende de la superficie sobre la que se instala. Sobre terreno natural se funde un mojón en concreto de 0,20 × 0,20 × 0,50 m contra terreno firme, con placa metálica y punto grabado. Sobre el concreto masivo de la obra, corona del muro y viga cabezal, se ancla una placa de referencia con vástago embebido. Sobre el concreto lanzado, cuyo espesor no admite un anclaje profundo, el punto se materializa con una diana o un prisma reflectivo fijado con perno corto a la malla y al recubrimiento, de modo que la lectura se haga sin contacto y sin comprometer la integridad de la protección superficial. En los tres casos el punto grabado o el centro de la diana definen de forma inequívoca el eje de la lectura, de modo que las campañas sucesivas sean comparables entre sí.

La distribución responde a un criterio de continuidad de la serie. Un punto materializado dentro de la huella de la obra se pierde al ejecutarla, y con él toda la información previa; por eso los puntos destinados a la línea base se ubican en terreno natural inmediatamente por fuera de la zona de intervención, donde sobreviven a la construcción y entregan una serie ininterrumpida desde antes de los trabajos hasta la operación. Los puntos sobre la obra, en cambio, solo pueden existir una vez construida: su lectura de origen es la primera campaña posterior al recibo del elemento correspondiente, y su objeto es medir el comportamiento de la estructura terminada.

Las dos familias se solapan durante la etapa de operación, de manera que el movimiento del terreno adyacente y el de la obra puedan compararse entre sí.
Los métodos de medición son tres, complementarios entre sí: la nivelación geométrica de precisión, para los movimientos verticales; la colimación, que mide el desplazamiento respecto de un plano vertical fijo, para el control expedito de los movimientos horizontales en la dirección crítica; y la poligonal cerrada o la radiación desde base conocida, con estación total de precisión angular no mayor de 5″, para el control espacial completo.

Para su implementación se observan los siguientes criterios: amarrar todas las campañas a puntos de control situados fuera del área de influencia del movimiento; densificar la red en la vecindad de la obra y reducirla progresivamente con la distancia; apoyarse, cuando se requiera densificar, en elementos visibles y estables del entorno urbano, como postes, sardineles, esquinas de edificaciones y muros; y registrar coordenadas y cotas de todos los puntos antes de iniciar los trabajos, de manera que la condición inicial quede documentada.

El control topográfico permitirá verificar, en particular, el descenso de la corona y la descompresión del talud durante la excavación de implantación, el desplazamiento de la masa de suelo retenida en la dirección de máxima pendiente, el asentamiento del relleno del trasdós una vez colocado, y las deformaciones diferenciales que puedan comprometer las edificaciones y las redes de servicios públicos del entorno inmediato.

Como el plan no contempla la materialización de puntos base propios, todas las campañas deben amarrarse a los puntos de control del levantamiento topográfico del proyecto, anexo A.1_CART, localizados fuera de la zona de movimiento, y cerrarse sobre ellos. La tolerancia de cierre debe ser inferior al umbral del nivel naranja definido anteriormente; de no alcanzarse, la campaña se repite. La lectura de origen se ejecuta por duplicado en días distintos y su promedio constituye el origen de la serie.

4.3.1.5 Instrumentos previstos para la ampliación de la red

El alcance de esta etapa no contempla instrumentación en profundidad. No obstante, se dejan definidos los dos instrumentos con los que debe ampliarse la red en caso de que el seguimiento topográfico alcance el nivel naranja: el inclinómetro, para localizar la superficie de falla y medir la magnitud y la velocidad del movimiento en profundidad, y el piezómetro de tubo abierto, para verificar la hipótesis de presión de poros adoptada en los análisis de estabilidad.

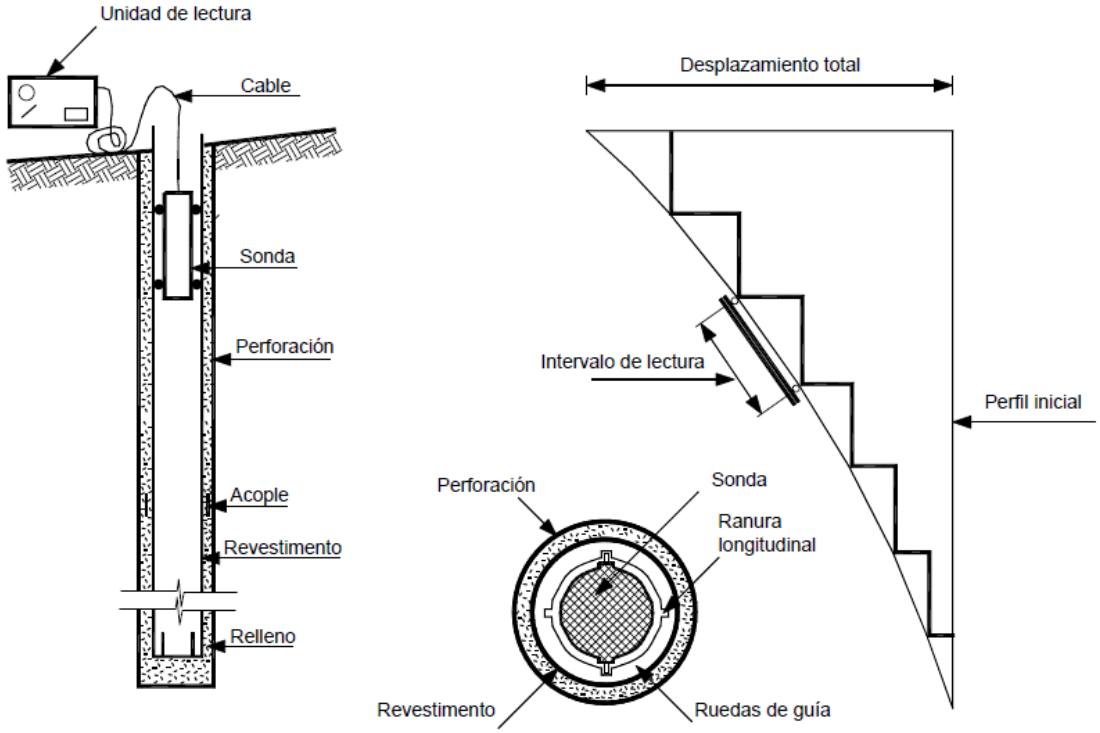


Figura 136. Esquema de partes del inclinómetro y de la medición del desplazamiento acumulado.
Fuente: Hanna (1985).

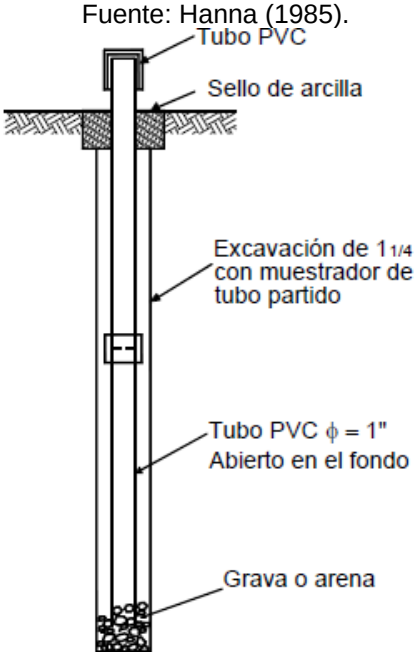


Figura 137. Esquema de un piezómetro de tubo abierto.
Fuente: Suárez (1998).

La siguiente figura sitúa los puntos de control sobre el modelo geológico-geotécnico de la sección de análisis y la obra proyectada, de modo que quede explícita la superficie sobre la cual se materializan.

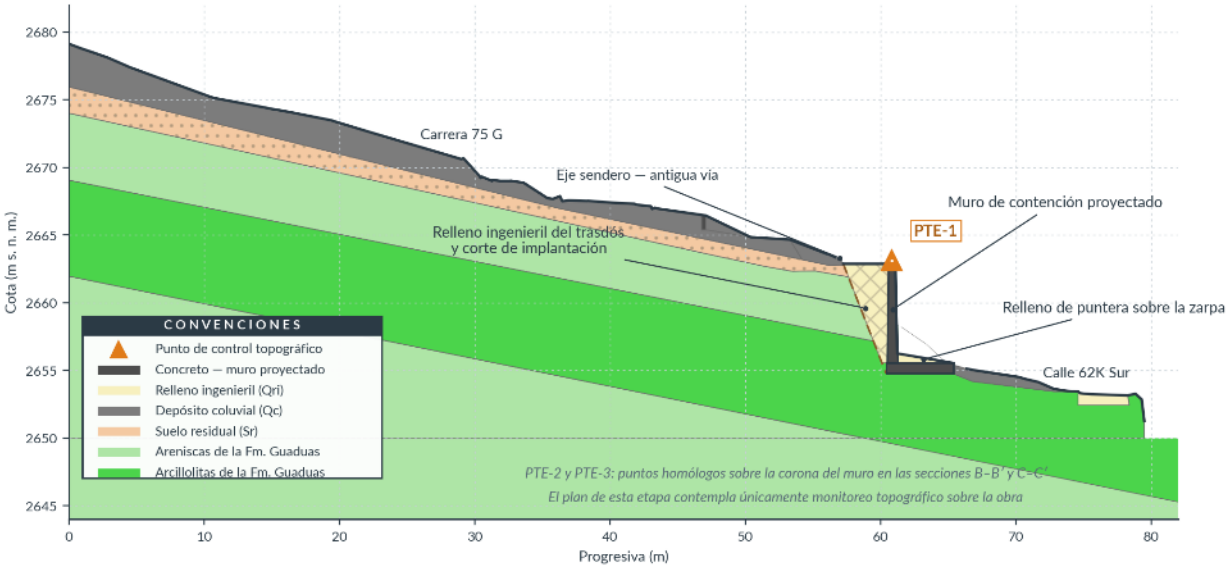


Figura 138. Modelo geológico-geotécnico con la disposición de los puntos de control topográfico sobre la obra proyectada. Porvenir de la Estancia II.

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo geológico-geotécnico del sector.

El esquema hace evidente por qué dos de los tres puntos se disponen sobre la corona del muro: es la única superficie de la obra que se mantiene accesible y solidaria a la estructura durante toda su vida útil, y su movimiento integra tanto el desplazamiento del muro como el de la masa de suelo que retiene. El tercero se materializa aguas arriba de la corona del corte, fuera de la excavación de implantación, para que exista control superficial desde la línea base y durante la construcción, cuando el muro todavía no está.

4.3.1.6 Localización de la instrumentación

La localización de los instrumentos se estableció a partir de los siguientes criterios: (i) coincidencia con las secciones de análisis, de modo que las lecturas sean directamente contrastables con los modelos de estabilidad; y (ii) disposición de los puntos de control topográfico sobre la zona de implantación de la obra, cubriendo su desarrollo completo y combinando puntos en terreno natural, legibles desde la línea base, con puntos sobre la estructura, destinados a la etapa de operación. Los elementos expuestos del inventario detallado no se instrumentan en esta versión del plan. La Figura 139 presenta la disposición propuesta sobre el ortomosaico del sector, junto con la zona de implantación de la obra proyectada, y la Tabla 120 relaciona las coordenadas de cada elemento. El eje del muro dibujado en la figura corresponde a la corona del escarpe reconstruida a partir de los perfiles de análisis del numeral 3.3, con una longitud del orden de 50 m y rumbo aproximado este–oeste; los tres puntos se disponen sobre él, en sus extremos y en su centro, y deben replantearse sobre el eje definitivo del plano de implantación estructural cuando este se expida.



Figura 139. Localización de la instrumentación geotécnica propuesta sobre ortomosaico. Porvenir de la Estancia II.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 120. Coordenadas y características de los instrumentos propuestos. Porvenir de la Estancia II.

ID	Instrumento	Este [m]	Norte [m]	Lectura desde	Localización
PTE-1	Punto de control topográfico	89.029,99	98.959,14	Recibo de obra	Placa sobre la corona del muro, extremo occidental
PTE-2	Punto de control topográfico	89.051,76	98.953,95	Línea base	Mojón en terreno natural, 6 m aguas arriba de la corona del corte
PTE-3	Punto de control topográfico	89.073,95	98.957,19	Recibo de obra	Placa sobre la corona del muro, extremo oriental

Fuente: Elaboración propia. Coordenadas planas cartesianas con origen Bogotá (MAGNA-SIRGAS), consistentes con la cartografía del proyecto.

Las posiciones consignadas tienen carácter preliminar y deben ser verificadas en el replanteo de las obras. Los ajustes de localización que resulten de la disponibilidad de espacio, de la interferencia con redes de servicios públicos o de las condiciones de acceso deben ser avalados por el especialista geotécnico y por la interventoría, y consignados en el acta correspondiente, conservando en todo caso el número de instrumentos y su función dentro de la red.

4.3.1.7 Etapas del monitoreo y frecuencias de lectura

El programa se organiza en cuatro etapas. La línea base corresponde al período previo a cualquier intervención y su omisión invalida la totalidad del programa, por cuanto no existiría referencia contra la cual comparar. La etapa de construcción concentra las mayores solicitaciones y exige la máxima frecuencia. La etapa de post-construcción, con duración de doce (12) meses contados desde el recibo de las obras, debe cubrir al menos una temporada completa de lluvias. La etapa de operación corresponde al seguimiento permanente de largo plazo.

Tabla 121. Frecuencias mínimas de lectura por instrumento y etapa.

Instrumento	Línea base	Construcción	Post-construcción (12 meses)	Operación
Puntos de control topográfico	Dos (2) campañas completas antes de intervenir	Diaria en el frente activo y semanal en los demás frentes	Quincenal	Mensual; quincenal en las temporadas de lluvia

Fuente: Elaboración propia.

Con independencia de la frecuencia programada, debe ejecutarse una campaña extraordinaria completa dentro de las veinticuatro (24) horas siguientes a la ocurrencia de cualquiera de los siguientes eventos: precipitación diaria superior a 40 mm; precipitación acumulada en cinco (5) días superior a 100 mm; sismo sentido en el sector con intensidad igual o superior a IV en la escala de Mercalli modificada; y toda lectura que alcance el nivel rojo o negro de la Tabla 122.

Los puntos materializados sobre la obra se incorporan al programa en el momento en que la estructura correspondiente alcanza la resistencia especificada y desde entonces siguen la frecuencia de la Tabla 121. Hasta ese momento el control superficial del sector recae en los puntos de terreno natural.

4.3.1.8 Interpretación de los registros y umbrales de alerta

El objeto de la interpretación es generar una evaluación rápida que permita detectar cambios o anomalías que demanden acciones inmediatas y, en paralelo, identificar tendencias y patrones de movimiento que permitan juzgar la evolución de la estabilidad del sector. Antes de interpretar, los datos deben validarse desde el campo para descartar lecturas erróneas o cuestionables, repitiendo la campaña cuando sea necesario. La interpretación debe ser ejecutada por un ingeniero geotecnista con experiencia, capaz de correlacionar entre sí los registros de los distintos puntos de control y su relación con la precipitación, y de establecer con ellos patrones de comportamiento y criterios de decisión. Es un proceso iterativo: los patrones se ajustan a medida que la serie crece, de modo que las interpretaciones deben hacerse con la frecuencia suficiente para detectar oportunamente cualquier cambio.

Los umbrales se organizan en cuatro niveles de alerta, verde, naranja, rojo y negro, y se expresan en dos magnitudes complementarias: el desplazamiento acumulado respecto de la lectura de origen, que mide la magnitud total del movimiento, y la velocidad en milímetros por día, que mide su rapidez y es la que anticipa una aceleración. Los valores adoptados corresponden a la práctica en proyectos de estabilización de laderas en zona urbana y constituyen una guía que debe ajustarse una vez se disponga de al menos seis (6) meses de registro propio. En todos los casos el umbral se compara contra la precisión del equipo: una variación del orden de la precisión no constituye movimiento.

Tabla 122. Precisión de lectura y umbrales de alerta. Porvenir de la Estancia II.

Dispositivo y precisión	Magnitud	Verde (leve)	Naranja (moderado)	Rojo (alto)	Negro (muy alto)
Punto de control topográfico	Desplazamiento acumulado	< 15 mm	15 a 30 mm	30 a 60 mm	**> 60 mm**

Dispositivo y precisión	Magnitud	Verde (leve)	Naranja (moderado)	Rojo (alto)	Negro (muy alto)
V: ± 4 mm · H: ± 10 mm	Velocidad	< 0,2 mm/día	0,2 a 0,6 mm/día	0,6 a 1,5 mm/día	**> 1,5 mm/día**

Fuente: Elaboración propia.

El nivel se asigna por la lectura más desfavorable de la red: basta que un punto o un instrumento alcance el criterio para que se active el nivel correspondiente en todo el sector. Con independencia de la frecuencia programada, debe ejecutarse una campaña extraordinaria completa dentro de las veinticuatro (24) horas siguientes a una precipitación diaria superior a 40 mm, a una precipitación acumulada en cinco (5) días superior a 100 mm o a un sismo sentido en el sector con intensidad igual o superior a IV en la escala de Mercalli modificada.

4.3.1.9 Niveles de alerta y acciones asociadas

A cada nivel de la Tabla 123 corresponde un comportamiento esperado y un conjunto de acciones de obligatorio cumplimiento, unas de ejecución inmediata en campo y otras programadas. Para que el esquema opere, el personal técnico y los equipos necesarios para las medidas de mitigación deben estar disponibles en obra, y debe garantizarse un canal de comunicación permanente entre el personal de campo y la oficina técnica, de manera que el tiempo de respuesta ante una anomalía sea mínimo.

Tabla 123. Niveles de alerta, comportamiento observado y acciones asociadas.

Nivel de alerta	Comportamiento observado	Acción inmediata	Acción programada
Verde (leve)	Desplazamientos y variaciones dentro del rango de precisión de los equipos. Tendencia estable.	Continuar el monitoreo con la frecuencia establecida.	Mantener la periodicidad de lecturas y presentar los reportes rutinarios.
Naranja (moderado)	Movimientos acumulados o variaciones intermedias con tendencia creciente.	Inspección en campo del sector y su entorno, con revisión de grietas nuevas, surgencias y acumulación de agua. Ajustar la frecuencia de lectura según lo observado.	Informar por escrito a la residencia y a la interventoría. Evaluar ajustes en el manejo de aguas superficiales y en el drenaje.
Rojo (alto)	Movimientos significativos o rápidos.	Comunicación inmediata a la residencia y a la dirección de obra. Revisión de los sistemas de drenaje y protección. Incremento inmediato de la frecuencia de monitoreo.	Ejecutar obras menores de mitigación, como zanjas, filtros o sellado de grietas. Informe técnico a la dirección del proyecto y notificación al IDIGER.
Negro (muy alto)	Movimientos críticos con tendencia acelerada. Apertura de grietas nuevas en la corona o en las edificaciones vecinas.	Llamada inmediata a la dirección de obra y a la interventoría. Suspensión de las actividades en el frente afectado y restricción del acceso al área expuesta. Reunión de emergencia para la toma de decisiones.	Estudio geotécnico complementario urgente y definición e implementación de las obras de estabilización mayores antes de reanudar la operación normal.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.10 Registro, procesamiento y entregables

Toda lectura debe consignarse en el formato de campo con fecha, hora, operador, equipo empleado con su certificado de calibración vigente y condición climática del día. El procesamiento debe entregar, como mínimo, los planos de vectores de desplazamiento de los puntos de control topográfico y sus series de tiempo de desplazamiento y de velocidad.

Los entregables son un informe mensual durante la construcción y la post-construcción y un informe trimestral en operación, que en todos los casos debe incluir la comparación explícita de cada lectura contra los umbrales antes definidos, el pronunciamiento del especialista geotécnico sobre la tendencia observada y, cuando corresponda, la constancia de las acciones ejecutadas. La base de datos debe mantenerse en formato abierto y entregarse actualizada con cada informe.

4.3.1.11 Alcance y limitaciones

El plan aquí formulado corresponde al nivel de detalle propio de la fase de estudios y diseños. El número, la localización y la profundidad de los instrumentos son valores de diseño que deben ratificarse o ajustarse durante el replanteo de las obras. Los umbrales de la Tabla 123 deben revisarse una vez se disponga de al menos seis (6) meses de registro, oportunidad en la cual la dispersión propia de la instrumentación y el ruido de las series quedan caracterizados y permiten ajustar los criterios a la respuesta real del sitio. Los umbrales de precipitación, en particular, tienen carácter preliminar por no derivarse de un análisis de lluvias antecedentes específico para el sector.

El plan de esta etapa contempla únicamente monitoreo topográfico sobre la obra. En consecuencia, no se dispone de medición de la posición de la superficie de falla ni de la presión de poros, pese a que el agua es el factor detonante identificado. Los tres puntos registran el movimiento de la corona del muro, que es la magnitud que el alcance definido permite medir. Se recomienda que, si cualquier punto alcanza el nivel amarillo de la Tabla 123, se incorpore un inclinómetro en el trasdós del muro con su piezómetro asociado, y se refuerce el control con inspección visual de las edificaciones de la corona y de la pata.

La red propuesta constituye un alcance mínimo, ajustado al número de instrumentos definido para el proyecto. No contempla puntos base propios, testigos ni pluviómetro en sitio, de modo que el control topográfico depende del amarre a los puntos georreferenciados del levantamiento del proyecto y el seguimiento de la lluvia, de la red hidrometeorológica distrital. Ambas dependencias deben verificarse antes de iniciar el programa: si los puntos de amarre no resultan accesibles o su estabilidad no puede acreditarse, debe materializarse al menos un punto base fuera del área de influencia, sin el cual las lecturas topográficas carecen de referencia absoluta.

El plan no sustituye la inspección visual periódica del sector por parte de personal calificado, que debe mantenerse con la misma frecuencia de las lecturas y cuyos hallazgos, como la aparición de grietas nuevas, surgencias de agua, basculamiento de postes o de muros o deformación de la superficie de rodadura, constituyen información de igual jerarquía que la instrumental.

5 ANÁLISIS PREDIAL Y URBANO

5.1 ALCANCE

El análisis predial y urbano pretende identificar los predios en el área de estudio y realizar un diagnóstico general en cuanto a los componentes catastral, jurídico, físico, urbanístico, normativo y económico, de tal manera que permita determinar la situación predial en el evento de posibles adquisiciones prediales.

5.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.2.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza en la Localidad de Ciudad Bolívar, barrios Rincón de Galicia y Perdomo Alto, específicamente entre las Carreras 75D y 75G al sur de la Calle 62K tal como se señala en la siguiente ilustración:



Figura 140. Localización área de estudio.

5.2.2 IDENTIFICACIÓN DE PREDIOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo a la información de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD, contenida en la plataforma oficial Mapas Bogotá, se identifican en el área de estudio 23 predios de los cuales 4 corresponden a vías, los siguientes predios:

Tabla 124. Información Predial Catastral

D Predio	Código CHIP	Cédula Catastral	Dirección	Destino Económico	Área Terreno Alfanumérica (M2)	Área Construida (M2)
1	AAA0147LWAW	62LS 88A 14	CL 62K SUR 75F 21	URBANIZADO NO EDIFICADO	72,00	0,00
2	AAA0147LUZE	62LS 88A 13	CL 62K SUR 75F 15	COMERCIO PUNTUAL	72,00	166,20
3	AAA0147LUYN	62LS 88A 12	CL 62K SUR 75F 09	RESIDENCIAL	72,00	147,67
4	AAA0147LUXS	62LS 88A 11	CL 62K SUR 75F 03	NO URBANIZABLES Y SUELO PROTEGIDO	72,00	0,00
5	AAA0147LUWW	62LS 88A 10	CL 62K SUR 75D 27	URBANIZADO NO EDIFICADO	72,00	0,00
6	AAA0147LUUH	62LS 88A 9	CL 62K SUR 75D 21	URBANIZADO NO EDIFICADO	72,00	0,00
7	AAA0147LUTD	62LS 88A 8	CL 62K SUR 75D 15	RESIDENCIAL	72,00	54,00
8	AAA0147LUSY	62LS 88A 7	CL 62K SUR 75D 09	RESIDENCIAL	72,00	42,00
9	AAA0147LURJ	62LS 88A 6	CL 62K SUR 75D 03	URBANIZADO NO EDIFICADO	72,00	0,00
10	AAA0147LUPA	62LS 88 A 5	CL 62K SUR 75B 27	RESIDENCIAL	72,00	30,00
11	AAA0170ZFMS	62IS T84 0	CL 63 SUR 75 00	VIAS - CL 62K SUR	7924,50	0,00
12	AAA0147NCMR	20412005070 0000000	CL 63 SUR 75F 19	URBANIZADO NO EDIFICADO	93,10	0,00
13	AAA0147NCLF	20412005060 0000000	CL 63 SUR 75F 11	NO URBANIZABLES Y SUELO PROTEGIDO	72,00	0,00
14	AAA0147NCKC	20412005050 0000000	KR 75F 63 07 SUR	RESIDENCIAL	72,00	72,00
15	AAA0147NCWW	20412006080 0000000	CL 63 SUR 75D 23	RESIDENCIAL	71,10	238,58
16	AAA0147NCUH	20412006070 0000000	CL 63 SUR 75D 17	RESIDENCIAL	71,10	211,99
17	AAA0171LFHK	20412006130 0000000	CL 63 SUR 75D 13	RESIDENCIAL	36,00	75,58
18	AAA0147NCSY	20412006050 0000000	KR 75D 63 07 SUR	RESIDENCIAL	71,10	75,60
19	AAA0245FEFT	00244806090 0100000	KR 75D 63 07 SUR MJ	RESIDENCIAL	0,00	79,50
20	AAA0147NCTD	20412006060 0000000	CL 63 SUR 75D 11 IN 1	RESIDENCIAL	36,00	72,00
21	AAA0171LFJZ	20412006990 0000000	CL 63 SUR 75D 33	VÍAS - KR 75F	2021,00	0,00
22	AAA0171LFKC	20412007990 0000000	CL 63 S 75B 25	VÍAS - KR 75D	217,37	0,00
23	SIN DATO	SIN DATO	SIN DATO	VÍA - CL 63 SUR	SIN DATO	0,00

Estos predios se localizan e identifican para el presente estudio con ID como se muestra en la siguiente ilustración:



Figura 141. Identificación de predios.

OTROS DATOS CATASTRALES

Se identifican además de los datos ya relacionados los siguientes para cada predio:

Tabla 125. Otros datos catastrales

ID Predio	Código Predial Nacional	BARRIO	BARMANPRE	Tipo de titular	Avalúo Catastral 2026
1	11001012419240014001400000000	RINCON DE GALICIA	002424014014	PARTICULAR	$ 102,600,000
2	11001012419240014001300000000	RINCON DE GALICIA	002424014013	PARTICULAR	$ 174,703,000
3	11001012419240014001200000000	RINCON DE GALICIA	002424014012	PARTICULAR	$ 70,651,000
4	10010124192400140011000000000	RINCON DE GALICIA	002424014011	PARTICULAR	$ 12,921,000
5	11001012419240014001000000000	RINCON DE GALICIA	002424014010	PARTICULAR	$ 102,600,000

ID Predio	Código Predial Nacional	BARRIO	BARMANPRE	Tipo de titular	Avalúo Catastral 2026
6	11001012419240014000900000000	RINCON DE GALICIA	002424014009	PARTICULAR	$ 100,779,000
7	11001012419240014000800000000	RINCON DE GALICIA	002424014008	PARTICULAR	$ 33,444,000
8	11001012419240014000700000000	RINCON DE GALICIA	002424014007	PARTICULAR	$ 92,729,000
9	11001012419240014000600000000	RINCON DE GALICIA	002424014006	PARTICULAR	$ 102,600,000
10	11001012419240014000500000000	RINCON DE GALICIA	002424014005	PARTICULAR	$ 87,504,000
11	11001012419240001009940000000	RINCON DE GALICIA	002424001099	DISTRITAL	$1,784,111,000
12	11001012419480005000500000000	PERDOMO ALTO	002448005005	PARTICULAR	$ 68,832,000
13	11001012419480005000600000000	PERDOMO ALTO	002448005006	DISTRITAL	$ 12,777,000
14	11001012419480005000700000000	PERDOMO ALTO	002448005007	PARTICULAR	$ 32,736,000
15	11001012419480006000600000000	PERDOMO ALTO	002448006006	PARTICULAR	$ 213,813,000
16	11001012419480006000700000000	PERDOMO ALTO	002448006007	PARTICULAR	$ 176,892,000
17	11001012419480006001300000000	PERDOMO ALTO	002448006013	PARTICULAR	$ 45,692,000
18	11001012419480006000900000000	PERDOMO ALTO	002448006009	PARTICULAR	$ 73,642,000
19	11001012419480006000900000000	PERDOMO ALTO	002448006009	PARTICULAR	$ 41,164,000
20	11001012419480006000800000000	PERDOMO ALTO	002448006008	PARTICULAR	$ 54,452,000
21	11001012419480006009940000000	PERDOMO ALTO	002448006099	DISTRITAL	
22	11001012419480007009940000000	PERDOMO ALTO	002448007099	DISTRITAL	
23	SIN DATO	PERDOMO ALTO	SIN DATO		

Respecto a la información catastral se puede destacar lo siguiente:

- ✓ Los predios de uso público que se identifican catastralmente son las vías, 3 de las cuales presentan identificadores catastrales (Predios11, 21 y 22). La vía con ID predial 23 no se identifica catastralmente.
- ✓ El predio 20 no presenta salida a ninguna vía.

- ✓ En el predio 18 se evidencia un área construida que se identifica como mejora (ID 19), es decir que no es propiedad del titular del predio. Esta mejora conforma un solo bloque constructivo con la construcción del Predio 20, permitiendo la salida a la vía.
- ✓ En el predio 12 no se relaciona área catastral construida, sin embargo, presenta construcción física.

5.2.3 INFORMACIÓN JURÍDICA

Una vez descargados los folios de matrícula inmobiliaria de la Ventanilla Única de Registro – VUR, se tiene la siguiente información de titularidad y características jurídicas:

Tabla 126 Información jurídica

ID Predio	Matrícula inmobiliaria	Dirección	Área Terreno FMI (M2)	Título de Adquisición	Propietario	TIPO ID	No. ID	Limitaciones - Gravámenes Medidas cautelares vigentes
1	050S40147238	CL 62K SUR 75F 21	72,00	ESC.3667 DEL 30/04/1993 NOT. 21 DE BOGOTÁ	MONROY HURTADO LIBORIO	CC	79332962	HIPOTECA
2	050S40147237	CL 62K SUR 75F 15	72,00	ESC. 1216 DEL 15/06/2017 NOT. 56 DE BOGOTÁ	GUTIERREZ GUTIERREZ ISMAEL	CC	91013005	SIN
3	050S40147236	CL 62K SUR 75F 09	72,00	ESC. 780 DEL 19/12/2022 NOT. 63 DE BOGOTÁ	ROJAS SANABRIA LEIDY YAMILE ROJAS SANBRIA PAOLAANDREA	CC	1024580277 1011005982 4	SIN
4	050S40147235	CL 62K SUR 75F 03	72,00	ESC.2809 DEL 31/07/24 NOT. 7 DE BOGOTÁ	RODRIGUEZ TRIBALDOS JORGE ENRIQUE	CC	19428363	SIN
5	050S40147234	CL 62K SUR 75D-27	72,00	ESC 1775 DEL 20/05/1993 NOT.38. DE BOGOTÁ	MONROY HURTADO LIBORIO	CC	79332962	HIPOTECA
6	050S40147233	CL 62K SUR 75D 21	72,00	ESC.3532 DEL 30/12/2002 NOT. 56 DE BOGOTÁ	GOMEZ CASTIBLANCO MARIA MARGARITA	CC	41436154	SIN
7	050S40147232	CL 62K SUR 75D 15	72,00	ESC.998 DEL 30/03/2010 NOT. 56 DE BOGOTÁ	PADILLA MONTES OBERTO ANTONIO	CC	79505894	EMBARGO POR ALIMENTOS
8	050S40147231	CL 62K SUR 75D 09	72,00	ESC.9354 DEL 05/08/1994 NOT. 27 DE BOGOTÁ	DELGADO JOSE ANTONIO	CC	2971539	SIN
9	050S40147230	CL 62K SUR 75D 03	72,00	ESC.11288D EL20/08/1993 NOT. 27 DE BOGOTÁ	CRUZ CRUZ ROSALBA	CC	51615237	SIN
10	050S40147229	CL 62K SUR 78B 27	72,00	ESC.11288 DEL 20/08/1993	MONTOYA FONSECAJOSE MARIA	CC	19447215	SIN

ID Predio	Matrícula inmobiliaria	Dirección	Área Terreno FMI (M2)	Título de Adquisición	Propietario	TIPO ID	No. ID	Limitaciones - Gravámenes Medidas cautelares vigentes
				NOT. 27 DE BOGOTÁ				
11	050S40167821	CL 63 SUR 75 00	REMANENTE	ESC.17363 DEL 29/11/1993 NOT. 27 DE BOGOTÁ	MONROY RODRIGUEZ CARLOS	CC	2928121	SIN
12	050S40247654	CL 63 SUR 75F 19	93,10	ESC.180 DEL 13/02/2025 NOT.56 DE BOGOTÁ	QUINTERO BEDOYA CRISTIAN ANDRES	CC	1024544302	SIN
13	050S40247653	CL 63 SUR 75F 11	72,00	RES. 1314 DEL 10/11/2023 DE LA CAJA DE VIVIENDA POPULAR DE BOGOTÁ -	DADEP	NIT	899999074	SIN
14	050S40247652	KR 75F 63 07 SUR	72,00	ESC.2144 DEL 23/08/2022 NOT.56 DE BOGOTÁ	SANCHEZ SANCHEZ CARLOS EFRAIN	CC	349016	SIN
15	050S40247643	CL 63 SUR 75D 23	71,10	ESC.661 DEL 27/05/2020 NOT.57 DE BOGOTÁ	VALERO VALERO CLAUDIA MILENA	CC	1020750883	SIN
16	050S40247642	CL 63 SUR 75D 17	71,10	ESC227 DEL 06/09/2013 NOT.56 DE BOGOTÁ	NIÑO QUINTERO JUDITH CAROLINA	CC	52525374	SIN
17	050S40313945	CL 63 SUR 75D 13	35,10	ESC 3358 DEL 06/12/1997 NOT.56 DE BOGOTÁ	GUTIERREZ RINCON MANUEL VICENTE	CC	19210015	SIN
18	050S40247640	KR 75D 63 07 SUR	71,10	ESC 2144 DEL23/08/2002 NOT.56 DE BOGOTÁ	SANCHEZ SANCHEZ CARLOS EFRAIN	CC	349016	SIN
19	MEJORA							SIN
20	050S40247641	CL 63 SUR 75D 11 IN 1	36,00	ESC 448 DEL 17/03/1996 NOT.56 DE BOGOTÁ	GUTIERREZ RINCON MANUEL VICENTE	CC	19210016	SIN
21	PREDIO DISTRITAL							
22	PREDIO DISTRITAL							
23	SIN DATO							

De la información contenida en los folios de matrícula inmobiliaria descargados de la ventanilla VUR, se puede deducir lo siguiente:

- ✓ Los predios resaltados corresponden a espacio público, como se verá más adelante, sin embargo, se encuentran con titularidad en cabeza de particulares, a pesar de que varios cuentan con Acta de Toma de Posesión por parte del Distrito Capital.
- ✓ Se encuentra solo un predio propiedad del DADEP (Predio 13) adquirido en 2023 por Resolución de la Caja de Vivienda Popular.
- ✓ Dos de los predios que son espacio público (Predios 1 y 3) que aún están en cabeza de particulares, presentan hipotecas.
- ✓ El resto de predios no presentan limitaciones al dominio, gravámenes ni medidas cautelares, a excepción del predio 7 que registra un embargo.

5.2.4 INFORMACIÓN URBANÍSTICA

A partir de la información tomada del Sistema SINUPOT de la Secretaría Distrital de Planeación – SDP y del Visor de la Defensoría del Espacio público SIGDEP del Departamento Administrativo de Defensoría del Espacio Público- DADEP, fue posible contar con la siguiente información Urbanística:

Tabla 127 Información Urbanística

ID Predio	Desarrollo Urbanístico	ID en plano Urbanístico	Plano	Área (M2)	RUPI	Doc DADEP
1	EL PORVENIR II ETAPA	ZONA VERDE No. 2 - PARQUE	CB.32/4-00	72,00	2953-18	TOMA DE POSESION O APREHENSION No. 59 de 26/11/1999
2	EL PORVENIR II ETAPA	ZONA VERDE No. 2 - PARQUE	CB.32/4-00	72,00	2953-18	TOMA DE POSESION O APREHENSION No. 59 de 26/11/1999
3	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 11 MANZANA N	CB.32/4-00	72,00		
4	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 10 MANZANA N	CB.32/4-01	72,00		
5	EL PORVENIR II ETAPA	ZONA VERDE No. 3 - PARQUE	CB.32/4-00	72,00	2953-19	TOMA DE POSESION O APREHENSION No. 59 de 26/11/1999
6	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 9 MANZANA N	CB.32/4-00	72,00		
7	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 8 MANZANA N	CB.32/4-00	72,00		
8	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 7 MANZANA N	CB.32/4-00	72,00		
9	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 6 MANZANA N	CB.32/4-00	72,00		
10	EL PORVENIR II ETAPA	LOTE 5 MANZANA N	CB.32/4-00	72,00		
11	EL PORVENIR II ETAPA	VIA TIPO V-9E (Peatonal)	CB.32/4-00	7.924,50	2953-4 2953-16	TOMA DE POSESION O APREHENSION No. 59 de 26/11/1999
12	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 7 MANZANA K	CB.69/4-09	92,05		

ID Predio	Desarrollo Urbanístico	ID en plano Urbanístico	Plano	Área (M2)	RUPI	Doc DADEP
13	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 6 MANZANA K	CB.69/4-09	72,00		
14	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 5 MANZANA K	CB.69/4-09	72,00		
15	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 8 MANZANA J	CB.69/4-09	71,10		
16	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 7 MANZANA J	CB.69/4-09	71,10		
17	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 6 MANZANA J	CB.69/4-09	71,10		
18	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 5 MANZANA J	CB.69/4-09	71,10		
19	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 5 MANZANA J	CB.69/4-09			
20	EL RINCON DEL PORVENIR	LOTE 6 MANZANA J	CB.69/4-09	71,10		
21	EL RINCON DEL PORVENIR	VIA TIPO V-9E (Peatonal)	CB.69/4-09	185,79	3038-14	TOMA DE POSESION O APREHENSION No. 412 de 22/05/2000
22	EL RINCON DEL PORVENIR	VIA TIPO V-9E (Peatonal)	CB.69/4-10	217,37	3038-13	TOMA DE POSESION O APREHENSION No. 412 de 22/05/2000
23	EL RINCON DEL PORVENIR EL PORVENIR II ETAPA	VIA TIPO V-9E (Peatonal)	CB.32/4-00 CB.69/4-10			

Los predios corresponden a los desarrollos urbanísticos denominados El Porvenir II Etapa y El Rincón del Porvenir, con planos urbanísticos CB 32/4-00 y CB 69/4-09.

Se identifican tanto en los planos como en las páginas de las entidades, 7 zonas o predios de espacio público de los cuales 4 son vías y 3 zonas verdes o parques; 6 cuentan con RUPI y Actas de Toma de Posesión Distrital, como se mencionó, con titularidad aún en cabeza de particulares. Una de las vías no cuenta con identificación urbanística, sin embargo, corresponde a una vía identificada como Calle 63 Sur (Predio 23).

En el SIGDEP, el área de estudio se evidencia así:



Figura 142. Información Zonas de Cesión – SIGDEP

A pesar de que la Calle 63 Sur no se encuentra en la información del DADEP como una zona de cesión, en los planos urbanísticos se indica como una vía tipo V-9 (peatonal).

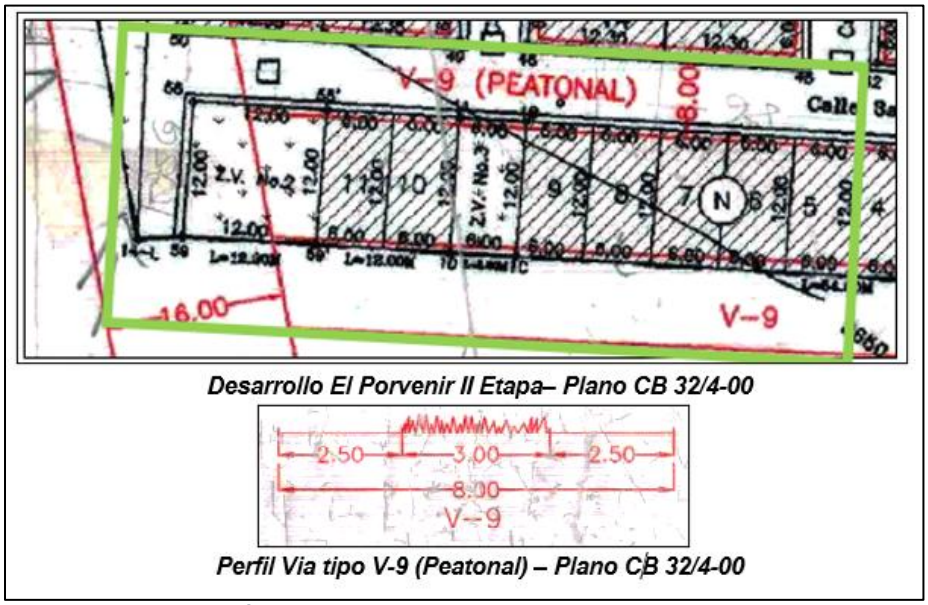
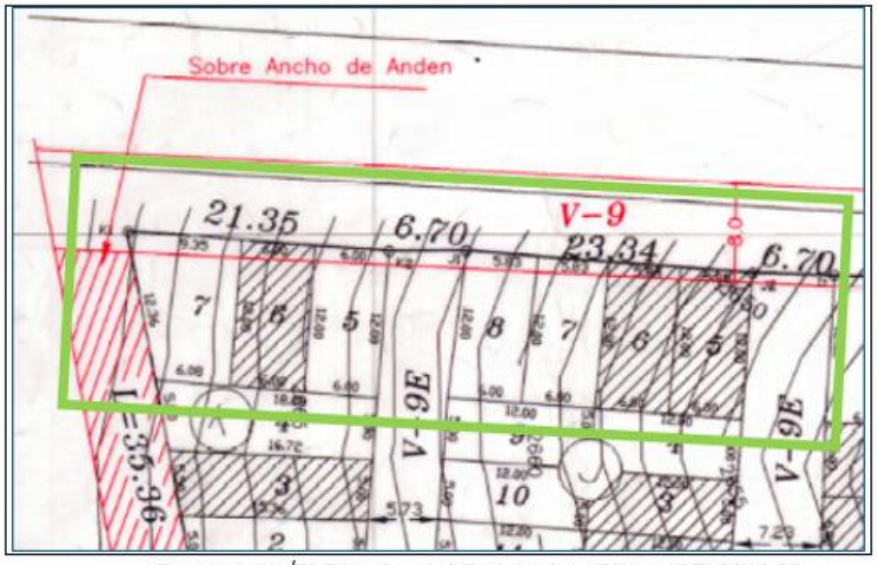


Figura 143. Área de Estudio en Plano Urbanístico CB 32/4-00.



Desarrollo El Rincón del Porvenir – Plano CB 69/4-00

Figura 144. Área de Estudio en Plano Urbanístico CB 69/4-00.

5.2.5 INFORMACIÓN NORMATIVA

De acuerdo al Decreto Distrital No. 555 del 29 de diciembre de 2021, por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, el área de estudio se encuentra en:

Unidad de Planeamiento Local – UPL: 03- Arborizadora (Plano CU-5.4.3 del POT)
Número de pisos permitidos: 3

Tratamiento Urbanístico: Mejoramiento Integral

Artículo 332.
Tratamiento Urbanístico de Mejoramiento Integral. El tratamiento urbanístico de mejoramiento integral aplica a determinadas áreas desarrolladas al interior del suelo urbano que carecen o presentan deficiencias en espacio público, servicios públicos y soportes urbanos. Este tratamiento establece, a partir del reconocimiento del hábitat popular, las directrices que permiten complementar, reordenar, adecuar y consolidar para revitalizar las áreas en condiciones de precariedad y de origen informal, a fin de corregir y mejorar las condiciones urbanísticas y de habitabilidad

Área de Actividad: Área de Actividad de Proximidad - AAP - Receptora de soportes urbanos

Artículo.240
Área de Actividad de Proximidad: corresponde a las zonas cuyo uso principal es el residencial, destinadas a la configuración de tejidos residenciales y socioeconómicos locales que permiten el acceso y cercanía de su población a los servicios y al cuidado inmediato requerido, y en el cual se promueve el incremento de la vitalidad urbana, la interacción social y la vida en comunidad, salvaguardando la calidad residencial de los territorios que la conforman.

Zona Receptora de Soportes Urbanos. Corresponde a las áreas más deficitarias en soportes urbanos densamente pobladas, donde se requiere consolidar los tejidos socioeconómicos locales y mejorar los entornos urbanos.

Suelos de Protección por Riesgo

El POT (Dec. 555 de 2021) señala varios de los predios ubicados en el área de estudio como “Área con condición de amenaza por movimiento en masa”. Adicionalmente la Resolución 2043 de 2025 de la Secretaría Distrital de Planeación - SDP señala cinco (5) de los predios (ID 3, 4, 7, 13 y 14) como “Suelo de Protección por Riesgo”, con alto riesgo no mitigable.

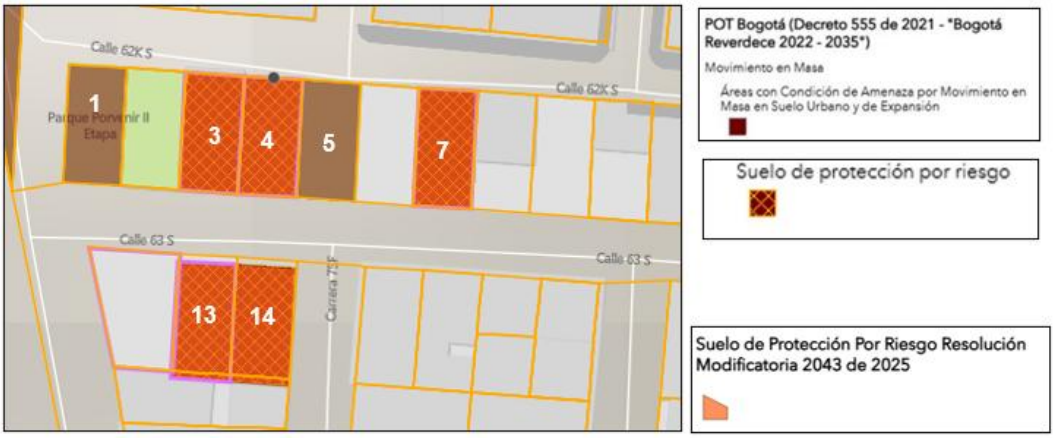


Figura 145. Zonas de Amenaza y Suelo de Protección – SIG PREDIAL IDIGER.

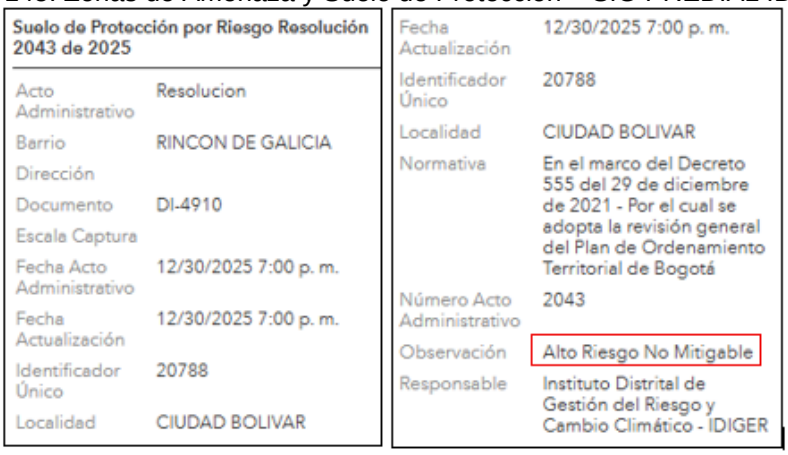


Figura 146. Identificación Zona de alto riesgo no mitigable – Dec. 2043 de 2025 – SIG PREDIAL IDIGER.

5.2.6 ANÁLISIS DE COSTOS

Estudio de Mercado

En forma general, se efectúa estudio de mercado para determinar el valor de terreno probable en el área de estudio, encontrando una muestra de 4 ofertas en el entorno cercano (barrio Perdomo Alto) que permiten tener una aproximación. Los valores pedidos incluyen terreno y construcción por lo que se procede a descontar el valor de la construcción (Método del costo de reposición depreciado) para calcular el valor del terreno, a partir del valor pedido, una vez depurado aplicando un factor negativo del 5%, dado que los precios son negociables.

En la siguiente tabla se relacionan los datos de las ofertas y se calcula el valor de terreno/m2:

Tabla 128. Datos de las ofertas y valor de terreno.

No	UBICACIÓN	AREA CONSTRUIDA (M2)	ÁREA LOTE (M2)	VR VENTA	FACTOR OFERTA	VR VENTA DEPURADA	VR CONST/M2	VR CONST	VR TERRENO	VR/ M2
1	PERDOMO ALTO	150,00	36,00	$ 220.000.000	0,95	$ 209.000.000	$ 1.200.000	$ 180.000.000	$ 29.000.000	$ 805.556
2	PERDOMO ALTO	72,00	36,00	$ 220.000.000	0,90	$ 198.000.000	$ 1.200.000	$ 86.400.000	$ 111.600.000	$ 3.100.000
3	PERDOMO ALTO	72,00	36,00	$ 230.000.000	0,90	$ 207.000.000	$ 1.200.000	$ 86.400.000	$ 120.600.000	$ 3.350.000
4	PERDOMO ALTO	72,00	36,00	$ 223.000.000	0,90	$ 200.700.000	$ 1.200.000	$ 86.400.000	$ 114.300.000	$ 3.175.000
5	PERDOMO ALTO	175,00	94,00	$ 480.000.000	0,95	$ 456.000.000	$ 1.200.000	$ 210.000.000	$ 246.000.000	$ 2.617.021

Nota: Ver descripción de ofertas con fuente en los anexos.

Tipo de construcción ofertas:

Vivienda de 1 a 4 pisos con estructura en mampostería estructural, con cimentación tradicional en concreto que incluye adecuación del terreno (nivelaciones) y acabados sencillos. El costo de reposición por m2 calculado por análisis de precios unitarios se estima en $ 1.400.000 (con base en análisis de entidades como el IGAC y profesionales). El valor depreciado para una vetustez promedio de 15 años se determina en: $ 1.200.000/m2.



VALOR DE REPOSICIÓN M2		CASA		
AREA CONSTRUIDA				**72,00**
COSTOS DIRECTOS		$ 1.218.000,00		120,75
COSTOS INDIRECTOS		$ 182.000,00		
COSTOS TOTALES (CT)		$ 1.400.000,00		100%
COSTOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS		$ -		0%
GRAN TOTAL DE COSTOS		$ 1.400.000,00		
TOTAL REPOSICIÓN (AREA CONSTRUIDA)		$ 100.800.000,00		
UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ -		
VALOR TOTAL - OBRA NUEVA		$ 100.800.000	$	1.400.000
Depreciación por edad y conservación (tabla de fitto y corvini)				
VIDA ÚTIL O TECNICA	EDAD AÑOS	80		
EDAD APROXIMADA	EDAD AÑOS	15		
VIDA REMANENTE	EDAD AÑOS	65		
PORCENTAJE DE EDAD A DEPRECIAR		19%		
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Rango de 1 a	2		
DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 13.484.753,10		13,38%
Determinación valor actual de la Construcción		$ 13.484.753,10		
TOTAL REPOSICIÓN		$ 100.800.000,00		
MENOS DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 13.484.753,10		
SUBTOTAL		$ 87.315.246,90		
MAS UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ 0		
VALOR APROX. DE LA CONSTRUCCIÓN		$ 87.315.246,90	$	1.212.711,76
VALOR 1° PISO	100%	$ 87.315.246,90	$	1.212.711,76
VALOR PISOS RESTANTES		$ -		$ 0
TOTAL DE CONSTRUCCIÓN		$ 88.000.000,00		
COEFICIENTE DE MERCADO		1,00		
VALOR POR M²		**$ 1.222.222,22**		
VALOR ADOPTADO POR M²		**$ 1.200.000,00**		

Figura 147. Valor adoptado por m2.

Por lo anterior el valor de construcción que se descuenta en cada oferta es de $1.200.0000 / m2.

Teniendo en cuenta las condiciones del terreno en el área de estudio, se considera el valor más bajo determinado según estudio de mercado, es decir el de la oferta 1, considerando que es el inmueble más cercano y que el valor/m2 se aproxima al valor de referencia establecido por la UAECD para las manzanas en estudio, especialmente por su condición de topografía y riesgo por remoción en masa.



Figura 148. Valor de referencia de terreno/m2 2026- UAECD.

Cálculo de Valor de Terreno y Construcción:

Determinación del Valor de terreno:

Como ya se determinó, en la zona el valor probable es de $800.000/m2 para suelo en condición de inestabilidad, sin embargo, considerando que varios de los predios están señalados normativamente como suelo de protección por riesgo alto no mitigable, (Res. 2043 de 2025 de la SDP), a estos predios se les aplica un porcentaje del 80%, dado que esta condición normativa les hace perder casi totalmente su potencial comercial quedando con un valor residual o de protección ambiental. Por esta razón, el descuento del 80% se ve justificado además tratándose de suelos de protección a los que le aplica el valor del suelo de las zonas rurales más cercanas dado su potencial, que se determina en $ 140.000.000 / Ha, para el presente caso, con base en una muestra de mercado encontrada, ubicada en zona rural al oriente de Bogotá D.C., en el municipio de La Calera, zona de páramo, sin construcciones , adecuaciones, ni explotación económica, sector El Hato en la que el valor pedido es de $1.400.000.000 para un área de 10.108,00 m2 (valor/m2: $138.504, 16). (Ver descripción de ofertas en anexo).

No se determinan costos de terreno y construcción para los inmuebles que están señalados como zonas de cesión y presentan Actas de toma de posesión por parte del Distrito, a excepción del predio 2, que cuenta con construcción a pesar de ser zona de cesión (Zona verde – parque), la cual se tasa.

Al valor del terreno del predio 20 se le aplica un factor de descuento del 20% dado que no presenta salida a ninguna vía, por lo que es necesario generar una servidumbre de paso desde alguno de los predios colindantes.

Valor de las construcciones:

Para determinar el valor de las construcciones se consideran las siguientes tipologías encontradas en el área de estudio:

TIPO 1: Edificación de 2 pisos con bodega a doble altura en primer piso y vivienda en el segundo piso, con estructura en columnas y vigas en concreto y acabados sencillos. Valor de reposición a nuevo: $ 1.800.000/m2. Valor depreciado: $ 1.400.000

TIPO 2: Edificación de 1 a 4 pisos de uso residencial, con estructura en columnas y vigas en concreto, placas de entrepiso en concreto, cubierta en teja ondulada y acabados sencillos. Valor de reposición a nuevo: $ 1.500.000/m2. Valor depreciado: $ 1.160.000

TIPO 3: Vivienda de un piso con estructura en columnas aisladas, con cubierta en teja ondulada y acabados sencillos. Valor de reposición a nuevo: $ 1.200.000/m2. Valor depreciado: $ 900.000



Figura 149. Tipos de construcción en área de estudio.

Cálculo de valor depreciado:

Se considera una edad promedio de 20 años, un estado de conservación Clase 2, que según la Resolución 620 del IGAC[3]- Tabla de Fitto y Corvini, se da cuando el inmueble está bien conservado, pero necesita reparaciones de poca importancia en sus acabados especialmente en lo que se refiere al enlucimiento.

VALOR DE REPOSICIÓN M2		CONTRUCCIÓN TIPO 1	
AREA CONSTRUIDA			**150,00**
COSTOS DIRECTOS		$ 1.566.000,00	120,75
COSTOS INDIRECTOS		$ 234.000,00	
COSTOS TOTALES (CT)		$ 1.800.000,00	100%
COSTOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS		$ -	0%
GRAN TOTAL DE COSTOS		$ 1.800.000,00	
TOTAL REPOSICIÓN (AREA CONSTRUIDA)		$ 270.000.000,00	
UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ -	
VALOR TOTAL - OBRA NUEVA		$ 270.000.000	$ 1.800.000
Depreciación por edad y conservación (tabla de fitto y corvini)			
VIDA ÚTIL O TECNICA	EDAD AÑOS	100	
EDAD APROXIMADA	EDAD AÑOS	20	
VIDA REMANENTE	EDAD AÑOS	80	
PORCENTAJE DE EDAD A DEPRECIAR		20%	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Rango de 1 a	2	
DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 38.401.290,00	14,22%
Determinación valor actual de la Construcción		$ 38.401.290,00	
TOTAL REPOSICIÓN		$ 270.000.000,00	
MENOS DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 38.401.290,00	
SUBTOTAL		$ 231.598.710,00	
MAS UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ 0	
VALOR APROX. DE LA CONSTRUCCIÓN		$ 231.598.710,00	$ 1.543.991,40
VALOR 1° PISO	100%	$ 231.598.710,00	$ 1.543.991,40
VALOR PISOS RESTANTES		$ -	$ 0
TOTAL DE CONSTRUCCIÓN		$ 232.000.000,00	
COEFICIENTE DE MERCADO		0,90	
VALOR POR M²		**$ 1.392.000,00**	
VALOR ADOPTADO POR M²		**$ 1.400.000,00**	

Figura 150. Cálculo costo de Construcción Tipo 1.

[3] *Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997*

VALOR DE REPOSICIÓN M2		CONTRUCCIÓN TIPO 2	
AREA CONSTRUIDA			**100,00**
COSTOS DIRECTOS		$ 1.305.000,00	120,75
COSTOS INDIRECTOS		$ 195.000,00	
COSTOS TOTALES (CT)		$ 1.500.000,00	100%
COSTOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS		$ -	0%
GRAN TOTAL DE COSTOS		$ 1.500.000,00	
TOTAL REPOSICIÓN (AREA CONSTRUIDA)		$ 150.000.000,00	
UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ -	
VALOR TOTAL - OBRA NUEVA		$ 150.000.000	$ 1.500.000
Depreciación por edad y conservación (tabla de fitto y corvini)			
VIDA ÚTIL O TECNICA	EDAD AÑOS	100	
EDAD APROXIMADA	EDAD AÑOS	20	
VIDA REMANENTE	EDAD AÑOS	80	
PORCENTAJE DE EDAD A DEPRECIAR		20%	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Rango de 1 a	2	
DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 21.334.050,00	14,22%
Determinación valor actual de la Construcción		$ 21.334.050,00	
TOTAL REPOSICIÓN		$ 150.000.000,00	
MENOS DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 21.334.050,00	
SUBTOTAL		$ 128.665.950,00	
MAS UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ 0	
VALOR APROX. DE LA CONSTRUCCIÓN		$ 128.665.950,00	$ 1.286.659,50
VALOR 1° PISO	100%	$ 128.665.950,00	$ 1.286.659,50
VALOR PISOS RESTANTES		$ -	$ 0
TOTAL DE CONSTRUCCIÓN		$ 129.000.000,00	
COEFICIENTE DE MERCADO		0,90	
VALOR POR M²		**$ 1.161.000,00**	
VALOR ADOPTADO POR M²		**$ 1.160.000,00**	

Figura 151. Cálculo de Valor de Construcción Tipo 2.

VALOR DE REPOSICIÓN M2		CONSTRUCCIÓN TIPO 3	
AREA CONSTRUIDA			**100,00**
COSTOS DIRECTOS		$ 1.044.000,00	120,75
COSTOS INDIRECTOS		$ 156.000,00	
COSTOS TOTALES (CT)		$ 1.200.000,00	100%
COSTOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS		$ -	0%
GRAN TOTAL DE COSTOS		$ 1.200.000,00	
TOTAL REPOSICIÓN (AREA CONSTRUIDA)		$ 120.000.000,00	
UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ -	
VALOR TOTAL - OBRA NUEVA		$ 120.000.000	$ 1.200.000
Depreciación por edad y conservación (tabla de fitto y corvini)			
VIDA ÚTIL O TECNICA	EDAD AÑOS	80	
EDAD APROXIMADA	EDAD AÑOS	20	
VIDA REMANENTE	EDAD AÑOS	60	
PORCENTAJE DE EDAD A DEPRECIAR		25%	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Rango de 1 a	2	
DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 21.306.840,00	17,76%
Determinación valor actual de la Construcción		$ 21.306.840,00	
TOTAL REPOSICIÓN		$ 120.000.000,00	
MENOS DEPRECIACIÓN ACUMULADA		$ 21.306.840,00	
SUBTOTAL		$ 98.693.160,00	
MAS UTILIDAD DEL CONSTRUCTOR		$ 0	
VALOR APROX. DE LA CONSTRUCCIÓN		$ 98.693.160,00	$ 986.931,60
VALOR 1° PISO	100%	$ 98.693.160,00	$ 986.931,60
VALOR PISOS RESTANTES		$ -	$ 0
TOTAL DE CONSTRUCCIÓN		$ 99.000.000,00	
COEFICIENTE DE MERCADO		0,90	
VALOR POR M²		**$ 891.000,00**	
VALOR ADOPTADO POR M²		**$ 900.000,00**	

Figura 152. Cálculo de Valor de Construcción Tipo 3.

De esta manera los valores de terreno y construcción por predio se determinan en:

Tabla 129 Cálculo de Costos de Terreno y Construcción

PREDIO	AREA TERRENO (m2)	AREA CONST. (M2)	VR TERRENO/M2	VR CONST. /M2	VALOR TERRENO	VALOR CONST.	VR TOTAL	AVALÚO CATASTRAL	TIPO DE CONST.	VR A NUEVO	VR DEPRECIADO	OBSERVACIONES
1	72,00	0,00							SIN			Zona de cesión con Acta de toma de posesión Distrital
2	72,00	166,20		$ 1.400.000		$ 232.680.000	$ 232.680.000		1	$ 1.800.000	$ 1.400.000	Zona de cesión con Acta de toma de posesión Distrital
3	72,00	147,67	**$ 160.000**	$ 1.160.000	**$ 11.520.000**	$ 171.297.200	$ 182.817.200	$ 70.651.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	**Suelo de protección - con construcción**
4	72,00	0,00	**$ 160.000**		**$ 11.520.000**	$ -	$ 11.520.000	$ 12.921.000,00	SIN			**Suelo de protección**
5	72,00	0,00							SIN			Zona de cesión con Acta de toma de posesión Distrital
6	72,00	0,00	$ 800.000		$ 57.600.000	$ -	$ 57.600.000	$ 100.779.000,00	SIN			Lote de terreno sin adecuaciones por topografía
7	72,00	54,00	**$ 160.000**	$ 900.000	**$ 11.520.000**	$ 48.600.000	$ 60.120.000	$ 33.444.000,00	3	$ 1.200.000	$ 900.000	**Suelo de protección - con construcción**
8	72,00	42,00	$ 800.000	$ 900.000	$ 57.600.000	$ 37.800.000	$ 95.400.000	$ 92.729.000,00	3	$ 1.200.000	$ 900.000	
9	72,00	0,00	$ 800.000		$ 57.600.000	$ -	$ 57.600.000	$ 102.600.000,00	SIN			Lote de terreno sin adecuaciones por topografía
10	72,00	30,00	$ 800.000	$ 1.400.000	$ 57.600.000	$ 42.000.000	$ 99.600.000	$ 87.504.000,00	1	$ 1.800.000	$ 1.400.000	Lote de terreno con construcción (obras de adecuación del suelo)
11	7924,50	0,00							SIN			Zona de cesión con Acta de toma de posesión Distrital
12	93,10	86,57	$ 800.000	$ 1.160.000	$ 74.480.000	$ 100.421.200	$ 174.901.200	$ 68.832.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	Lote de terreno con construcción (obras de adecuación del suelo)
13	72,00	0,00						$ 12.777.000,00	SIN			Suelo de protección - propiedad del DADEP
14	72,00	72,00	**$ 160.000**	$ 900.000	**$ 11.520.000**	$ 64.800.000	$ 76.320.000	$ 32.736.000,00	3	$ 1.200.000	$ 900.000	**Suelo de protección - con construcción**
15	71,10	238,58	$ 800.000	$ 1.160.000	$ 56.880.000	$ 276.752.800	$ 333.632.800	$ 213.813.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	Lote de terreno con construcción (obras de adecuación del suelo)
16	71,10	211,99	$ 800.000	$ 1.160.000	$ 56.880.000	$ 245.908.400	$ 302.788.400	$ 176.892.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	Lote de terreno con construcción (obras de adecuación del suelo)
17	36,00	75,58	$ 800.000	$ 1.160.000	$ 28.800.000	$ 87.672.800	$ 116.472.800	$ 45.692.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	Lote de terreno con construcción (obras de adecuación del suelo)
18	71,10	75,60	$ 800.000	$ 1.160.000	$ 56.880.000	$ 87.696.000	$ 144.576.000	$ 73.642.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	Lote de terreno con construcción (obras de adecuación del suelo)
19	0,00	79,50		$ 1.160.000		$ 92.220.000	$ 92.220.000	$ 41.164.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	Mejora (construcción) en predio ajeno. No se tasa lote de terreno
20	36,00	72,00	**$ 640.000**	$ 1.160.000	$ 23.040.000	$ 83.520.000	$ 106.560.000	$ 54.452.000,00	2	$ 1.500.000	$ 1.160.000	**Lote con construcción-No tiene frente sobre vía- descuento del 20%**
21	2021,00	0,00							SIN			Zona de cesión con Acta de toma de posesión Distrital
22	217,37	0,00							SIN			Zona de cesión con Acta de toma de posesión Distrital
23									SIN			Vía - espacio de uso público sin determinar titularidad

Cálculo del Daño Emergente:

Se estiman los posibles gastos notariales y de registro en eventuales procesos de adquisición de la siguiente manera:

Tabla 130 Cálculo de Daño Emergente (costos notariales y de registro)

PREDIO	COSTO TERRENO Y CONST.	GASTOS NOTARIALES Y DE REGISTRO			TOTAL
		Derechos notariales (0.54%*Vr venta)+IVA	Impuesto de Registro (Beneficencia) 1%	Derechos de Registro y Anotación (0.67 %)	
1	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
2	$ 232.680.000	$ 1.495.201,68	$ 2.326.800,00	$ 1.558.956,00	$ 5.380.957,68
3	$ 182.817.200	$ 1.174.783,33	$ 1.828.172,00	$ 1.224.875,24	$ 4.227.830,57
4	$ 11.520.000	$ 74.027,52	$ 115.200,00	$ 77.184,00	$ 266.411,52
5	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
6	$ 57.600.000	$ 370.137,60	$ 576.000,00	$ 385.920,00	$ 1.332.057,60
7	$ 60.120.000	$ 386.331,12	$ 601.200,00	$ 402.804,00	$ 1.390.335,12
8	$ 95.400.000	$ 613.040,40	$ 954.000,00	$ 639.180,00	$ 2.206.220,40
9	$ 57.600.000	$ 370.137,60	$ 576.000,00	$ 385.920,00	$ 1.332.057,60
10	$ 99.600.000	$ 640.029,60	$ 996.000,00	$ 667.320,00	$ 2.303.349,60
11	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
12	$ 174.901.200	$ 1.123.915,11	$ 1.749.012,00	$ 1.171.838,04	$ 4.044.765,15
13	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
14	$ 76.320.000	$ 490.432,32	$ 763.200,00	$ 511.344,00	$ 1.764.976,32
15	$ 333.632.800	$ 2.143.924,37	$ 3.336.328,00	$ 2.235.339,76	$ 7.715.592,13
16	$ 302.788.400	$ 1.945.718,26	$ 3.027.884,00	$ 2.028.682,28	$ 7.002.284,54
17	$ 116.472.800	$ 748.454,21	$ 1.164.728,00	$ 780.367,76	$ 2.693.549,97
18	$ 144.576.000	$ 929.045,38	$ 1.445.760,00	$ 968.659,20	$ 3.343.464,58
19	$ 92.220.000	$ 592.605,72	$ 922.200,00	$ 617.874,00	$ 2.132.679,72
20	$ 106.560.000	$ 684.754,56	$ 1.065.600,00	$ 713.952,00	$ 2.464.306,56
21	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
22	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
23		$ -	$ -	$ -	$ -
TOTAL	**$ 2.144.808.400**	**$ 13.782.538,78**	**$ 21.448.084,00**	**$ 14.370.216,28**	**$ 49.600.839,06**

Costos Totales

De acuerdo a los análisis realizados, los costos totales de adquisición predial, sin incluir costos por lucro cesante son:

Tabla 131 Cálculo de costos totales

PREDIO	VALOR TOTAL TERRENO Y CONST	DAÑO EMERGENTE (Gastos notariales y de registro)	COSTO TOTAL
1	$ -	$ -	$ -
2	$ 232.680.000	$ 5.380.958	$ 238.060.958
3	$ 182.817.200	$ 4.227.831	$ 187.045.031
4	$ 11.520.000	$ 266.412	$ 11.786.412
5	$ -	$ -	$ -
6	$ 57.600.000	$ 1.332.058	$ 58.932.058
7	$ 60.120.000	$ 1.390.335	$ 61.510.335
8	$ 95.400.000	$ 2.206.220	$ 97.606.220
9	$ 57.600.000	$ 1.332.058	$ 58.932.058
10	$ 99.600.000	$ 2.303.350	$ 101.903.350
11	$ -	$ -	$ -
12	$ 174.901.200	$ 4.044.765	$ 178.945.965
13	$ -	$ -	$ -
14	$ 76.320.000	$ 1.764.976	$ 78.084.976
15	$ 333.632.800	$ 7.715.592	$ 341.348.392
16	$ 302.788.400	$ 7.002.285	$ 309.790.685
17	$ 116.472.800	$ 2.693.550	$ 119.166.350
18	$ 144.576.000	$ 3.343.465	$ 147.919.465
19	$ 92.220.000	$ 2.132.680	$ 94.352.680
20	$ 106.560.000	$ 2.464.307	$ 109.024.307
21	$ -	$ -	$ -
22	$ -	$ -	$ -
23			
TOTAL	**$ 2.144.808.400**	**$ 49.600.839**	**$ 2.194.409.239**

6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El presente informe desarrolla el análisis beneficio-costo del proyecto de obras de mitigación del riesgo por movimientos en masa localizado en el sector comprendido entre los barrios Perdomo Alto y Rincón de Galicia, en la zona de Porvenir Altos de la Estancia II, Localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. El sector se encuentra categorizado en riesgo alto por movimientos en masa, conforme a los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo disponibles.

El objetivo del análisis es determinar la conveniencia económica de ejecutar las obras de mitigación propuestas, comparando la inversión requerida (gestión predial + construcción) frente a las pérdidas económicas esperadas que se evitarían en caso de materializarse los fenómenos de inestabilidad del talud, de acuerdo con los escenarios de amenaza identificados.

Actualmente, el talud presenta inestabilidad que compromete de manera directa la integridad de viviendas ubicadas en la corona y pata de este y la infraestructura de espacio público. Ante este escenario, se hace imperativa la ejecución de obras de estabilización y control de drenajes para salvaguardar la vida humana y el patrimonio del sector.

6.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

La intervención plantea una solución integral de estabilización que combina estructuras de contención, manejo de taludes y obras hidráulicas, detalladas a continuación:

- Estructura de Contención: Construcción de un muro en concreto reforzado de aproximadamente 55 metros de longitud, con una altura variable que oscila entre 5 y 9 metros y un espesor de 0,50 a 0,80 metros.
- Cimentación: El muro incluye una zarpa de 5 metros hacia el exterior y dentellón, apoyado directamente sobre un estrato rocoso competente perteneciente a la Formación Guaduas (arenisca).
- Gestión de Suelos y Predios: Se requiere un corte de terreno en el talud existente. Para viabilizar esta fase de forma segura, es obligatoria la relocalización previa de cuatro (4) edificaciones expuestas a alto riesgo por desprendimiento.

- Tratamiento del Talud: Posterior al corte, la superficie resultante será estabilizada temporal y permanentemente mediante la aplicación de concreto lanzado y la instalación de pernos de anclaje.
- Manejo de Aguas y Urbanismo: La obra incluye drenajes de escorrentía mediante un canal en la corona del talud y estructuras de disipación de energía en la parte inferior. Adicionalmente, el muro servirá como soporte para la reconformación del espacio público superior (andén).

6.2 ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PROYECTO (INVERSIÓN)

El costo total estimado para la materialización del proyecto asciende a $2.500 millones de pesos colombianos:

Tabla 132 Inversión para la Gestión del Riesgo

Componente de Inversión	Descripción	Valor Estimado (COP)
Gestión Predial	Relocalización y gestión de las 4 edificaciones en riesgo.	$800.000.000
Ejecución de Obra	Muro de contención (costo base ~$1.500M), concreto lanzado, anclajes y obras de drenaje.	$1.700.000.000
Costo Total del Proyecto	Inversión requerida para la mitigación	$2.500.000.000

6.3 ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS (PÉRDIDAS ECONÓMICAS EVITADAS)

El beneficio económico del proyecto se calcula a partir del modelo de daños evitados. De materializarse el movimiento en masa, el desastre generaría las siguientes pérdidas estimadas:

Tabla 133 Pérdidas económicas esperadas de llegarse a materializar el evento extremo.

Categoría de Pérdida	Detalle de la Afectación	Valor Estimado (COP)
Infraestructura	Colapso de viviendas, vías y redes de servicios públicos.	$2.200.000.000
Enseres y Bienes	Pérdida de patrimonio mueble de las familias afectadas.	$350.000.000
Pérdidas Intangibles	Ruptura de actividades sociales, lucro cesante y afectación comunitaria.	$300.000.000
Atención de Emergencia	Operativos de rescate, albergues temporales y obras de recuperación post-desastre (50%).	$700.000.000
Total Pérdidas Esperadas	**Beneficio total por evitar el siniestro**	**$3.550.000.000**

Estas cifras representan el valor total de las pérdidas que se evitarían al implementar el proyecto de mitigación, bajo el supuesto de materialización del escenario de amenaza en el horizonte de análisis.

6.4 ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO (RELACIÓN B/C)

6.4.1 METODOLOGÍA

El análisis se realiza mediante el indicador de la Relación Beneficio/Costo (B/C), definida como el cociente entre los beneficios económicos del proyecto (pérdidas evitadas) y los costos de inversión necesarios para su implementación:

B/C = Beneficios (pérdidas evitadas) / Costos de inversión

Un valor de B/C superior a 1,0 indica que los beneficios superan a los costos, por lo que el proyecto es económicamente viable. Dado que el sector se encuentra en categorización de riesgo alto, se adopta un enfoque conservador en el que se considera la materialización del evento en el horizonte de análisis (escenario de pérdidas totales esperadas).

6.4.2 CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Tabla 134 Relación Beneficio/Costo

Concepto	Valor (millones COP)
Beneficios del proyecto (pérdidas económicas evitadas)	3.550
Costos de inversión (gestión predial + obra de mitigación)	2.500
Relación Beneficio / Costo (B/C)	**3.550 / 2.500 = 1,42**
Relación porcentual	**142 %**

La relación B/C de 1,42 significa que por cada peso invertido en el proyecto de mitigación se generan aproximadamente 1,42 pesos de beneficio económico en términos de pérdidas evitadas. En otras palabras, los beneficios superan a los costos en un 42 %.

6.4.3 INTERPRETACIÓN EN EL CONTEXTO DE RIESGO ALTO

Dado que el sector presenta categorización de riesgo alto por movimientos en masa, la probabilidad de ocurrencia del evento es elevada. En este contexto, el análisis considera el escenario de materialización de las pérdidas estimadas, lo cual resulta coherente con el principio de precaución y con las metodologías de evaluación de proyectos de reducción del riesgo de desastres recomendadas por entidades como el IDIGER, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y organismos internacionales (BID, Banco Mundial).

El resultado de B/C = 1,42 > 1 confirma la viabilidad económica del proyecto incluso bajo un enfoque determinístico de pérdidas totales. Si se incorporaran factores de probabilidad o se realizaran análisis de sensibilidad con tasas de descuento, la justificación del proyecto se mantendría o se reforzaría, especialmente al considerar los beneficios sociales no monetizados (protección de vidas, reducción de vulnerabilidad social, continuidad de servicios públicos).

6.5 BENEFICIOS ADICIONALES NO CUANTIFICADOS

Además de los beneficios económicos cuantificados, el proyecto genera impactos positivos de carácter social, ambiental y urbano que no han sido monetizados en el presente análisis, entre ellos:

- Protección de vidas humanas y reducción del riesgo de lesiones o fatalidades asociadas a desprendimientos de material.
- Mejora de la calidad de vida de la población del sector al eliminar la condición de alto riesgo no mitigable o mitigable.
- Recuperación y mejoramiento del espacio público (andenes y zonas de circulación) una vez reconformado el talud superior.
- Reducción de la vulnerabilidad social de familias que actualmente habitan en condiciones de amenaza inminente.

- Disminución de costos futuros de atención de emergencias y de posibles reasentamientos masivos no planificados o planificados (procesos que llevan más de 10 años).
- Contribución al ordenamiento territorial y a la consolidación de zonas seguras en la Localidad de Ciudad Bolívar.

6.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis beneficio-costo realizado se desprenden las siguientes conclusiones:

- La inversión total requerida para la gestión predial y la ejecución de las obras de mitigación asciende a 2.500 millones de pesos.
- Las pérdidas económicas esperadas en caso de materialización de los movimientos en masa ascienden a aproximadamente 3.550 millones de pesos, distribuidas entre infraestructura, enseres, pérdidas intangibles y costos de atención y recuperación.
- La relación Beneficio/Costo es de 1,42 (142 %), lo que indica que los beneficios superan a los costos en un 42 %. El proyecto es económicamente viable.
- Considerando la categorización de riesgo alto del sector, la ejecución de las obras de mitigación resulta prioritaria desde el punto de vista técnico, social y económico.
- Los valores de costos y pérdidas corresponden a estimaciones suministradas y expresadas en millones de pesos colombianos (COP) a valores actuales. No se ha aplicado tasa de descuento ni actualización por inflación en el presente ejercicio simplificado.
- El análisis adopta un enfoque determinístico acorde con la condición de riesgo alto del sector. Análisis probabilísticos más detallados (incluyendo curvas de excedencia de pérdidas) podrían refinar los resultados, pero no se espera que modifiquen la conclusión de viabilidad.
- No se han cuantificado monetariamente los beneficios asociados a la protección de vidas humanas ni los co-beneficios de mejoramiento urbano y social, los cuales fortalecerían aún más la justificación del proyecto.

7 PRESUPUESTOS, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

El presupuesto se presenta en el anexo correspondiente, y se basa en los precios de referencia del IDU, conformándose por los siguientes elementos:

7.1 MEMORIAS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Los formatos de cantidades de obra, para cada uno de los ítems de actividad de obra propuestos en la estructura general del presupuesto. El archivo en Excel se puede consultar en el anexo correspondiente.

7.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

Las Especificaciones de obra, se relacionan con las Especificaciones IDU, y para los casos particulares se anexa la especificación que corresponda. Igualmente se puede consultar en el Anexo Correspondiente.

7.3 PRESUPUESTO Y CANTIDADES DE OBRA

Junto con el presupuesto, se presentan los Análisis de Precios Unitarios, para las actividades de obra que no se encuentre la debida referencia en los precios IDU, estos se presentan en el correspondiente anexo.

El archivo desglosa las actividades en dos grandes fases: una etapa de consultoría y diseño (que incluye ensayos de laboratorio y toma de información), y una etapa de ejecución u "obras de conservación", que abarca trabajos preliminares y movimientos de tierra, tales como demoliciones, descapote, excavaciones y cerramientos.

En cuanto a la valoración financiera de la intervención física, es importante resaltar el valor de los costos directos de obra, los cuales ascienden a la suma de $1.101.624.011. Este rubro representa el costo estricto de ejecución de las actividades en campo (calculado a partir de las cantidades de obra por su valor unitario base), excluyendo los gastos indirectos. Una vez se le aplica a este subtotal el porcentaje de Administración, Imprevistos y Utilidad (A.I.U.), que para este proyecto está tasado en un 32,32%, el valor total del componente de obra a precios unitarios alcanza los $1.457.685.029, consolidando así la inversión requerida para materializar físicamente el proyecto antes de sumar los rubros de consultoría.

7.4 PROGRAMACIÓN DE OBRA

Se presentan los soportes correspondientes a los rendimientos, y ejecución presupuestal, en función de los tiempos, y se plasma en el correspondiente cronograma de actividades conforme la estructura de desglose del trabajo. Esta obra se estima una ejecución entre 6 a 8 meses, que sumando las otras intervenciones producto de esta consultoría, se podría estimar la ejecución de las 3 obras en 10 meses.

8 INSUMOS PARA TRAMITES PERMISOS

El único trámite a realizar en el marco del contrato de obra es la solicitud de autorización o permiso de aprovechamiento forestal ante la Secretaria Distrital de Ambiente, principalmente para la obra en el corte vial de Sierra Morena III.

8.1 INVENTARIO FORESTAL

En general, se evidencia que el arbolado localizado en los diferentes predios ha tenido mantenimiento, unos más que otros o incluso lugares como el barrio Porvenir que conserva un árbol y el único, mientras que Arborizadora alta se observa arboles plateados, pero esto no Sierra morena. En general para la mayoría de los individuos presentan un lugar de emplazamiento adecuado para su desarrollo y sobresalen especies propias de regeneración natural.

La intervención silvicultural considerada para cada individuo y su ubicación, se consideraron cinco (5) tipos de intervención: conservación, poda, tala, traslado y tratamiento integral. De esta manera, se tienen 16 individuos para conservación, 11 para poda, 58 para tala, 1 para tratamiento integral y 3 para traslado.

La siguiente tabla presenta el tratamiento silvicultural propuesto junto a la ubicación de cada una de estos sectores objeto de estudio.

Tabla 135 Tratamientos silviculturales propuestos por individuo

No Ind.	Barrio	Tratamiento silvicultural	Nombre científico
1	Sierra Morena	Tratamiento integral	*Cytharexylum subflavescens*
2	Sierra Morena	Conservación	*Ligustrum lucidum*
3	Sierra Morena	Tala	*Cytharexylum subflavescens*
4	Sierra Morena	Tala	*Cytharexylum subflavescens*
5	Sierra Morena	Conservación	*Tecoma stans*
6	Sierra Morena	Conservación	*Ligustrum lucidum*
7	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
8	Sierra Morena	Conservación	*Morella parvifolia*

No Ind.	Barrio	Tratamiento silvicultural	Nombre científico
9	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
10	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
11	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
12	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
13	Sierra Morena	Conservación	*Paraserianthes lophanta*
14	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
15	Sierra Morena	Conservación	*Bacharis floribunda*
16	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
17	Sierra Morena	Tala	*Ligustrum lucidum*
18	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
19	Sierra Morena	Tala	*Tecoma stans*
20	Sierra Morena	Tala	*Tecoma stans*
21	Sierra Morena	Tala	*Tecoma stans*
22	Sierra Morena	Tala	*Tecoma stans*
23	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
24	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
25	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
26	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
27	Sierra Morena	Tala	*Cotoneaster multiflora*
28	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
29	Sierra Morena	Tala	*Cotoneaster multiflora*
30	Sierra Morena	Tala	*Cotoneaster multiflora*
31	Sierra Morena	Tala	*Cotoneaster multiflora*
32	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
33	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
34	Sierra Morena	Tala	*Cotoneaster multiflora*
35	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
36	Sierra Morena	Traslado	*Cotoneaster multiflora*
37	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
38	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
39	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
40	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
41	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
42	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
43	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
44	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
45	Sierra Morena	Tala	*Cotoneaster multiflora*
46	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
47	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*

No Ind.	Barrio	Tratamiento silvicultural	Nombre científico
48	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
49	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
50	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
51	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
52	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
53	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
54	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
55	Sierra Morena	Tala	*Morella parvifolia*
56	Sierra Morena	Traslado	*Fraxinus chinensis*
57	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
58	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
59	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
60	Sierra Morena	Tala	*Sambucus nigra*
61	Sierra Morena	Conservación	*Sambucus nigra*
62	Sierra Morena	Tala	*Eucalyptus globulus*
63	Sierra Morena	Conservación	*Cupressus lusitanica*
64	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
65	Sierra Morena	Conservación	*Ficus carica*
66	Sierra Morena	Tala	*Tecoma stans*
67	Sierra Morena	Tala	*Tecoma stans*
68	Sierra Morena	Tala	*Prunus serotina*
69	Sierra Morena	Tala	*Paraserianthes lophanta*
70	Sierra Morena	Tala	*Sambucus nigra*
71	Sierra Morena	Tala	*Bacharis floribunda*
72	Porvenir	Conservación	*Sambucus nigra*
73	Arborizadora Alta	Poda de formación/realce	*Tecoma stans*
74	Arborizadora Alta	Poda de formación/realce	*Tecoma stans*
75	Arborizadora Alta	Tala	*Paraserianthes lophanta*
76	Arborizadora Alta	Poda de formacion/realce	*Tecoma stans*
77	Arborizadora Alta	Poda de formacion/realce	*Tecoma stans*
78	Arborizadora Alta	Poda de formacion/realce	*Tecoma stans*
79	Arborizadora Alta	Tala	*Sambucus nigra*
80	Arborizadora Alta	Traslado	*Tecoma stans*
81	Arborizadora Alta	Tala	*Paraserianthes lophanta*
82	Arborizadora Alta	Poda de formacion/realce	*Prunus serotina*
83	Arborizadora Alta	Poda de formación control de alturas	*Acacia decurrens*
84	Arborizadora Alta	Tala	*Acacia decurrens*
85	Arborizadora Alta	Poda de formacion/realce	*Acacia decurrens*
86	Arborizadora Alta	Poda de formación control de alturas	*Acacia decurrens*

No Ind.	Barrio	Tratamiento silvicultural	Nombre científico
87	Arborizadora Alta	Poda de formación control de alturas	*Carica pubescens*
88	Arborizadora Alta	Tala	*Prunus serotina*
89	Arborizadora Alta	Poda de formación control de alturas	*Prunus serotina*

Fuente: Consorcio Preserva, 2026

8.2 ESTUDIO AMBIENTAL

8.2.1 ALCANCE

El presente Plan de Manejo Ambiental corresponde al sector de **Porvenir de la Estancia II**, ubicado en la Localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C., y se desarrolla como parte de los estudios y diseños detallados e integrales con planteamiento de medidas de reducción de riesgo por movimientos en masa, que permitan la correcta inversión y ejecución de obras de mitigación, en la localidad de ciudad bolívar.

El estudio comprende la caracterización ambiental del área de intervención mediante la recopilación y análisis de información primaria y secundaria de los componentes físico, biótico y socioeconómico, así como la identificación y evaluación de los impactos ambientales asociados a las actividades proyectadas.

A partir de lo anterior, se formulan las medidas y acciones de manejo ambiental aplicables a las obras, incluyendo el manejo de materiales, residuos y RCD, aguas, sustancias químicas, cobertura vegetal, fauna y paisaje, de acuerdo con lo establecido en el Anexo Técnico y la normativa ambiental aplicable.

8.2.2 NORMATIVIDAD APLICABLE

Con el propósito de garantizar que la elaboración de la presente Línea Base Ambiental se desarrolle conforme a los lineamientos técnicos, ambientales y normativos vigentes, se realizó la recopilación y revisión del marco normativo aplicable a nivel nacional, distrital y local, relacionado con la gestión ambiental, el ordenamiento territorial, la gestión del riesgo y las intervenciones en zonas susceptibles a procesos de remoción en masa.

La identificación de la normativa aplicable permite establecer los criterios técnicos y legales que orientan la caracterización ambiental del área de estudio, así como la formulación de lineamientos y consideraciones ambientales para el desarrollo de futuras intervenciones en el sector objeto de análisis.

En este sentido, a continuación, se presenta la relación de normas, decretos, resoluciones y demás instrumentos regulatorios considerados para la elaboración del presente documento de Línea Base Ambiental.

Tabla 136 Marco normativo

COMPONENTE	DENOMINACIÓN	EMITE	OBJETO
GENERALES	Decreto Ley 2811 de 1974	Presidente de la República de Colombia	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
	Ley 99 de 1993	Congreso	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema

COMPONENTE	DENOMINACIÓN		EMITE	OBJETO
				Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
	Acuerdo distrital 248 de 2006		Concejo De Bogotá	Por el cual se modifica el Estatuto General de Protección Ambiental del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.
	Ley 1333 de 2009		Congreso	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
	Decreto 1076 de 2015		Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
	Decreto 2372 de 2010		Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Sobre los criterios, categorías y jurisdicción de las áreas protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
	Resolución 415 del 2010		Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se reglamenta el Registro Único de Infractores Ambientales (RUIA) y se toman otras determinaciones.
	Decreto 623 de 2011		Alcaldía de Bogotá	Por medio del cual se clasifican las áreas-fuente de contaminación ambiental Clase I, II y III de Bogotá, D.C., y se dictan otras disposiciones.
	Acuerdo 19 de 1996		Concejo De Bogotá	Por el cual se adopta el Estatuto General de Protección Ambiental del Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá y se dictan normas básicas necesarias para garantizar la Preservarción y defensa del patrimonio ecológico, los recursos naturales y el medio ambiente. (Reglamentado parcialmente por el Decreto Distrital 417 de 2006)
PLAN DE DESARROLLO DISTRITAL	Acuerdo 927 de 2024		Concejo De Bogotá	Por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas del Distrito Capital 2024-2027 “Bogotá Camina Segura”
RECURSOS NATURALES	AGUA	Decreto 1541 de 1978	Presidente De La República De Colombia	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23

COMPONENTE	DENOMINACIÓN		EMITE	OBJETO
				de 1973. (Modificado por el Decreto Nacional 2858 de 1981)
		Decreto 4742 de 2005	Presidente De La República De Colombia	Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.
		Decreto 3930 de 2010	Presidente De La República De Colombia	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. (Compilado por el Decreto 1076 de 2015)
		Decreto 4728 de 2010	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 4728 de 2010, por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
		Ley 373 de 1997	Congreso	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, busca Preservar la oferta hídrica a partir de la formulación de proyectos y acciones que deben adoptar los usuarios.
		Resolución 3956 de 2009	Secretaria Distrital de Ambiente	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital
		Resolución 1424 de 2011	Secretaria Distrital de Ambiente	Por la cual se suspenden términos en las actuaciones administrativas relacionadas con el manejo del Recurso Hídrico y se adoptan otras determinaciones
		Resolución 0631 de 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
	ATMO	Resolución 0601 de 2006	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

COMPONENTE	DENOMINACIÓN		EMITE	OBJETO
	SFÉRICO	Decreto 506 de 2003	Alcaldía de Bogotá	Por el cual se reglamentan los Acuerdos 01 de 1998 y 12 de 2000, compilados en el Decreto 959 de 2000; en el contexto de la reglamentación de publicidad exterior visual.
		Resolución 762 de 2022	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se reglamentan los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamentan los artículos 2.2.5.1.6.1, 2.2.5.1.8.2 y 2.2.5.1.8.3 del Decreto 1076 de 2015 y se adoptan otras disposiciones
		Decreto 555 de 2021	Alcaldía de Bogotá	Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.
		Resolución 909 de 2008	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
		Resolución 0627 de 2006	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental disposiciones.
		Resolución 8321 de 1983	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas sobre Protección y conservación de la Audición, de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.
		Resolución 2254 de 2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Adopta la norma de calidad del aire ambiente la cual incorpora un ajuste progresivo de los niveles máximos permisibles de contaminantes, incluyendo nuevos contaminantes y definiendo elementos técnicos integrales para mejorar la gestión de la calidad del aire.
	SUELO	Ley 388 de 1997	Congreso	Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. (Adicionado por la Ley 614 de 2000.)
	BIODI	Decreto 1608 de 1978	Presidente de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al

COMPONENTE	DENOMINACIÓN		EMITE	OBJETO
	VERSIDAD			Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
		Ley 299 de 1995	Congreso	Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
		Ley 99 de 1993	Congreso	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Protección de los Recursos Naturales.
		Resolución 126 de 2024	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones
		Ley 165 de 1994	Congreso	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. (Reglamentada por el Decreto Nacional 2372 de 2010)
	FORESTAL	Decreto 1791 de 1996	Presidente de la República de Colombia	Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
		Ley 299 de 1996	Congreso	Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
		Acuerdo 653 de 2016	Concejo De Bogotá	Por el cual se implementan acciones para el manejo integral de la población de Palomas en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones
		Resolución 4090 de 2007	LA SECRETARIA DISTRITAL DE	Por la cual se adopta el manual de arborización para Bogotá D.C.

COMPONENTE	DENOMINACIÓN	EMITE	OBJETO
		AMBIENTE Y EL DIRECTOR DEL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS	
	Decreto 646 DE 2025	EL ALCALDE MAYOR DE BOGOTÁ	Por medio del cual se expide el Decreto Único Distrital del Sector Ambiente
	Resolución 6563 de 2011	Secretaria Distrital De Ambiente	Por la cual se dictan disposiciones para la racionalización y el mejoramiento de trámites de arbolado urbano
	Acuerdo 327 de 2008	Concejo De Bogotá	Por medio cual se dictan normas para la planeación, generación y sostenimiento de zonas verdes denominadas "Pulmones Verdes" en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.
	Acuerdo 418 de 2009	Concejo De Bogotá	Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, entre otras en el D. C. y se dictan otras disposiciones.
	Acuerdo distrital 435 de 2010	Concejo De Bogotá	Por medio del cual se dictan lineamientos para ampliar la cobertura arbórea en parques y zonas verdes de equipamientos urbanos públicos.
	Resolución 1909 de 2017	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por la cual se establece el Salvoconducto Único Nacional en Línea para la movilización de especímenes de la diversidad biológica.
	Resolución conjunta 001 de 2019	Secretaría Distrital de Planeación	Por medio de la cual se establecen los lineamientos y procedimientos para la Compensación por endurecimiento de zonas verdes por desarrollo de obras de infraestructura, en cumplimiento del Acuerdo Distrital 327 de 2008.
	Decreto 646 de 2025	EL ALCALDE MAYOR DE BOGOTÁ	Por medio del cual se modifica y adiciona el Decreto Distrital 531 de 2010, y se toman otras determinaciones.

COMPONENTE	DENOMINACIÓN		EMITE	OBJETO
FACTORES DE AFECTACIÓN	ENERGÍA	Ley 685 de 2002	Congreso	Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
		Resolución 194 de 2025	LA MINISTRA DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO	Por medio de la cual se definen los parámetros y Lineamientos de construcción sostenible, se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones, se sustituye la Resolución 0549 del 2015 y se dictan otras disposiciones.
	RESIDUOS	Decreto 4741 de 2005	EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. (Desarrollado parcialmente por la Resolución del Min. Ambiente 1402 de 2006)
		Decreto 838 de 2005	EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
		Decreto 620 de 2007	Alcaldía mayor de Bogotá	Por medio del cual se complementa el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital.
		Resolución 1326 de 2017	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones.
		Decreto 507 de 2026	Alcaldía mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el modelo y los lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C., y se dictan otras disposiciones
		Decreto 646 de 2025	Alcaldía mayor de Bogotá	Por medio del cual se expide el Decreto Único Distrital del Sector Ambiente

COMPONENTE	DENOMINACIÓN		EMITE	OBJETO
		Resolución 472 de 2017	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones
		Resolución 2184 de 2019	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
		Resolución 1362 de 2007	EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los Artículo 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
		Resolución 0062 de 2007	IDEAM	Por la cual se adoptan los protocolos de muestreo y análisis de laboratorio para la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos peligrosos en el país.
		Resolución 1257 de 2021	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.

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

8.2.3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Los puntos de intervención objeto del presente estudio se encuentran ubicados en la Localidad de Ciudad Bolívar, correspondiente a la Localidad No. 19 de Bogotá D.C., localizada al sur del Distrito Capital. La localidad limita al norte con las localidades de Bosa y Kennedy, al oriente con Tunjuelito, al sur con Usme y al occidente con el municipio de Soacha, en el departamento de Cundinamarca.

Ciudad Bolívar se caracteriza por presentar condiciones topográficas asociadas a zonas de ladera, con pendientes pronunciadas y sectores urbanizados sobre terrenos de alta complejidad geomorfológica. Estas condiciones, sumadas a la presencia de depósitos coluviales, suelos residuales y materiales poco consolidados, generan escenarios de susceptibilidad frente a procesos de remoción en masa y fenómenos de inestabilidad del terreno.

El presente estudio comprende tres (3) puntos de intervención ubicados en áreas urbanas consolidadas y de expansión de la localidad, correspondientes a los barrios Porvenir de la Estancia II, Sierra Morena III – Corte vial y Arborizadora Alta – Candelaria La Nueva, estos sitios se caracterizados principalmente por uso residencial, vías locales y redes de servicios públicos, con predominio de ocupación sobre ladera.

En la siguiente figura se presenta la localización general de los polígonos analizados.

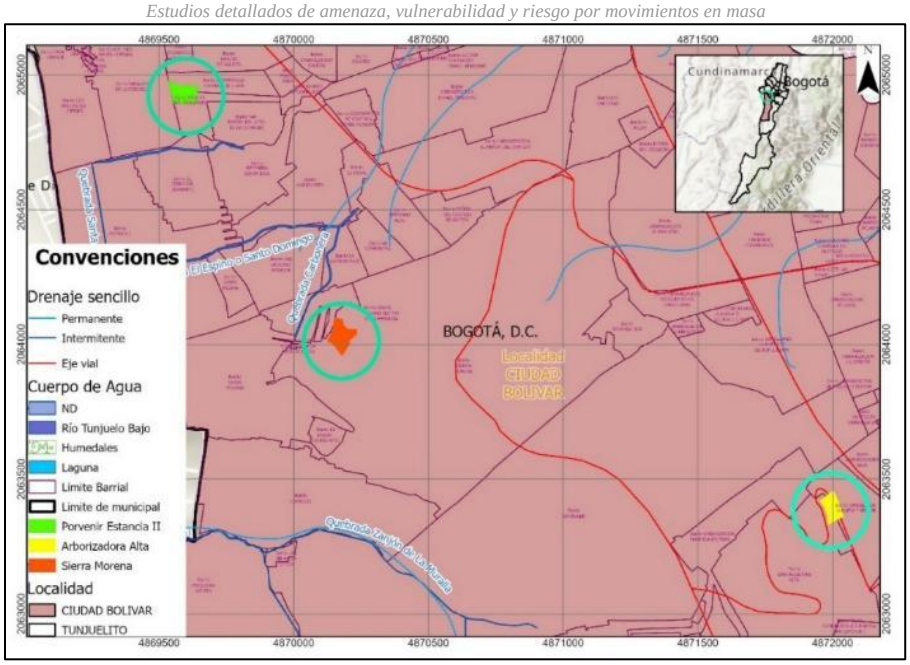


Figura 153. Localización general de los sectores de estudio en la Localidad de Ciudad Bolívar
Fuente: Consorcio Preservar, 2026

8.3 ÁREA DE ESTUDIO

El sector Porvenir de la Estancia II se ubica en la localidad de Ciudad Bolívar, aproximadamente entre la Calle 62k Sur y la Calle 63 bis Sur, y entre la Carrera 75h y la Carrera 75b bis, en un sector urbano predominantemente residencial con desarrollos de densidad media, vías locales y presencia de equipamientos comunitarios.

La zona se emplaza sobre laderas características del sur de Bogotá, presentando condiciones topográficas que favorecen la ocurrencia de procesos de inestabilidad. En este sentido, se han identificado alertas asociadas a pérdida de banca en la corona de taludes y movimientos en masa en estado activo, principalmente de tipo caída de suelo, lo que evidencia la necesidad de evaluación y manejo geotécnico del sector. Las coordenadas geográficas de los vértices del polígono se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 137.Coordenadas geográficas del polígono Porvenir de la Estancia II.

Polígono	Vértice	Latitud	Longitud
Porvenir de la Estancia II	1	4,586924	-74,1765
Porvenir de la Estancia II	2	4,586914	-74,1763
Porvenir de la Estancia II	3	4,586896	-74,176
Porvenir de la Estancia II	4	4,586887	-74,1758
Porvenir de la Estancia II	5	4,586857	-74,1757
Porvenir de la Estancia II	6	4,586482	-74,1757
Porvenir de la Estancia II	7	4,586434	-74,1759
Porvenir de la Estancia II	8	4,586429	-74,1763

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

En la figura siguiente se presenta la localización específica del polígono:

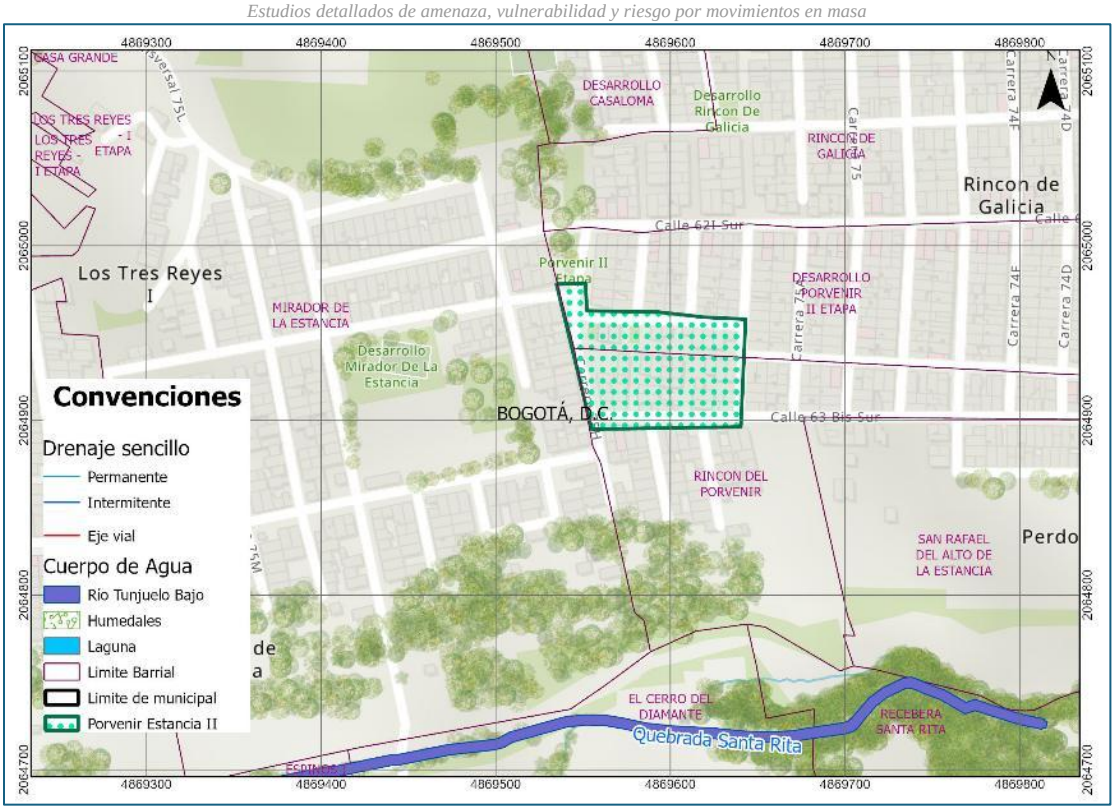
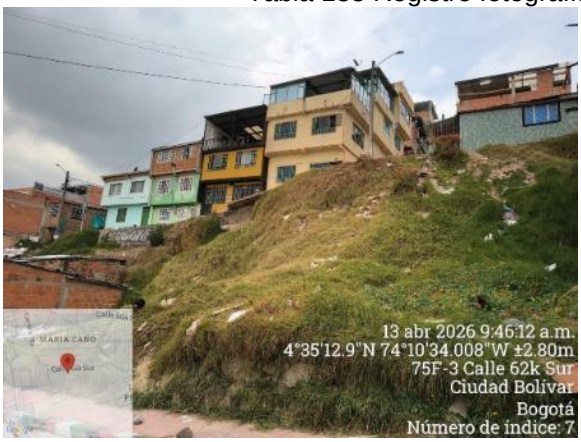


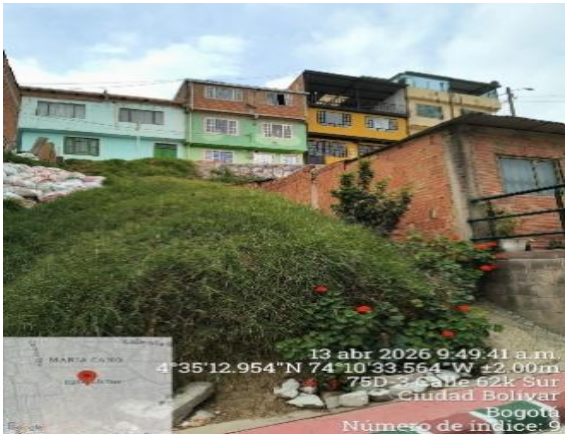
Figura 154. Polígono Porvenir de la Estancia II.
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

8.3.1 ÁREA DE INTERVENCIÓN

El área de intervención presenta una cobertura predominante de pastos limpios en la parte inferior del muro existente, mientras que en la parte superior se encuentra un tejido urbano continuo, correspondiente a una manzana conformada principalmente por viviendas. En las proximidades del muro existente se evidencia la presencia de dos especímenes arbóreos dispersos. Estos corresponden a los elementos de vegetación arbórea identificados dentro del área de intervención. Lo anterior se evidencia a continuación.

Tabla 138 Registro fotográfico recorrido 13 de abril de 2026.

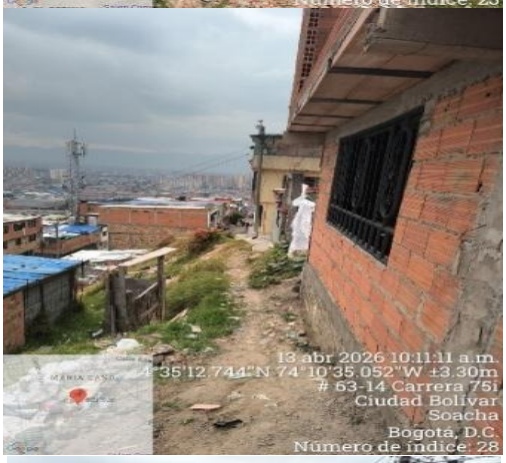





13 abr 2026 9:50:41 a.m.
4°35'13.107"N 74°10'33.504"W ±23.22m
75D-3 Calle 62k Sur
Ciudad Bolívar
Bogotá
Número de índice: 10


13 abr 2026 10:07:43 a.m.
4°35'12.785"N 74°10'34.209"W ±18.56m
75D-21 Calle 62k Sur
Ciudad Bolívar
Bogotá
Número de índice: 25


13 abr 2026 9:56:56 a.m.
4°35'12.395"N 74°10'33.89"W ±28.29m
75D-17 Calle 63c Sur
Ciudad Bolívar
Bogotá, D.C.
Número de índice: 20


13 abr 2026 10:11:11 a.m.
4°35'12.744"N 74°10'35.052"W ±3.30m
63-14 Carrera 75i
Ciudad Bolívar
Soacha
Bogotá, D.C.
Número de índice: 28


13 abr 2026 9:55:10 a.m.
4°35'12.162"N 74°10'32.616"W ±2.00m
62I-58 Carrera 75b Bis
Ciudad Bolívar
Bogotá
Número de índice: 18


13 abr 2026 9:56:11 a.m.
4°35'12.216"N 74°10'33.486"W ±2.40m
75D-5 Calle 63c Sur
Ciudad Bolívar
Bogotá, D.C.
Número de índice: 19



Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

Según lo evidenciado anteriormente, el área de intervención no registra cuerpos de agua superficiales ni drenajes permanentes. Sin embargo, factores como la inclinación del terreno, las condiciones del talud, la cobertura vegetal existente y la presencia de residuos de construcción y demolición (RCD) evidencian condiciones de vulnerabilidad e inestabilidad en el sector.

8.4 DETERMINANTES AMBIENTALES

8.4.1 SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE - SDA

Para la identificación de las condiciones ambientales y territoriales del área de intervención, se efectuó la revisión de información disponible en el geovisor de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), permitiendo obtener información relevante del sector objeto de estudio.



Figura 155. Estructura Ecológica Principal (Dec 555 de 2021).
Fuente: Geo-visor secretaria distrital de ambiente, 2026.
https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/?lon=-74.176305&lat=4.586927&z=18&l=180:1|136:1|132:1|131:1|130:1|134:1|133:1|user_whelLfTh:0.7

De acuerdo con la información consultada en el geovisor, el área de intervención no presenta superposición con áreas protegidas ni con zonas de interés ambiental, como se observa en la Figura 3.

8.4.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL ARBOLADO URBANO (SIGAU)

Como parte del proceso de revisión de información secundaria, se efectuó la consulta del geovisor SIGAU del Jardín Botánico de Bogotá, con el fin de identificar la presencia de árboles en el área de intervención, como se presenta a continuación.

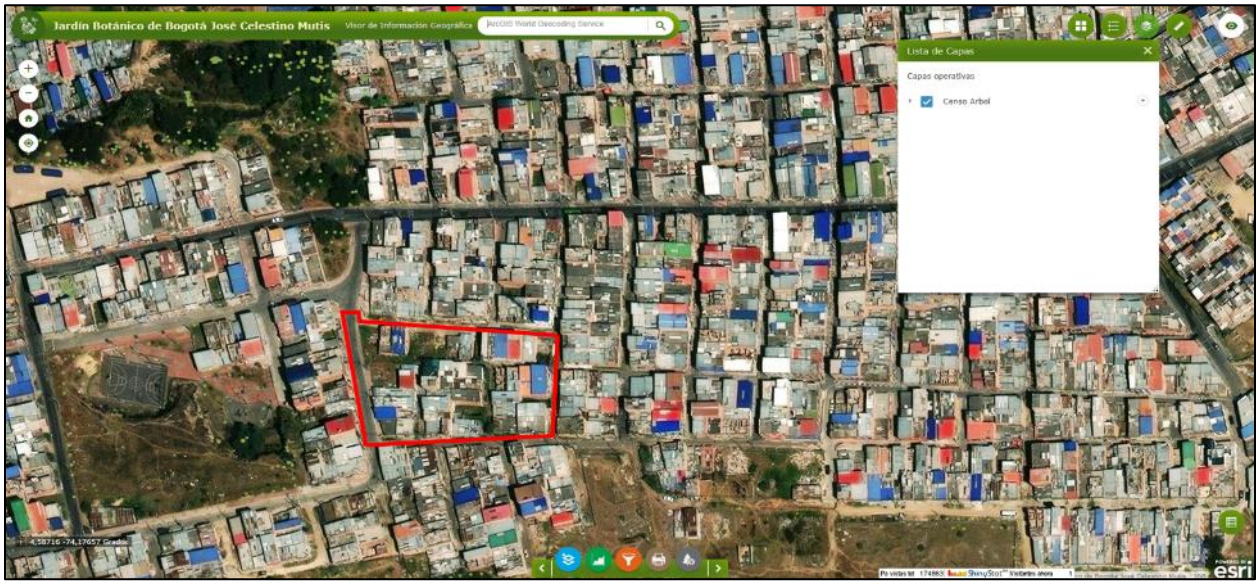


Figura 156. Verificación de individuos arbóreos presente en el área de intervención.
Fuente: Visor Web Público SIGAU, 2026.
https://geoportal.jbb.gov.co/SigauJBB/VisorPublico/VisorPublico

Por otra parte, teniendo en cuenta que durante el recorrido de campo se evidenció la presencia de especímenes arbóreos en el área, se efectuó la verificación mediante la consulta del geovisor del SIGAU.

8.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

8.5.1 DESCRIPCIÓN SITUACIÓN ACTUAL

El proceso morfodinámico predominante en el Polígono 1 corresponde a movimientos en masa de tipo caída y deslizamiento somero, desarrollados sobre taludes de corte vial desconfinados y sin obras de contención. La configuración típica del proceso se localiza en el eje de la Calle 62K Sur con Carrera 75D, donde el corte practicado para la conformación de la banca vial genera pérdida de soporte lateral para los predios ubicados en la parte superior de la ladera y compromete progresivamente la corona del talud. Los materiales involucrados corresponden a depósitos coluviales y suelos residuales arcillosos de baja resistencia al corte, altamente susceptibles a la saturación.

El factor detonante predominante es la gestión deficiente de las aguas superficiales y subsuperficiales sobre estos materiales, asociada a la ausencia de estructuras de captación y canalización de escorrentía y a aportes de agua provenientes de las redes de servicios. El factor condicionante principal es la práctica recurrente de cortes de talud viales sin medidas de contención. De acuerdo con los diagnósticos técnicos disponibles, los eventos documentados presentan taludes de corte del orden de 3,0 a 7,0 m de altura y 10,0 m de longitud, con desplazamiento de volúmenes de material del orden de 2 a 5 m^3 hacia la base del talud. La evidencia de campo y el esquema del perfil del proceso se presentan en la Figura 157

Desde el punto de vista geológico, y en concordancia con la caracterización regional del estudio, el sector se emplaza sobre la Formación Guaduas (K2E1g), específicamente sobre su conjunto intermedio, constituido por la interestratificación de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, arcillolitas y mantos de carbón, que conforma la parte media de los cerros donde se ubica la zona de estudio. Sobre este sustrato se desarrollan perfiles de meteorización y una cobertura de suelos residuales y depósitos coluviales, junto con rellenos antrópicos y escombros producto de la intensa intervención de la ladera. Estos materiales, con matriz predominantemente limo-arcillosa y alta capacidad de retención de humedad, se disponen sobre laderas de fuerte pendiente, condición que, sumada al desconfinamiento topográfico por los cortes antrópicos, eleva la susceptibilidad de los materiales a fallar.

Geomorfológicamente, el sector corresponde a geoformas de ambiente estructural (ladera estructural, Sle), con estratos que buzan en dirección de la pendiente y desarrollo de laderas de altas a escarpadas, intensamente intervenidas por la ocupación urbana y la explotación de materiales. Con base en las zonificaciones de los Estudios Básicos, el sector evaluado presenta una amenaza de media a alta ante la reactivación de movimientos en masa activos.



Figura 157. Evidencia de inestabilidad activa: (a) esquema del perfil del talud de corte (Sección A–A', predio Calle 62K Sur No. 75D-15) y (b) registro fotográfico donde se señala la línea de sección A–A' correspondiente al esquema de la parte (a), junto con la dirección del movimiento y la tubería de alcantarillado en la corona.

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

Anteriormente (año 2023), en la zona de desconfinamiento existía una vía vehicular que en la actualidad ya no opera, debido al desprendimiento constante y a las caídas de relleno y suelo residual. En la siguiente figura, se ilustra el tramo vial en sus condiciones previas al desconfinamiento de la banca.

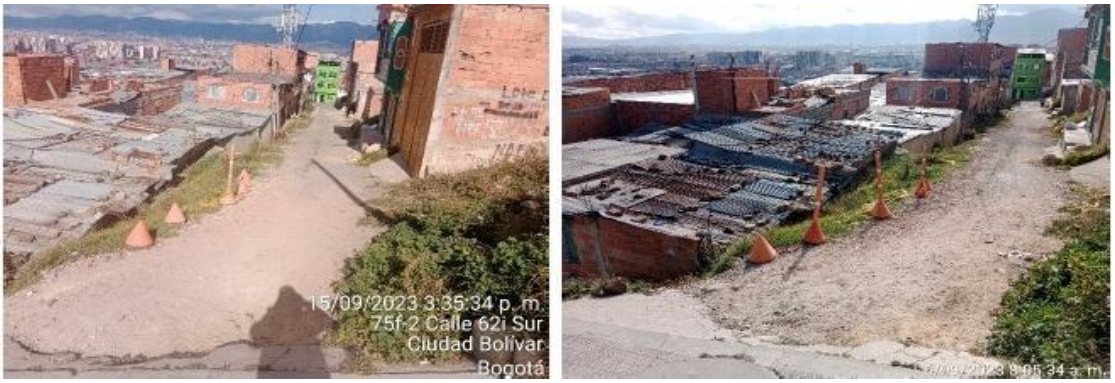


Figura 158. Tramo de la Calle 63 Sur antes del desconfinamiento de la banca
Fuente: IDIGER (2023).

La delimitación de la corona del proceso y las direcciones de movimiento sobre el ortomosaico del sector se presentan en la siguiente figura donde se aprecia el carácter retrogresivo del fenómeno que afecta la calzada de la Calle 63 Sur.



Figura 159. Ilustración de la corona (línea segmentada) y de la dirección del proceso de remoción en masa que afecta la calzada de la Calle 63 Sur, en vista de ortomosaico
Fuente: Elaboración propia a partir de reconocimiento de campo e IDIGER.

Con el fin de representar espacialmente la distribución de la inestabilidad, se elaboró el mapa de procesos morfodinámicos en planta que se presenta en la Figura 160. En él se resaltan los escarpes de los procesos denudativos identificados en el sector, cartografiados sobre el ortomosaico del levantamiento, junto con las direcciones del movimiento del material. Los escarpes se concentran en el sector central del polígono, en el eje de la Calle 62K Sur con Calle 63 Sur, con direcciones de movimiento predominantes hacia la calzada y los predios de la parte baja de la ladera, lo que confirma el carácter retrogresivo del proceso y la exposición directa de las viviendas y la vía.



Figura 160. Mapa de procesos morfodinámicos en planta: escarpes de los procesos denudativos y direcciones de movimiento sobre el ortomosaico del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

Desde el punto de vista morfodinámico, el sitio se encuentra influenciado principalmente por agrietamientos que han afectado el pavimento de la Calle 63 Sur —vía intermedia del sector—, que limita por el norte con un talud resultante de excavaciones antiguas asociadas a la extracción de materiales de uso ingenieril. La inestabilidad de este talud, por descompresión del terreno, ha comprometido la función vial de la Calle 63 Sur, generando grietas y hundimientos que a su vez afectan las viviendas aledañas.

8.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

La obra consiste en la construcción de un muro de contención en concreto reforzado, de aproximadamente 55 metros de longitud, con altura variable entre 5 y 9 metros y espesor entre 0,50 y 0,80 metros. El muro cuenta con zarpa de aproximadamente 5 metros hacia el exterior y dentellón, y se apoya directamente sobre la roca de la Formación Guaduas (arenisca).

Para su implantación se requiere un corte del terreno en el talud existente. Previamente a la ejecución de este corte y del muro, se deben relocalizar cuatro (4) edificaciones que actualmente se encuentran en alto riesgo por desprendimiento de material de la parte superior del talud.

Una vez realizado el corte, el talud resultante será protegido mediante la aplicación de concreto lanzado y la instalación de pernos de anclaje, con el fin de garantizar su estabilidad temporal y permanente.

El muro de contención permitirá la reconformación del material del espacio público superior (andén), mejorando significativamente la estabilidad del sector. Adicionalmente, se contemplan obras de drenaje que incluyen un canal para el manejo de las aguas de escorrentía en la corona del talud y estructuras de disipación de energía para la entrega controlada de dichas aguas en la parte inferior de la obra.

En conjunto, el proyecto busca mitigar el riesgo por inestabilidad del talud, proteger las viviendas y el espacio público, y garantizar condiciones de seguridad y funcionalidad en el sector de Porvenir Altos de la Estancia II.

8.5.3 PROCESO CONSTRUCTIVO Y ACTIVIDADES DE OBRA

El proceso constructivo se estructura en etapas sucesivas cuya secuencia condiciona directamente la estabilidad de la ladera. El criterio rector es que en ningún momento de la construcción se exponga un frente de corte mayor al analizado ni se retire el confinamiento de la pata antes de disponer del elemento de contención definitivo. Por esta razón las etapas se definen de forma que cada una de ellas corresponda a una configuración geométrica verificable mediante análisis de estabilidad, y se establece la construcción por módulos como condición contractual

- Todas las dimensiones se expresan en metros, salvo indicación expresa de otra unidad.
- Antes de iniciar los trabajos en campo se deben verificar las coordenadas y las cotas de localización de la obra contra el plano de implantación definitiva.
- Las obras proyectadas podrán ajustarse de acuerdo con las condiciones del terreno encontradas al iniciar la excavación; todo ajuste debe ser avalado por la interventoría y por el especialista geotécnico.
- La construcción se ejecuta por módulos de aproximadamente 5,0 m de longitud. Concluido un módulo, incluidos su relleno y su drenaje, se autoriza el inicio del siguiente.

- No se permite mantener frentes de excavación abiertos sin sostenimiento al final de la jornada ni durante los períodos de lluvia intensa.

- El material de excavación no puede acopiarse sobre la corona del talud ni en la zona de influencia del corte; se dispone en la ZODME autorizada.

8.5.3.1 Etapa 1: corte de implantación y sostenimiento temporal (etapa durante la construcción)

El corte de implantación se ejecuta descendentemente en pasos de excavación de altura limitada, instalando el sostenimiento de cada paso antes de descender al siguiente. La cara del corte se conforma con dos inclinaciones: en el tramo superior, desarrollado en el depósito coluvial, se adopta una relación 1H:2V con una altura de 2,00 m; en el tramo inferior, desarrollado en la Formación Guaduas, se adopta una relación 1H:3V con una altura de 6,50 m, para una altura total de corte de 8,50 m. El fondo de excavación se ubica en la cota 2.654,36 m s. n. m., con un ancho de 4,92 m que comprende los 4,40 m de la zapata y una banqueta de trabajo de 0,52 m entre el pie del corte y el trasdós del muro. En el frente de la excavación se conforma un contratalud de 2H:1V y 1,00 m de altura hasta empalmar con el terreno natural.

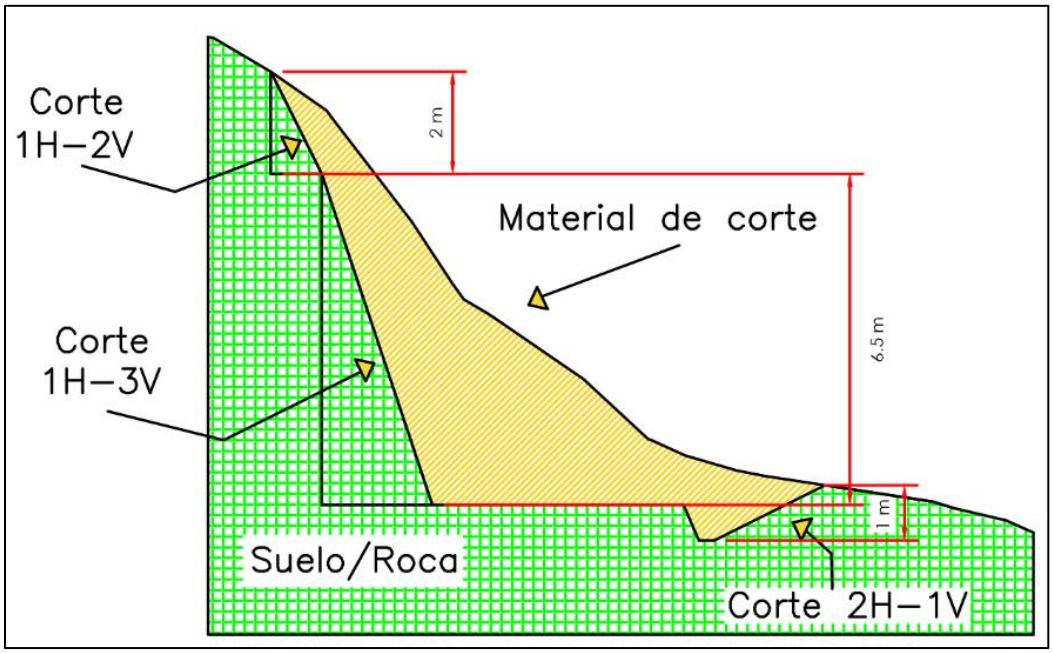


Figura 161. Sección típica de corte para la implantación del muro – sección F–F'.
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

1. Excavación descendente en pasos de altura máxima 1,0 m en el tramo superior en depósito coluvial, correspondiente a la separación vertical de los pernos, y en pasos de hasta 1,5 m en el tramo inferior en la Formación Guaduas; en ningún caso se deja talud desprotegido al final de la jornada.

2. Perfilado de la cara del corte a la inclinación de diseño y retiro del material suelto.

3. En el tramo superior, perforación e instalación de los pernos pasivos Ø25 mm de la fila correspondiente, con inyección del mortero desde el fondo de la perforación mediante manguera de inyección y manguera de retorno. En el tramo inferior no se instalan pernos.

4. Aplicación del concreto lanzado f'c = 21 MPa en toda la cara del corte, con espesor de 0,10 m en ausencia de agua y de 0,15 m en presencia de agua, en cuyo caso se instalan drenes o lloraderas horizontales cada 2,0 m.

5. En el tramo superior, instalación de la platina de reparto de 150×150×9 mm y de la tuerca, con apriete controlado una vez alcanzada la resistencia del mortero y del concreto lanzado.

6. Repetición de la secuencia hasta alcanzar el fondo de excavación, con lectura de la instrumentación al término de cada paso.

7. Verificación del nivel de desplante y comprobación de que el fondo corresponde efectivamente a la Formación Guaduas; en caso contrario, profundización hasta encontrar el sustrato competente.

Esta configuración —corte abierto y sostenido, sin muro— constituye el escenario más desfavorable de toda la obra y es el que se verifica como etapa durante la construcción.

8.5.3.2 Etapa 2: construcción del muro y relleno del trasdós

1. Conformación del solado de limpieza y replanteo de los ejes de la zapata sobre el fondo de excavación.

2. Excavación y vaciado del dentellón o llave de cortante en el extremo de la puntera, de 0,70 m de profundidad y 0,30 m de ancho.
3. Armado y vaciado de la zapata por módulos de 5,0 m, con las juntas de construcción y los pasadores indicados en los planos estructurales.

4. Armado y vaciado de la pantalla en concreto reforzado, respetando la geometría de 0,50 m de espesor en la corona y el ensanchamiento hacia la base.

5. Instalación del sistema de drenaje del trasdós: geodrén o filtro de material granular envuelto en geotextil no tejido, con tubería perforada en la base y descarga controlada al sistema de drenaje de la vía. Este sistema es el que mantiene el relleno en la condición drenada supuesta en el numeral 6.1.2.5, donde se cuantificó que una colmatación que llevara el relleno a Ru = 0,5 incrementaría el empuje un 60 %.

6. Ejecución de las lloraderas de la pantalla en la disposición indicada en los planos.

7. Colocación del relleno ingenieril del trasdós en capas de espesor compacto máximo 0,20 m, con las propiedades del numeral 6.1.2.3 y una densidad mínima del 95 % del ensayo Proctor modificado.

8. Compactación con equipo manual tipo canguro o rana en la franja de 1,0 m adyacente a la pantalla, para no inducir empujes de compactación sobre la estructura.

9. Control de la resistencia del concreto y de la densidad del relleno por módulo, con registro de los ensayos.

El relleno del trasdós no se inicia antes de que el concreto de la pantalla alcance el 75 % de la resistencia especificada, y se ejecuta de forma simétrica y ascendente para evitar cargas asimétricas sobre la estructura recién vaciada.

8.5.3.3 Etapa 3: relleno de puntera y acabados (etapa con obra)

El relleno de puntera constituye un elemento de diseño y no un simple acabado: aporta el confinamiento pasivo que complementa la estabilidad externa de la estructura. Se conforma con el mismo material ingenieril del trasdós, con un espesor máximo del orden de 1,0 m en su parte más gruesa, reduciéndose progresivamente hacia el costado de la vía y manteniendo una pendiente continua de acabado que garantice el drenaje superficial. No se admite su ejecución con material de excavación sin control ni su omisión parcial.

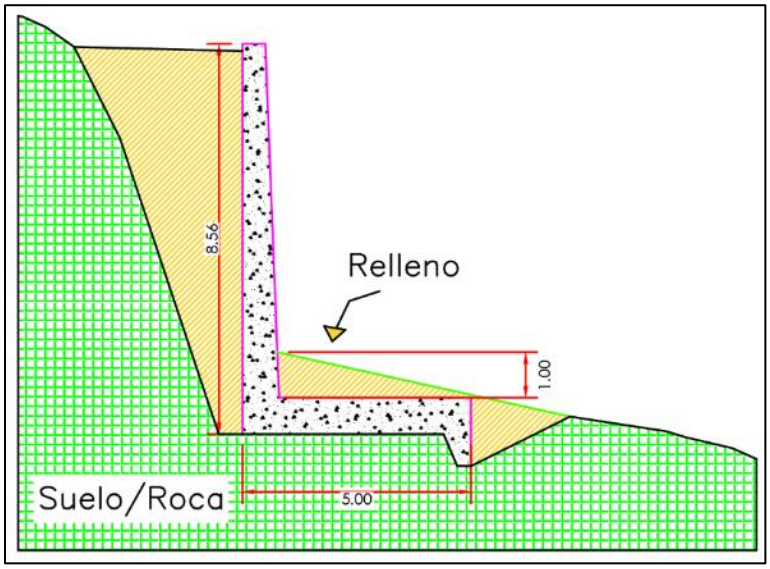


Figura 162. Configuración final de la obra – muro, relleno del trasdós y relleno de puntera, sección F–F'
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

1. Conformación del relleno de puntera en capas de 0,20 m, con espesor máximo de 1,0 m en la zona adyacente a la puntera de la zapata y transición gradual hacia el terreno natural.

2. Control de la pendiente de acabado de la superficie del relleno, de manera que la escorrentía se conduzca hacia el costado de la vía y no se acumule contra la estructura.

3. Conexión de las descargas del drenaje del trasdós y de las lloraderas al sistema de drenaje superficial de la vía.

4. Restitución de la superficie del sendero peatonal en la corona y del pavimento de la calle 62K Sur en la pata, conforme a las especificaciones de la especialidad de pavimentos.

5. Revegetalización y obras de bioingeniería en las áreas no revestidas, según el numeral 4.1.3.3.

6. Lectura final de la instrumentación y entrega del registro completo de control. Verificación del funcionamiento hidráulico de cada dren, comprobando la libre evacuación del agua interceptada y la ausencia de obstrucciones.

8.5.3.4 Secuencia constructiva

La ejecución por módulos de 5,0 m implica que en un mismo frente de obra coexisten módulos en etapas diferentes. La programación debe garantizar que la longitud total de corte abierto sin muro no exceda en ningún momento la de dos módulos contiguos, es decir 10,0 m, y que el módulo más avanzado cuente con su relleno de trasdós concluido antes de abrir un tercer frente.

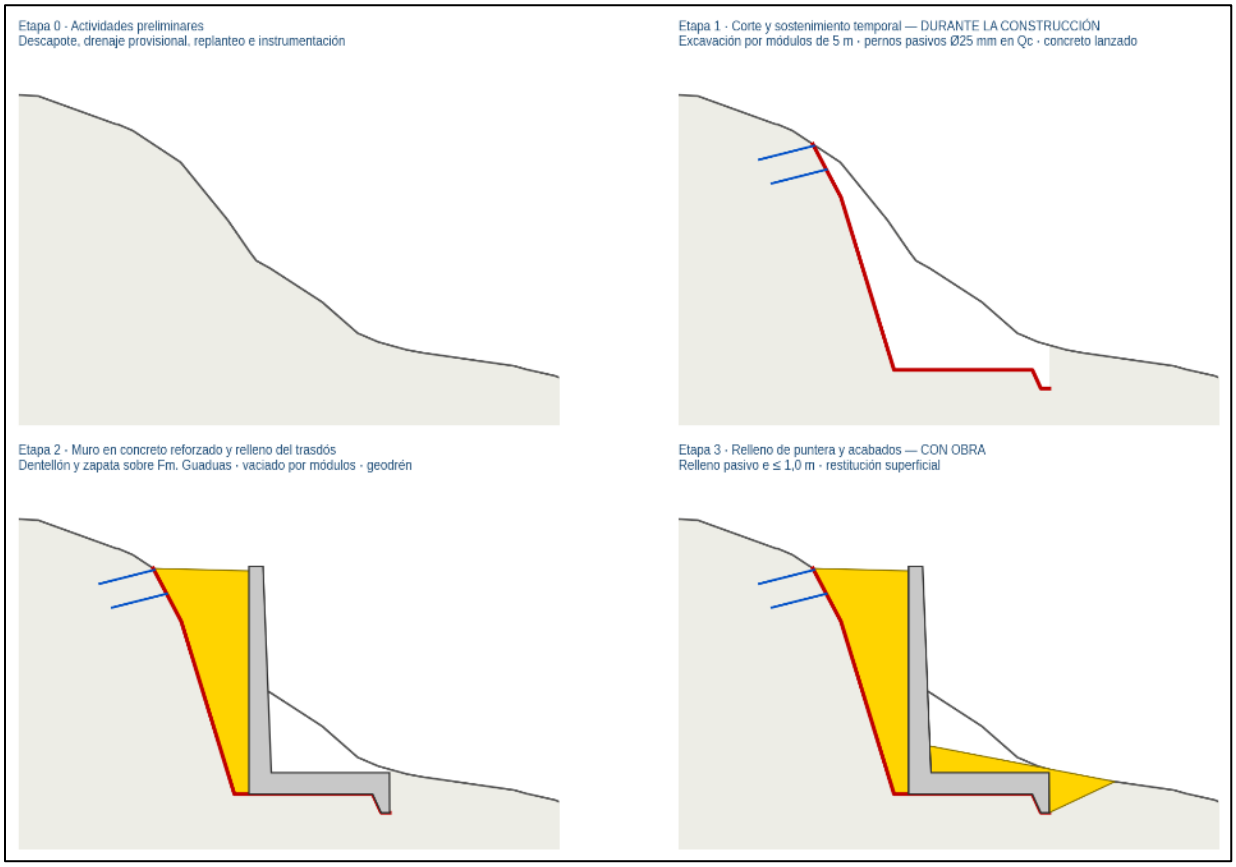


Figura 163. Secuencia constructiva por etapas - sección F–F'
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

8.5.3.5 Manejo de aguas durante la construcción

El agua es el principal factor detonante identificado en el numeral 2.4, de modo que su manejo durante la construcción condiciona la viabilidad del corte temporal. La condición saturada de los análisis se representa mediante el coeficiente de presión de poros Ru = 0,5 en los materiales de suelo, que corresponde a la hipótesis de ascenso de la superficie freática hasta el terreno por infiltración prolongada; las medidas siguientes son las que evitan que esa condición se materialice durante la obra.

- Canaleta provisional en la corona del corte, operativa antes de iniciar la excavación y mantenida durante toda la obra.
- Prohibición de descargar aguas de escorrentía o de proceso sobre la cara del corte o sobre el relleno en conformación.
- Bombeo inmediato de cualquier acumulación de agua en el fondo de excavación, con descarga fuera de la zona de influencia del talud.

- Instalación de drenes o lloraderas horizontales cada 2,0 m en los sectores donde se detecte presencia de agua durante la excavación, con incremento del espesor del concreto lanzado a 0,15 m.
- Suspensión de las actividades de excavación durante eventos de lluvia intensa y protección del frente con plástico o geomembrana.

8.5.4 CRONOGRAMA DE OBRA

A continuación, se presenta el cronograma general de ejecución previsto para las actividades constructivas asociadas al proyecto. En la tabla se relacionan las principales fases de obra y sus fechas estimadas de inicio y finalización, de acuerdo con la programación establecida para el desarrollo de las actividades. Esta información permite identificar la secuencia constructiva y la duración de las diferentes etapas que conforman la intervención.

Tabla 139 Cronograma de obra.

Fase	Inicio	Fin
Inicio del contrato	4/01/2027	
Preliminares	4/01/2027	3/02/2027
Movimiento de tierra	26/01/2027	11/06/2027
Estructuras	26/02/2027	4/06/2027
Espacio publico	4/06/2027	3/08/2027
Redes hidrosanitarias	31/05/2027	14/06/2027
Terminación del contrato	3/08/2027	

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

De acuerdo con el cronograma establecido, las actividades constructivas se desarrollarán entre enero y agosto de 2027. La fase de preliminares se ejecutará al inicio del proyecto, seguida por las actividades de movimiento de tierra, las cuales presentan la mayor duración dentro de la programación. Las estructuras y las redes hidrosanitarias se desarrollarán de manera parcial y simultánea con otras actividades de obra, mientras que la implementación del PGIR acompañará gran parte del periodo constructivo.

En términos generales, la ejecución de las obras contempla una duración aproximada de 7 meses, comprendidos entre el inicio del contrato el 4 de enero de 2027 y su terminación el 3 de agosto de 2027, periodo durante el cual se desarrollarán las diferentes actividades programadas para la intervención.

8.5.5 CANTIDADES DE MATERIALES

La siguiente tabla presenta las cantidades estimadas de materiales y actividades requeridas para la ejecución del proyecto, organizadas en los componentes de actividades preliminares, movimientos de tierra, estructuras y redes hidrosanitarias. Esta información permite identificar los principales insumos y volúmenes asociados a las actividades constructivas previstas.

Tabla 140 Cantidades de materiales

DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
ACTIVIDADES PRELIMINARES		
REPLANTEO GENERAL	M2	1029,56
POLISOMBRA VERDE PARA CERRAMIENTO.	M2	2059,11
DESCAPOTE A MANO EN MATERIAL COMÚN	M2	1029,56
MOVIMIENTOS DE TIERRA		
EXCAVACIÓN MECÁNICA EN MATERIAL COMÚN	M3	725,46
EXCAVACIÓN MANUAL EN ROCA	M3	167
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	219,86

DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
RELLENO EN MATERIAL SELECCIONADO PROVENIENTE DE LA EXCAVACIÓN	M3	75,57
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS EN SITIO AUTORIZADO EN SITIO AUTORIZADO POR LA ENTIDAD AMBIENTAL COMPETENTE.	M3	725,46
ESTRUCTURAS		
ACERO DE REFUERZO FY=60000 PSI.	KG	41087,04
CONCRETO 2000 PSI GRAVA COMÚN 14 MPA	M3	37,22
DENTELLON DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 4000 PSI	M3	19.85
ZARPA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 4000 PSI	M3	175,88
MURO DE CONTENCIÓN EN CONCRETO 4000 PSI	M3	301,73
REDES HIDROSANITARIAS		
SUBBASE GRANULAR PEATONAL	M3	45,90
BASE GRANULAR CLASE B	M3	30,60
DISIPADOR DE ENERGÍA EN CONCRETO 3000 PSI	M3	1,02

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

La información presentada muestra que el proyecto contempla actividades preliminares asociadas al replanteo general, descapote y cerramiento del área de intervención, abarcando una superficie de 1.029,56 m² y la instalación de 2.059,11 m² de polisombra. Estas actividades corresponden a la adecuación inicial del área donde se desarrollarán las obras proyectadas.

Las actividades de movimiento de tierras constituyen una de las fases más representativas del proyecto, con un volumen total de excavación de 892,46 m³, distribuido entre excavación mecánica en material común y excavación manual en roca. Asimismo, se contempla la ejecución de actividades de nivelación, compactación y relleno con material proveniente de la excavación, así como el transporte y disposición de los materiales excedentes.

Por su parte, las obras estructurales concentran las mayores cantidades de materiales de construcción, destacándose el uso de 41.087,04 kg de acero de refuerzo y más de 530 m³ de concreto destinados a la construcción de elementos como muro de contención, zarpa y dentellón de cimentación. Complementariamente, las obras hidrosanitarias incluyen la conformación de capas granulares y la construcción de un disipador de energía, actividades que representan una menor participación dentro del volumen total de obra.

8.5.6 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La zonificación geotécnica del área de estudio se desarrolló en dos niveles complementarios. En el nivel regional, el polígono se enmarca dentro de la cartografía oficial de la Zonificación Geotécnica de Bogotá D.C., insumo de los Estudios Básicos de Amenaza por Movimientos en Masa (IDIGER – IDECA), derivada de la Microzonificación Sísmica adoptada mediante el Decreto 523 de 2010, lo cual permite establecer la unidad de comportamiento geotécnico regional a la que pertenece el sitio. En el nivel de detalle, la zonificación se elaboró a partir del modelo geológico-geotécnico del presente estudio de la exploración directa e indirecta, del inventario de procesos morfodinámicos y de los análisis de estabilidad. En este nivel, cada zona corresponde a un área de homogéneo comportamiento geotécnico, que guarda similitud de materiales y espesores, y que sirve de base para la determinación de las áreas de amenaza por movimientos en masa.

8.5.6.1 Zonificación geotécnica regional

Conforme a la cartografía oficial de la Zonificación Geotécnica de Bogotá D.C. (IDIGER – IDECA), derivada de la Microzonificación Sísmica adoptada mediante el Decreto 523 de 2010, el Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II se localiza en la Zona Geotécnica Cerros B (ver Figura 164). Esta unidad se caracteriza geológicamente por la presencia de formaciones litoestratigráficas dominadas por arcillolitas y, geomorfológicamente, por vertientes de moderada a alta pendiente constituidas predominantemente por arcillolitas de consistencia blanda, con un comportamiento geotécnico general de moderada competencia y alta susceptibilidad a la meteorización.

La cartografía regional delimita, además, depósitos de ladera hacia el sector nororiental aledaño al polígono (barrio Rincón de Galicia), condición coherente con los depósitos de ladera y de deslizamiento identificados a escala de detalle en el levantamiento geológico-geomorfológico del presente estudio y con los materiales transportados descritos en el modelo geológico-geotécnico. El marco regional resulta, por lo tanto, consistente con la litología encontrada en la exploración: un basamento de la Formación Guaduas con miembros arenoso (K2E1gm-ar) y arcilloso (K2E1gm-arc), este último de consistencia blanda y comportamiento geotécnico deficiente, suprayacido por suelos residuales, rellenos y depósitos recientes.

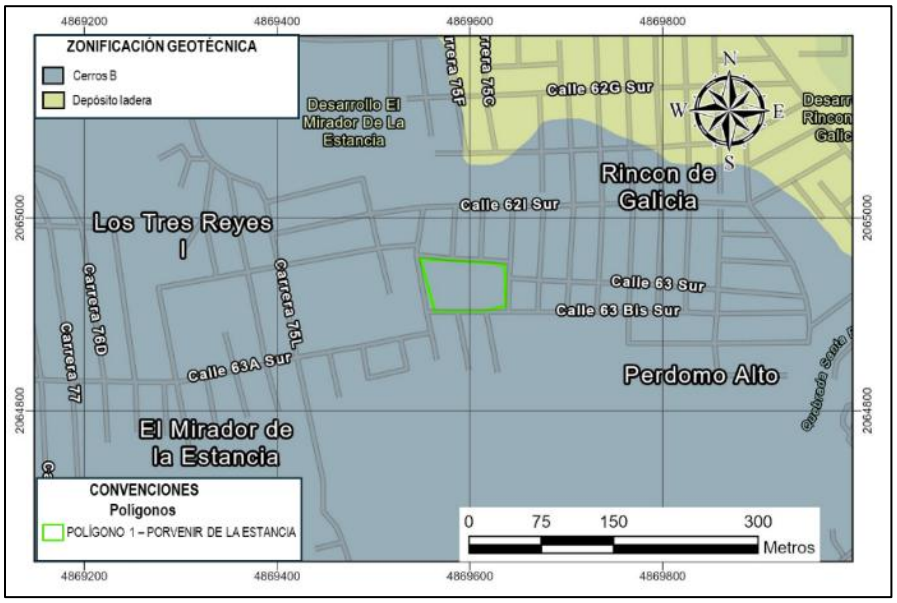


Figura 164. Ubicación del Polígono 1 – Porvenir de la Estancia II en la Zona Geotécnica Cerros B (zonificación geotécnica regional).

Fuente: Zonificación Geotécnica – Insumo Estudios Básicos de Amenaza por Movimientos en Masa. Bogotá D.C. – IDIGER – IDECA (Decreto 523 de 2010). Modificado por el Consultor.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la siguiente figura y tabla se presenta la zonificación geotécnica detallada del área de estudio.



Figura 165. Zonificación geotécnica de detalle – condición actual, Porvenir de la Estancia II
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

Tabla 141. Zonificación geotécnica de detalle – Porvenir de la Estancia II.

Zona	Materiales (unidades del modelo)	Espesores típicos	Comportamiento geotécnico
Zona I	Depósitos de deslizamientos recientes (Qdc), rellenos de adecuación y antrópicos (Qra, Qb) y suelo residual, sobre el Conjunto Medio de la Formación Guaduas (K2E1gm-arc)	Qdc: 1,0–3,75 m; rellenos: 0–2,6 m; K2E1gm-arc: 1,5–7,3 m	Materiales sueltos a blandos, con proceso morfodinámico activo, factores de seguridad inferiores a los umbrales normativos en condición normal y extrema
Zona II	Suelo residual (Qsr) y rellenos ingenieriles y de adecuación delgados (Qri, Qra), sobre el miembro arenoso K2E1gm-ar de la Formación Guaduas	Qsr: 0,2–5,6 m; rellenos: 0–2,5 m	Perfil de meteorización delgado sobre basamento de mayor competencia, sin procesos activos identificados

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

La zonificación geotécnica de detalle permitió delimitar áreas con comportamiento geotécnico homogéneo, a partir de la integración de la distribución y espesores de los materiales identificados en el modelo geológico-geotécnico, el inventario de procesos morfodinámicos y la evidencia geológica, geomorfológica y geotécnica recopilada en campo, junto con los factores de seguridad obtenidos en los análisis de estabilidad. La correlación de estos criterios permitió establecer zonas con características similares, que sirven de base para la determinación de las áreas de amenaza por movimientos en masa.

Como resultado, se identificaron dos zonas con comportamientos geotécnicos diferenciados. La Zona I corresponde al sector donde se presenta el proceso morfodinámico activo, caracterizado por depósitos de deslizamientos recientes, rellenos antrópicos y de adecuación, y suelo residual arcilloso sobre arcillolitas de la Formación Guaduas. Estos materiales presentan condiciones geomecánicas desfavorables, con factores de seguridad inferiores a los umbrales establecidos en la Resolución 111 de 2022 del IDIGER, por lo que se clasifica como una zona de amenaza alta. La Zona II comprende los sectores perimetrales, donde predominan suelos residuales y rellenos de menor espesor sobre materiales de mayor competencia

mecánica. En esta zona no se evidencian procesos morfodinámicos activos y las condiciones de estabilidad son más favorables, por lo que se clasifica en amenaza media, en concordancia con la cartografía oficial de amenaza por movimientos en masa urbana del Distrito. Las características de las zonas identificadas se presentan en la
Tabla *141*.

8.6 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN

8.6.1 ÁREA DE INFLUENCIA E INTERVENCIÓN

Para efectos del presente documento, el área de intervención corresponde al polígono delimitado por la manzana objeto de análisis, incluyendo las áreas asociadas al frente predial hasta el límite físico del andén existente. Esta delimitación contempla el espacio ocupado por las edificaciones, zonas de ladera intervenidas y elementos de espacio público inmediato vinculados a la dinámica del sector, permitiendo una adecuada caracterización de las condiciones ambientales y físicas presentes en el entorno de intervención.

8.6.1.1 Medio abiótico

- Geología y Geomorfología

La información geológica y geomorfológica presentada corresponde a los resultados obtenidos en los análisis de geología y geotecnia realizados para el proyecto, donde se desarrolla a partir de revisiones documentales, actividades de campo, investigaciones del subsuelo y análisis especializado de la información recopilada. Los mapas temáticos generados permiten caracterizar las condiciones físicas del área de intervención y sirven como insumo para el presente documento.

- Características de las unidades Geológicas

Desde el punto de vista geológico los terrenos del sitio 1 en estudio a nivel de superficie y del subsuelo, se encuentra constituido por: i) macizo rocoso y ii) depósitos antrópicos de características variadas.

En la **Figura 167** se ilustran el mapa geológico y los perfiles correspondientes del sitio de estudio.

iii) **El macizo rocoso**, está constituido principalmente una secuencia interestratificada de areniscas de grano fino-medio, color amarillo y naranja por meteorización, de consistencia dura a moderada, en estratos de delgados a medios, poco cementadas. Las rocas a nivel de superficie (ver Figura 31, fotografía de pequeño afloramiento cercano a la esquina de la carrera 75G y la calle 62KS) se observan altamente meteorizadas, con desarrollo de suelo residual areno limoso, color naranja, con la presencia de los horizontes IV-V-VI del perfil general de meteorización y con un espesor entre 1.00m-1.50m; igualmente las rocas se presentan muy fracturadas por los efectos de una estructura tipo falla, y con la presencia de superficies de fricción.

Los estratos rocosos presentan como elementos estructurales, (R/B), N70°W/10°NE. La falla que afecta las rocas presenta (R/B), N10°E/85°N-90°.



Figura 166. Fotografía 1, de pequeño afloramiento cercano a la esquina de la carrera 75G y la calle 62KS), con ilustración de las características de las rocas presentes en el sitio 1 de investigación.
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

iv) **Los depósitos antrópicos** presentes en el sitio son de 2 clases: de relleno ingenieril (Qri) y depósitos de escombros (Qan).

- Los depósitos de relleno ingenieril (Qri), corresponden a las capas de base y subbase para el desarrollo de cimentación de las viviendas y las vías; de composición variada y espesores que pueden oscilar entre 1.0m/1.50m.

- Los depósitos de basuras (Qan), corresponden a los materiales de escombros resultantes del desarrollo urbano (basuras, etc.), los cuales han sido expuestos en los espacios libres de construcción y hacia la parte baja del talud de excavaciones.

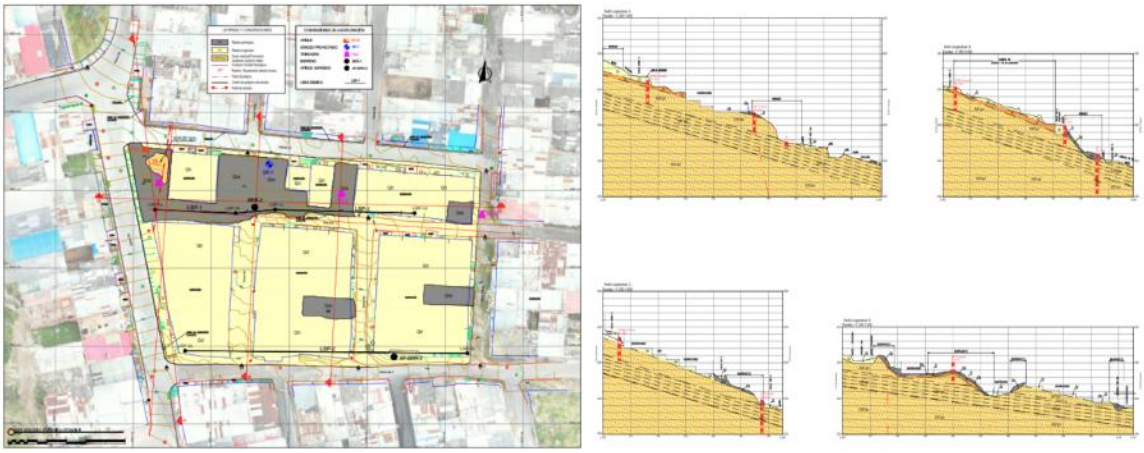


Figura 167. Mapa y perfiles geológicos.
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Características de las unidades Geomorfológicas

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona del sitio de estudio presenta como características morfológicas: i) una geoforma o ladera estructural (Sle), generada por la inclinación de los estratos rocosos en el mismo sentido de la pendiente del terreno; ii) geoformas de origen antrópico (Aeb) conformantes de: una superficie de talud de excavación antigua, posiblemente para la extracción de materiales de uso ingenieril, y superficies conformantes de depósitos de escombros; e igualmente superficies de excavación para el desarrollo urbanístico (Ari) (viviendas y vías de comunicación).

En la siguiente figura se ilustran el mapa geomorfológico del sitio de estudio



Figura 168. Mapa geomorfológico del sitio de estudio.
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Amenazas
    - Amenaza por remoción en Masa

El polígono de Porvenir la Estancia II se localiza sobre un terreno con condiciones críticas de vulnerabilidad geológica, quedando dividido en dos niveles de criticidad: la totalidad de su superficie se clasifica técnicamente bajo Amenaza Media por Remoción en Masa.

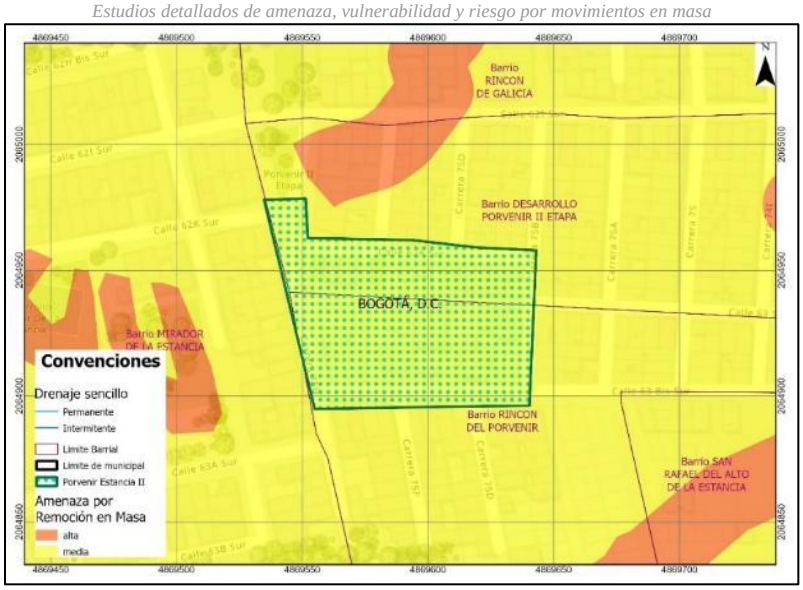


Figura 169. Amenaza por remoción en Masa
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Amenazas inundación

En la siguiente ilustración se presenta las zonas de amenaza por inundación para el sector, se determina de manera concluyente que el polígono de estudio no se localiza dentro de una zona de amenaza por inundación.

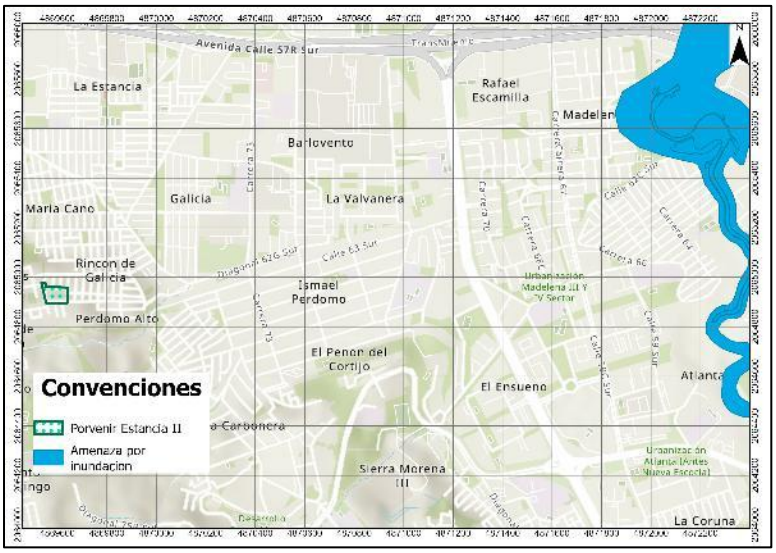


Figura 170. Amenaza por Inundación
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Amenaza de incendios

La zona de Porvenir (identificado dentro del círculo morado de referencia) no se encuentra localizado en una zona de Incendios Forestales teniendo en cuenta que se localiza dentro de una zona urbana, lo cual coincide con lo visualizado dentro de la siguiente ilustración.

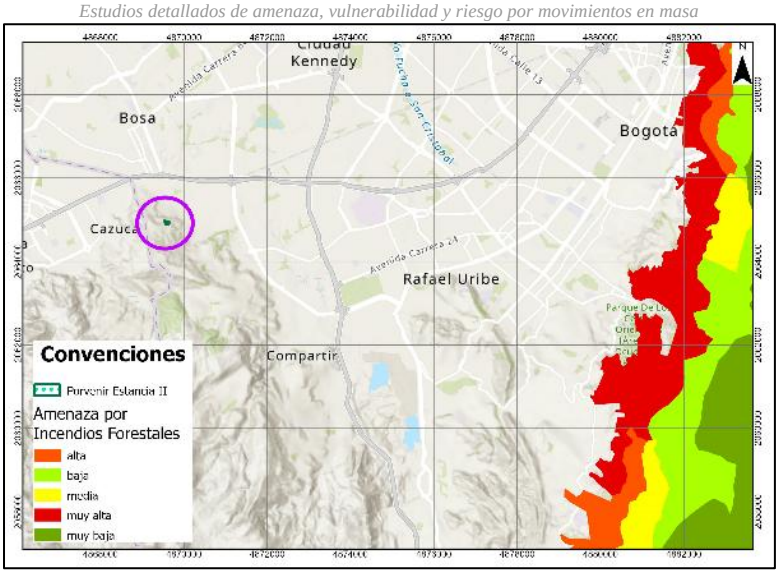


Figura 171. Amenaza por incendios
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Suelo

La zona de intervención del proyecto se encuentra clasificada dentro del suelo urbano, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Distrital 555 de 2021, por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.



Figura 172. Clasificación del suelo
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

De acuerdo con el trabajo de campo se identificó que el uso de suelo es residencial como se muestra en el siguiente registro fotográfico.



Figura 173. Uso del suelo
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Condiciones climatológicas

La Figura 174 presenta el climograma correspondiente al área de estudio en la localidad de Ciudad Bolívar, elaborado a partir de la información climática modelada disponible en Meteoblue (2026). La figura integra los valores promedio mensuales de precipitación y temperatura para los doce meses del año, permitiendo identificar las principales características del régimen climático de la zona.

- Precipitaciones

Según Meteoblue (2026), la distribución de las precipitaciones presenta un comportamiento bimodal, característico de gran parte de la región andina colombiana. Se observan dos periodos de mayores precipitaciones durante el año: el primero entre abril y mayo, con un máximo cercano a los 175 mm en abril, y el segundo entre octubre y noviembre, con valores superiores a los 125 mm mensuales.

Por otra parte, los meses de agosto y septiembre registran las menores precipitaciones, con valores cercanos a los 50 mm mensuales. Este patrón evidencia una alternancia entre temporadas de mayor humedad y periodos relativamente secos, aspecto que influye en la dinámica hidrológica, la disponibilidad de agua y las condiciones de los suelos presentes en el área de estudio.

- Temperatura

De acuerdo con la información presentada por Meteoblue (2026), la temperatura mantiene un comportamiento relativamente estable durante el año, con una baja amplitud térmica asociada a la ubicación altitudinal del área. La temperatura máxima media mensual oscila entre 15 °C y 17 °C, mientras que la temperatura mínima media mensual se mantiene entre 9 °C y 10 °C.

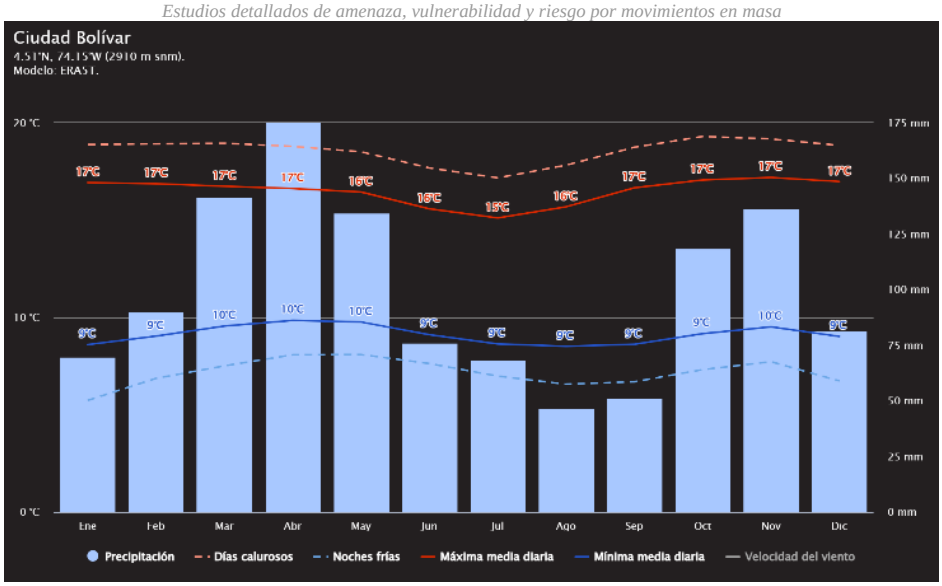


Figura 174. Condiciones climáticas promedio de Ciudad Bolívar

Fuente: Meteoblue (2026). Modelo climático de Ciudad Bolívar, Colombia. Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/ciudadbol%C3%ADvar_colombia_9862491.

En términos generales, el comportamiento observado en la precipitación y la temperatura permite caracterizar el área de estudio como una zona con clima frío de montaña, influenciada por un régimen bimodal de lluvias y temperaturas moderadas asociadas a la altitud.

- Calidad del aire

Para la caracterización de la calidad del aire en el área de estudio se tomó como fuente de información la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, administrada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). La información corresponde al Informe Anual 2022 de la RMCAB, publicado en el año 2023, el cual recopila y analiza los registros obtenidos por las estaciones de monitoreo durante el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2022.

A partir de esta información se revisaron los principales parámetros de calidad del aire reportados para Bogotá D.C., incluyendo PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, NO_2, SO_2 y CO, como referencia para establecer las condiciones generales de calidad del aire en el sector del área de influencia. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2023)

- **PM10**

La distribución espacial de material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) y la dinámica de los vientos evidencia que la localidad de Ciudad Bolívar se sitúa en un sector de concentraciones que oscila entre los 38 y 42 µg/m³.

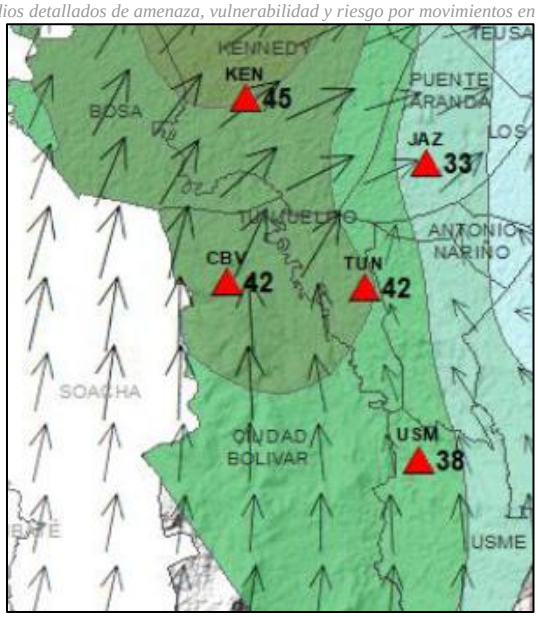


Figura 175. Concentración PM10
Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Informe anual 2022 de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).
http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe%20anual%202022.pdf

- **PM2.5**

La distribución espacial de material particulado menor a 2.5 micras (PM_{10}) y la dinámica de los vientos evidencia que la localidad de Ciudad Bolívar se sitúa en un sector de concentraciones que oscila entre los 17 y 20 µg/m³.

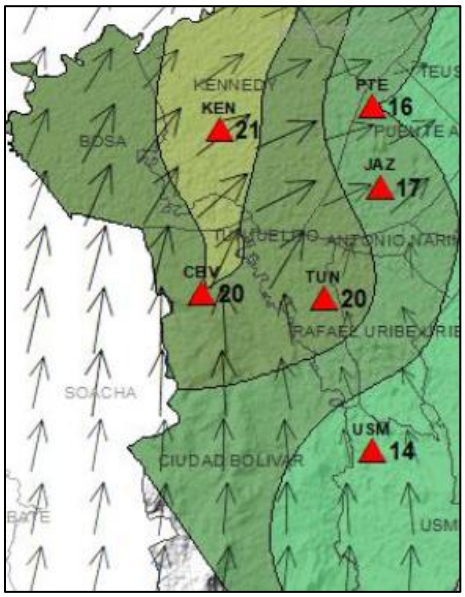


Figura 176. Concentración PM2.5
Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Informe anual 2022 de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).
http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe%20anual%202022.pdf

- **O3**

La distribución espacial de ozono y la dinámica de los vientos evidencia que la localidad de Ciudad Bolívar se sitúa en un sector de concentraciones que oscila entre los 22 y 28 µg/m³.

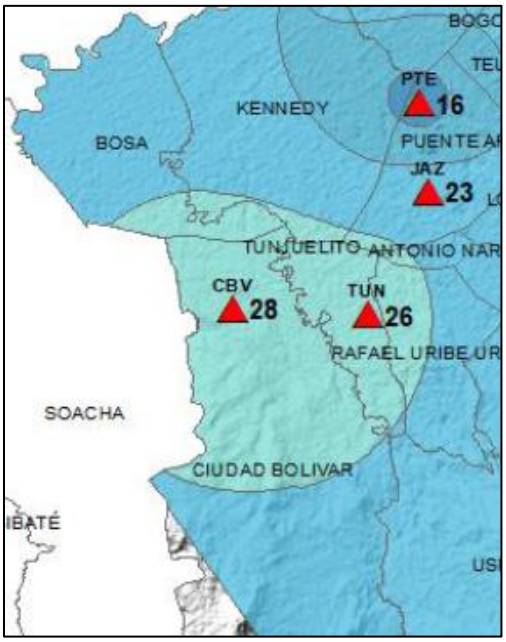


Figura 177. Concentración O3
Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Informe anual 2022 de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).
http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe%20anual%202022.pdf

- **NO2**

La distribución espacial de distribución de nitrógeno muestra que la localidad de Ciudad Bolívar se sitúa en un sector de concentraciones que oscila entre los 28 y 33 µg/m³.

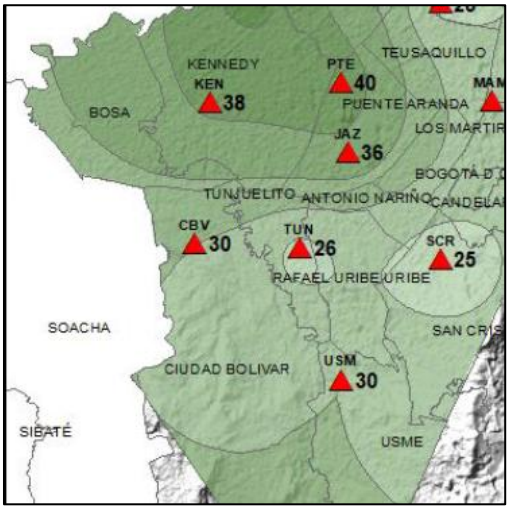


Figura 178. Concentración NO2

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Informe anual 2022 de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).
http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe%20anual%202022.pdf

- **SO2**

De acuerdo con los mapas de distribución de contaminantes atmosféricos, la localidad de Ciudad Bolívar se localiza en una zona donde las concentraciones de dióxido de azufre (SO_2) varían entre 7.1 y 10 µg/m³.

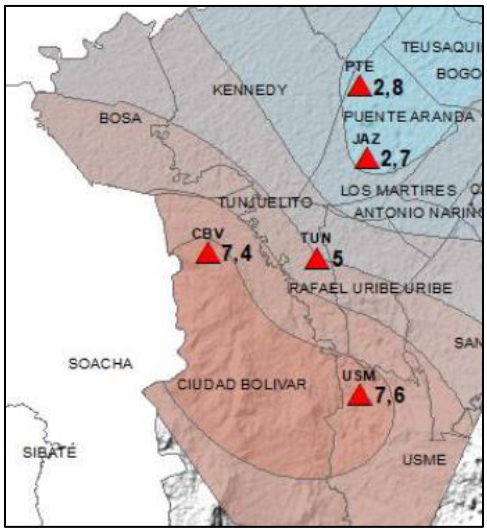


Figura 179. Concentración SO2
Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Informe anual 2022 de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).
http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe%20anual%202022.pdf

- **CO**

Para el caso del monóxido de carbono (CO), la cartografía de calidad del aire señala que la localidad de Ciudad Bolívar presenta concentraciones dentro del intervalo de 569 y 759 mg/m³.

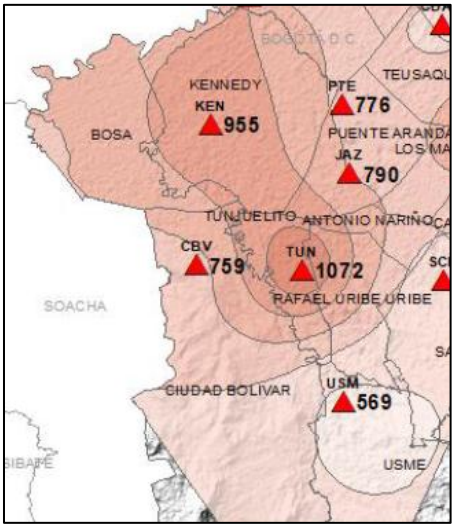


Figura 180. Concentración CO

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023). Informe anual 2022 de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe%20anual%202022.pdf

8.6.1.2 Cuenca hidrográfica

El polígono de Porvenir de la Estancia II se encuentra ubicado geográficamente en la zona urbana de Bogotá, D.C., y desde el punto de vista hidrológico, se sitúa de manera integral dentro de la macrocuenca del Río Bogotá, específicamente en la cuenca y subcuenca del Río Tunjuelo, quedando delimitado bajo la jurisdicción ambiental de la microcuenca del Río Tunjuelo Bajo.

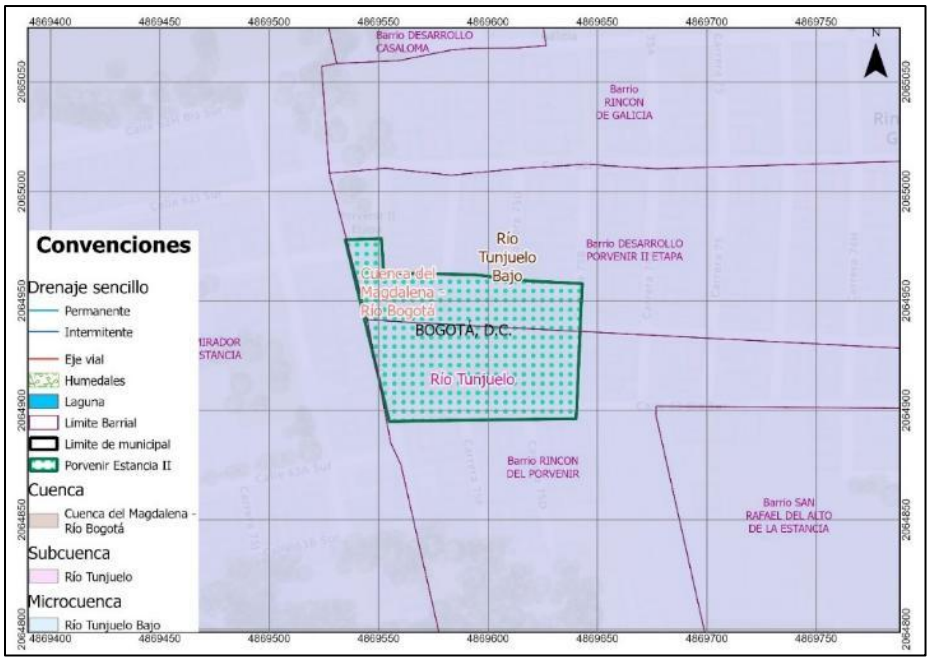


Figura 181. Cuenca Hidrográfica
Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

- Hidrogeología
    - Condiciones Hidrogeologías

Para la evaluación de las condiciones hidrogeológicas de los sitios de estudio, se tuvo en cuenta fundamentalmente los parámetros geológicos y geomorfológicos que pueden tener influencia en la zona y sus alrededores.

- **Desde el punto de vista geológico**, se tienen en cuenta: las rocas de Formación Guaduas, en su conjunto medio(K2E1gm), la cual aflora ampliamente en el área donde se ubican los sitios de estudio y sus alrededores.

    - La Formación Guaduas, en su conjunto medio (K2E1gm), está constituida por una secuencia interestratificada de areniscas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón. Esta unidad conforma ampliamente la zona de ubicación de los sitios de estudio.

- **Desde el punto de vista geomorfológico**, los terrenos del área de ubicación de los sitios de estudio están conformados principalmente por laderas estructurales (Sle), cuyos estratos rocosos buzan en el mismo sentido de la pendiente de los terrenos.

Por consiguiente, de los aspectos temáticos anteriores se obtiene que, las condiciones hidrogeológicas del conjunto medio de la Formación Guaduas en la zona de estudio y sus alrededores, están controladas principalmente por la alternancia de areniscas cuarzosas, arcillolitas, limolitas y mantos de carbón. Esta sucesión genera un comportamiento hidrogeológico heterogéneo, en el que las areniscas constituyen los principales niveles acuíferos y las arcillolitas actúan como unidades confinantes.

Los niveles de arenisca del conjunto medio de la Formación Guaduas, presentan las mejores condiciones para el almacenamiento y circulación de agua subterránea debido a:

- Porosidad primaria moderada y permeabilidad incrementada por fracturamiento.
- Espesores variables entre varias decenas de metros.
- Recarga directa donde afloran en los cerros del sur de Bogotá y recarga indirecta por infiltración desde depósitos cuaternarios.
- Comportamiento como acuíferos libres en las zonas de afloramiento y como acuíferos confinados o semiconfinados hacia el interior de la cuenca.

Los Niveles de arcillolita presentan características muy diferentes así:

- Muy baja permeabilidad.
- Elevada capacidad de retención de agua.
- Funcionan principalmente como acuitardos o, localmente, como acuicludos.
- Limitan el flujo vertical del agua subterránea y generan condiciones de confinamiento sobre los niveles arenosos.
- Cuando están fracturadas pueden transmitir pequeñas cantidades de agua, pero generalmente los caudales son bajos.

Por lo tanto, el régimen hidrogeológico para la zona de estudio presenta las siguientes características.

- Las areniscas constituyen los principales conductos del flujo subterráneo.
- Las arcillolitas separan hidráulicamente los diferentes niveles acuíferos.
- Los mantos de carbón pueden almacenar pequeñas cantidades de agua, aunque su aporte al flujo regional es limitado.
- El flujo subterráneo sigue preferentemente la dirección del buzamiento de los estratos (en el mismo sentido de la pendiente de las laderas) y las principales fracturas regionales.

8.7 EVALUACIÓN AMBIENTAL

8.7.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Con el fin de determinar los posibles efectos ambientales asociados al desarrollo de las obras proyectadas, se realizará la identificación y evaluación de los impactos que podrían generarse sobre los componentes abiótico y biótico del área de intervención. Para ello, se llevará a cabo un análisis comparativo entre los escenarios con proyecto y sin proyecto, permitiendo establecer las alteraciones derivadas de la ejecución de las actividades constructivas frente a la evolución de las condiciones actuales del área en ausencia de la intervención.

El proceso se fundamentará en la información recopilada durante la elaboración de la línea base ambiental y empleará la metodología de Conesa (2010), la cual ha sido técnicamente adaptada por el Consultor para responder a las dinámicas del contexto urbano. Esta metodología permite identificar, caracterizar y valorar los impactos ambientales mediante la evaluación de diferentes atributos, facilitando la determinación de su importancia ambiental y el análisis de los efectos asociados a la ejecución del proyecto.

8.7.1.1 Identificación y análisis de los impactos Sin proyecto.

En el escenario sin proyecto, se mantendrían las condiciones actuales del área de intervención, caracterizada por un entorno urbano consolidado y altamente intervenido, con predominio de usos residenciales y presencia de pastos enmalezados. Al no ejecutarse las obras de estabilización previstas, permanecerían las condiciones actuales de inestabilidad del terreno asociadas al movimiento en masa que afecta el sector.

El principal impacto ambiental y social en este escenario corresponde a la continuidad del proceso de movimiento en masa y de las condiciones de inestabilidad del terreno, con posibilidad de mantener o incrementar las afectaciones sobre las viviendas localizadas en la parte alta del sector.

Los principales impactos identificados para el escenario sin proyecto son:

- Continuidad de las condiciones de inestabilidad del terreno y del movimiento en masa existente.
- Persistencia de la condición de riesgo para las viviendas ubicadas en la parte alta del sector.
- Posible incremento de las afectaciones sobre las viviendas, vias y la comunidad asociada al proceso de inestabilidad.

En este escenario no se presentarían los impactos temporales asociados directamente a las actividades constructivas, como la generación de material particulado, ruido, emisiones atmosféricas o remoción localizada de cobertura vegetal. Sin embargo, permanecería la condición actual de inestabilidad del terreno y las afectaciones asociadas al movimiento en masa que actualmente incide sobre las viviendas del sector.

8.7.1.2 Identificación y análisis de los impactos Con proyecto.

8.7.1.2.1 Identificación de las actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales

A continuación, se describen las actividades a desarrollar a lo largo de la ejecución del contrato de obra evaluadas en la matriz de identificación de los impactos socioambientales:

Tabla 142 Identificación de actividades constructivas.

ETAPA	ACTIVIDAD
Actividades previas al inicio de obra	Replanteo general del área de intervención; instalación de cerramiento en polisombra verde; descapote a mano en material común; movilización de maquinaria y equipos; delimitación y adecuación de las áreas de trabajo; definición de los sitios de acopio de materiales y escombros; gestión de los permisos y autorizaciones requeridos; implementación de las medidas de manejo ambiental y de seguridad y salud en el trabajo.
Actividades de ejecución de obra	Movimientos de tierra: excavación mecánica en material común, excavación manual en roca, nivelación y compactación de subrasante, relleno en material seleccionado proveniente de la excavación, y transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado por la entidad ambiental competente. Estructuras: construcción del dentellón de cimentación, construcción de la zarpa, colocación del acero de refuerzo y construcción del muro de contención en concreto. Obras

	complementarias: instalación de subbase granular peatonal, base granular clase B y construcción del disipador de energía en concreto.
Actividades de cierre	Retiro de la infraestructura temporal, retiro de maquinaria y equipos, limpieza del área intervenida y disposición final de los residuos y escombros generados durante la ejecución de las actividades.

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

8.7.1.2.2 Identificación de la relación entre el proyecto y los elementos del medio.

En la siguiente table se presenta la descripción de cada uno de los posibles impactos a producirse en el proyecto:

Tabla 143 Identificación de posibles impactos

IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN
Alteraciones en las propiedades del suelo	Modificación de las condiciones físicas del suelo como consecuencia de las actividades de descapote, excavación, nivelación, compactación, relleno y conformación del área requerida para la ejecución de las obras.
Contaminación del aire por ruido	Se refiere a la presencia de ruidos o vibraciones en el ambiente que causan molestias, riesgos o daños a las personas, sus actividades o bienes
Contaminación del aire por partículas y gases	Presencia de sustancias sólidas y gaseosas en el aire que pueden ser nocivas para la salud humana y el medio ambiente
Contaminación del suelo	Degradación o alteración de la calidad del suelo debido a la presencia de sustancias químicas o elementos tóxicos, principalmente causados por actividades humanas
Alteración de la calidad del agua	Se refiere a la introducción de sustancias o microorganismos no deseados en el agua, alterando su composición física, química o biológica y haciéndola inadecuada para su uso
Contaminación del aire por partículas y polvo	Presencia de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, que pueden ser de tamaño variable y origen diverso
Contaminación del suelo por derrame de combustibles	Pueden afectar la calidad del suelo, el crecimiento de la vegetación, la vida microbiana y la disponibilidad de agua, así como la salud humana al estar expuestos a los productos contaminantes
Desestabilización de taludes o hundimiento del terreno	Se refiere a la pérdida de estabilidad de una ladera o pendiente, que puede resultar en deslizamientos, desplomes o hundimientos.
Deterioro de la cobertura vegetal	El deterioro de la cobertura vegetal se refiere a la disminución o pérdida de la vegetación en un área,
Contaminación visual	Es un tipo de contaminación que afecta la estética de un entorno, alterando su paisaje y creando una sobrecarga de información visual que puede generar estrés, irritación y otros efectos negativos en la salud y bienestar de las personas
Afectación de las especies terrestres y acuáticas	Migración de animales, por ruido o contacto directo
Mejora en calidad de vida y oportunidades laboral	Se refieren a la elevación del bienestar general y a la posibilidad de obtener un empleo o ascender en la escala profesional
Alteración del mercado laboral	Cualquier cambio o perturbación que afecta el equilibrio entre la oferta y la demanda de empleo
Afectación al acceso de los predios, bienes y servicios.	Se refiere a cualquier restricción que limite o impida el acceso a propiedades, bienes o servicios, generalmente impuesta por una entidad pública o privada. Se plantea a nivel de contingencia

IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN
Falta de información y divulgación completa, clara y oportuna del proyecto y sus actividades.	Situación en la que no se comparte o difunde de manera efectiva información relevante para la comunidad, lo que puede generar malentendidos, desconfianza, y dificultad para tomar decisiones informadas

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

Una vez seleccionadas las actividades que podrían impactar al medio ambiente, se construye la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales (Matriz causa-efecto o Matriz de Impactos), donde se cruzan las actividades con los factores ambientales identificados.

La identificación de impactos ambientales se realizará mediante una evaluación cualitativa empleando la Matriz de Leopold, que consiste en la construcción de una tabla de doble entrada, en donde las columnas corresponden a los factores ambientales presentes en el área de estudio y las filas corresponden a las actividades del proyecto.

Luego, mediante el cruce entre los factores ambientales y las actividades del proyecto, se indicará los impactos ambientales que se podrían generar indicando la naturaleza del impacto, Positivo de color verde y Negativo de color rojo.

8.7.1.2.3 Análisis de la identificación de impactos con proyecto.

Con el aporte conjunto del grupo interdisciplinario se discutirá la incidencia de los impactos (positivos y negativos) sobre el componente ambiental en el área de influencia del proyecto.

Se realizará el análisis de los impactos con el objeto de evaluar las consecuencias cualitativas y cuantitativas del proyecto con el fin de priorizar las medidas de manejo de acuerdo con sus impactos en cada uno de los elementos ambientales que se identifiquen en el área de influencia.

En el Plan de Manejo Ambiental, se incluirán los diseños y las interferencias que se presten con los elementos de la estructura ecológica principal, de acuerdo con grado de sensibilidad ambiental relacionada con la incidencia en el ecosistema que tendría la realización o no del proyecto.

8.7.1.2.4 Calificación y evaluación de impactos con proyecto.

Una vez identificados los principales impactos generados por el desarrollo de las etapas del proyecto de construcción, se procede a la calificación y evaluación de los impactos basados en la metodología ad-hoc de Conesa & Fernández, modificada por la Consultoría, para disponer de un panorama más adecuado que permita el desarrollo de los programas aplicables al proyecto para prevenir, controlar, mitigar y/o compensar los impactos según sea el caso.

De acuerdo con las características y condiciones de los impactos identificados para el desarrollo del presente proyecto vial se utilizará la siguiente metodología para su calificación y evaluación.

La calificación de los impactos ambientales se realizará para cada uno de los indicadores seleccionados mediante la utilización de una escala de valores que determinan el grado o intensidad de alteración que se generan con la implementación del proyecto vial.

En la se describen los criterios de calificación de los impactos teniendo en cuenta el grado de afectación de estos hacia el ecosistema en el área de influencia del proyecto.

Tabla 144 Identificación de posibles impactos

Categoría Ambiental	Calificación	Descripción
Naturaleza: (N)	Positivo (+) Negativo (-)	Identifica si el impacto es beneficioso o perjudicial para el medio ambiente.
Probabilidad de Ocurrencia: (PO)	Alta (3):	Cuando el impacto tiene que darse así se tomen todas las medidas de manejo
	Media (2):	Hay probabilidad de que ocurra, pero puede prevenirse
	Baja (1)	La probabilidad de que ocurra es solo en casos excepcionales
Reversibilidad: (R)	Irrecuperable 3):	El Impacto es permanente o permanece por mucho tiempo, aun cuando cese la actividad que lo produce
	Recuperable (2):	Cuando el impacto es recuperable con alguna medida ambiental aplicada
	Reversible (1):	Son aquellos impactos que vuelven a auto recuperase una vez finalice la actividad que lo genera
Efecto (E)	Directa (3)	Si la afectación es causada directamente por la actividad que se está ejecutando
	Indirecta (1)	Si la afectación no es causada directamente por la actividad
Área de Afectación (AA)	Muy Alta (5)	Si la afectación es sobre un ecosistema sensible o sobre ecosistemas declarados así por las Autoridades competentes
	Alta (3)	Cuando el área de afectación es mayor al área de influencia directa definida
	Media (2)	Cuando la afectación se da en el área de influencia directa
	Baja (1)	Cuando la afectación es solamente en el sitio donde se está llevando a cabo la actividad (puntual)
Duración (T)	Permanente (3)	Cuando el impacto permanece por mucho tiempo, aun después de terminada las actividades que lo producen
	Largo plazo (2)	Cuando el impacto permanece un tiempo más, después de terminada la actividad que lo genera
	Corto plazo (1)	Cuando el impacto existe solo durante el tiempo que se desarrolla la actividad que lo produce

Fuente: Metodología Conesa & Fernández modificada por Consorcio E&D CONSORCIO PRESERVAR

8.7.1.2.5 Calificación ambiental del impacto.

La calificación de Importancia Ambiental del Impacto (IAI) se determina por la sumatoria de las calificaciones en los parámetros de Naturaleza (N), Probabilidad de Ocurrencia (PO), Reversibilidad (R), Efecto (E), Área de Afectación (AA), Tiempo de Duración (T); el resultado ubicado dentro de la Matriz de Importancia de los Impactos Ambientales establece la jerarquización del impacto.

El resultado de la Importancia Ambiental de Impacto (IAI) está dado por la siguiente ecuación:

IAI= Σ (+/-) + (PO+R+E+AA+T)

El impacto ambiental se califica de acuerdo con el valor obtenido, conforme a los siguientes rangos de valoración:

- Impacto SIGNIFICATIVO: cuando el valor del impacto es mayor o igual a 11. Estos impactos requieren especial atención dentro de los programas de manejo ambiental. En la matriz de resultados se encuentran resaltados en color rojo.

- Impacto MODERADO: cuando el valor del impacto se encuentra entre 8 y 10. Para estos impactos se contempla la aplicación de medidas preventivas y de manejo orientadas a evitar o mitigar sus efectos. En la matriz de resultados se encuentran resaltados en color anaranjado.

- Impacto IRRELEVANTE: cuando el valor del impacto es menor o igual a 7. Corresponde a impactos de menor importancia, cuya manifestación se presenta de manera temporal u ocasional. En la matriz de resultados se encuentran resaltados en color amarillo.

- Impactos POSITIVOS: corresponden a aquellos efectos favorables derivados de las actividades o resultados del proyecto. En la matriz de resultados se encuentran resaltados en color verde.

Tabla 145 Rangos

TIPO DE IMPACTO	RANGO
POSITIVO	COLOR VERDE
IRRELEVANTE	IMPACTO <=7
MODERADO	8>=IMPACTO<=10
SIGNIFICATIVO	IMPACTO>=11

Fuente: Consorcio Preservar, 2026.

8.7.1.2.6 Resultados y análisis de la evaluación ambiental con proyecto.

A partir de la identificación y valoración de los impactos ambientales asociados a las actividades proyectadas, se presentan los resultados obtenidos para el escenario con proyecto, considerando las posibles afectaciones sobre los componentes abiótico y biótico del área de intervención.

La evaluación permite establecer la importancia de los impactos que podrían generarse durante la ejecución de las obras, de acuerdo con los criterios y rangos de valoración definidos mediante la metodología de Conesa (2010), adaptada por el Consultor para las condiciones del contexto urbano. Los resultados obtenidos se presentan en la matriz de evaluación ambiental (ver **Tabla 146**), en la cual se identifican y clasifican los impactos de acuerdo con su valoración.

Tabla 146 Matriz de impactos

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	NATURALEZA: (N)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: (PO)	REVERSIBILIDAD: (R)	EFECTO (E)	ÁREA DE AFECTACIÓN (AA)	DURACIÓN (T)	IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO (IAI)
PRELIMINARES Y APORTES DE COBERTURA (Descapote/Limpieza)	Replanteo y adecuación inicial del área de intervención	Contaminación visual	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Instalación de cerramiento temporal en polisombra	Contaminación visual	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Demolición de construcciones y generación de escombros	Generación de residuos y escombros	NEGATIVO	1	1	2	1	1	6
	Descape y remoción de la cobertura superficial del terreno	Alteraciones en las propiedades del suelo	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Remoción de cobertura vegetal	Deterioro de la cobertura vegetal	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Generación de material particulado durante el descapote y las demoliciones	Contaminación del aire por partículas y polvo	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
EXCAVACIÓN	Excavación mecánica y manual de material común	Alteraciones en las propiedades del suelo	NEGATIVO	1	1	1	1	1	5
	Generación de ruido por operación de maquinaria y equipos	Contaminación del aire por ruido	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Generación de material particulado durante las excavaciones y movimiento de materiales	Contaminación del aire por partículas y polvo	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	NATURALEZA: (N)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: (PO)	REVERSIBILIDAD: (R)	EFECTO (E)	ÁREA DE AFECTACIÓN (AA)	DURACIÓN (T)	IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO (IAI)
	Generación de material sobrante y escombros	Generación de residuos y escombros	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS, OBRAS HIDROSANITARIAS Y DE DRENAJE	Construcción de estructuras en concreto	Contaminación del suelo	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Manejo y colocación de materiales de construcción	Generación de residuos y escombros	NEGATIVO	1	1	1	1	1	5
	Construcción del muro de contención	Mejora de las condiciones de estabilidad del terreno	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Construcción del muro de contención y obras complementarias	Mejora de las condiciones de seguridad del sector	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Construcción de canaleta, disipador, desarenador, caja de inspección y tubería	Alteración de la calidad del agua	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
SEÑALIZACIÓN Y CERRAMIENTO PERIMETRAL DE SEGURIDAD	Instalación de elementos de señalización, vallas y polisombra	Contaminación visual	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
MANEJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y ESFLUYENTES EN POZOS	Arrastre de sedimentos por lluvias hacia el talud	Alteración de la calidad del agua	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Presencia de ruido y maquinaria cercana a hábitats locales	Afectación de las especies terrestres y acuáticas	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Afectación puntual de la fauna por	Afectación de las especies	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	NATURALEZA: (N)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: (PO)	REVERSIBILIDAD: (R)	EFECTO (E)	ÁREA DE AFECTACIÓN (AA)	DURACIÓN (T)	IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO (IAI)
	intervención de nivel freático	terrestres y acuáticas							
TRANSPORTE Y SUMINISTRO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	Dispersión de finos y sedimentos hacia el alcantarillado	Alteración de la calidad del agua	NEGATIVO	1	1	3	2	1	8
	Arrastre de sedimentos en zona de cargue y descargue	Alteración de la calidad del agua	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Emisión de ruido por tránsito de volquetes y mixers	Contaminación del aire por ruido	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Emisión de gases de combustión por volquetes	Contaminación del aire por partículas y polvo	NEGATIVO	1	1	3	2	1	8
	Preparación inadecuada de mezclas o lavado de canaletas en suelo	Contaminación del suelo por derrame de combustibles	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
OPERACIÓN DE EQUIPOS DE MEZCLADO Y COMPRESIÓN EN SITIO	Emisión de ruido por funcionamiento de motores	Contaminación del aire por ruido	NEGATIVO	1	1	3	2	1	8
	Generación de residuos peligrosos (filtros, aceites usados)	Contaminación del suelo	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Potencial derrame accidental de lubricantes o hidrocarburos	Contaminación del suelo por derrame de combustibles	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Emisión de gases de combustión por equipos estacionarios	Contaminación del aire por partículas y gases	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	NATURALEZA: (N)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: (PO)	REVERSIBILIDAD: (R)	EFECTO (E)	ÁREA DE AFECTACIÓN (AA)	DURACIÓN (T)	IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO (IAI)
MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	Generación de estopas, filtros y envases contaminados (RESPEL)	Contaminación del suelo	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Vertimiento / derrame accidental de lubricantes o fluidos	Contaminación del suelo por derrame de combustibles	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
GESTIÓN Y DISPOSICIÓN INTEGRAL DE RCD (PGIR)	Acopio, cargue y transporte de escombros de excavaciones	Contaminación del suelo	NEGATIVO	1	1	3	2	1	8
CONTRATACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL (Gestión Social)	Generación de empleo directo e indirecto	Mejora en calidad de vida y oportunidades laboral	POSITIVO	1	1	3	2	1	8
	Vinculación de personal y contratación en la zona	Alteración del mercado laboral	POSITIVO	1	1	3	2	1	8
INTERVENCIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE PREDIOS Y VÍAS	Tránsito de maquinaria pesada sobre vías de acceso	Afectación al acceso de los predios, bienes y servicios.	NEGATIVO	1	1	3	1	2	8
	Acopio de materiales o actividades en frentes de obra	Afectación al acceso de los predios, bienes y servicios.	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
	Trabajos cercanos a redes aéreas o subterráneas	Afectación al acceso de los predios, bienes y servicios.	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
GESTIÓN SOCIAL, INFORMACIÓN Y ATENCIÓN A LA COMUNIDAD	Divulgación de actividades, horarios y cierres temporales	Falta de información y divulgación completa, clara y oportuna del proyecto y sus actividades.	NEGATIVO	1	1	3	1	1	7
PROMEDIO									7,05

Fuente: Consorcio Preservar, 2026

De los 37 impactos identificados, 30 se clasifican como irrelevantes, de los cuales 2 corresponden a impactos positivos. Los 7 impactos restantes se clasifican como moderados, de acuerdo con los rangos de valoración establecidos en la Tabla 146. En términos generales, la evaluación presenta un promedio de calificación de 7,13, lo que refleja una predominancia de impactos de baja importancia dentro del escenario con proyecto.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE

8.8 DEMANDA DE RECURSOS NATURALES

8.8.1 RECURSO AGUA

8.8.1.1 Aguas superficiales

En caso de que alguna actividad constructiva requiera el uso de agua para fines industriales, esta deberá ser gestionada y adquirida directamente con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB).

8.8.1.2 Vertimiento

Las actividades constructivas asociadas al proyecto no generan vertimientos de origen industrial ni doméstico. Para el manejo adecuado de las aguas residuales generadas por el personal vinculado al proyecto, se dispondrá de una oficina que cuenta con conexión al sistema de alcantarillado de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). Y para los frentes de obra se contará con baños portátiles a un proveedor autorizado.

8.8.1.3 Ocupación de cauce

Para la construcción de la obra proyectadas no se requiere intervención directa de cuerpos de agua, por lo tanto, no se requiere de este permiso.

8.8.2 RECURSO SUELO

8.8.2.1 Fuentes Materiales

Con base en la información disponible en el portal web del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), se tomó como referencia el listado de fuentes de materiales con fecha de corte del 28 de febrero de 2026. Dicho listado incluye las fuentes de materiales autorizadas ubicadas en Bogotá D.C. y municipios aledaños, las cuales pueden ser consideradas para el suministro de insumos requeridos durante la ejecución del proyecto. La compilación y consolidación de esta información se presenta en el **Anexo 1. Directorio de Proveedores**.

8.8.2.2 Sitios de disposición de materiales sobrantes

La relación de los sitios de disposición final de materiales sobrantes y Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se presenta en el **Anexo 2. Sitios de Disposición Final de RCD**. Este listado fue consolidado a partir de la información oficial publicada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). La selección de estos sitios tiene como propósito garantizar que los materiales sobrantes generados durante la ejecución del proyecto sean transportados y dispuestos en instalaciones que cuenten con las autorizaciones ambientales vigentes emitidas por la autoridad competente.

8.8.2.2.1 Plan de gestión RCD

El manejo de los materiales sobrantes de excavación y demolición (almacenamiento, transporte y disposición) se realizará según la normativa ambiental vigente. La clasificación de los residuos, las cantidades calculadas y los sitios autorizados para su disposición se encuentran detallados en el Anexo 4: Plan de Gestión de RCD.

8.8.2.3 Recurso aire

No se requiere permiso de emisiones atmosféricas, debido a que los materiales serán obtenidos de proveedores autorizados.

8.9 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL

Los programas se estructuran a partir de los resultados obtenidos en la caracterización del área de intervención y de la identificación y valoración de los impactos ambientales asociados a las actividades previstas para la ejecución del proyecto. Su contenido se organiza mediante fichas de manejo ambiental, en las cuales se establecen las medidas correspondientes a los principales aspectos e impactos identificados para las diferentes etapas de la obra.

Las fichas presentan de manera organizada las medidas de manejo asociadas a las actividades constructivas, considerando las condiciones ambientales existentes en el área de intervención y las características de las obras proyectadas.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST								**Código: CA**
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	

OBJETIVO

Garantizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) por parte del contratista de obra, mediante la implementación y ejecución de las acciones, medidas y controles establecidos para el desarrollo del proyecto, de conformidad con la normativa ambiental y de SST aplicable. Lo anterior, con el fin de prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por las actividades constructivas, promoviendo la protección del medio ambiente, así como el bienestar, la seguridad y la salud del personal vinculado a la obra y de la comunidad ubicada en el área de influencia del proyecto.

ACCIONES A DESARROLLAR

Conformación de equipo ambiental y sst

Con el fin de garantizar el adecuado cumplimiento de las obligaciones ambientales y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) durante la ejecución de las actividades constructivas asociadas al proyecto, se presenta a continuación la conformación del equipo mínimo ambiental y SST.

- Residente de obra
- Especialista/residente ambiental
- Especialista/ residente SST
- Biólogo
- Forestal

Una vez se defina el personal definitivo que participará en la etapa constructiva del proyecto, el contratista de obra presentará la relación del equipo ambiental y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), incluyendo como mínimo el nombre, cargo y correo electrónico del director de obra, ingeniero residente, especialista ambiental, especialista forestal, especialista SST, biólogo e inspectores SST y ambiental, con el fin de garantizar la adecuada articulación técnica, ambiental y operativa durante la ejecución de las actividades constructivas.

De igual forma, el contratista deberá conformar e implementar una Brigada de Orden, Aseo y Limpieza (BOAL) con el personal de obra (este equipo deberá estar conformado por máximo 3 personas?, orientada a promover y mantener condiciones adecuadas de limpieza, organización y manejo de residuos dentro de las áreas de trabajo.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST	Código: CA

Obligaciones de equipo ambiental y sst

Obligaciones generales

- Inducciones ambientales y SST
- Capacitaciones
- Entrenamientos simulacros atención de derrames accidentales de combustible
- Asistencia y participación a los comités ambientales convocados por interventoría e IDU.
- Cumplimiento a las obligaciones derivadas de los permisos ambientales otorgados.
- Seguimiento a los indicadores propuestos.
- Elaboración y remisión a la interventoría de los informes mensuales, semanales e informe final.
- Elaboración del documento plan de manejo de obra.

Obligaciones especificas

Especialista /residente Ambiental:

- Cumplir con las obligaciones ambientales establecidas en el pliego de condiciones, el contrato, el Plan de Manejo Ambiental y demás normativa ambiental vigente.
- Orientar y coordinar la implementación de las fichas, programas, procedimientos y medidas de manejo ambiental durante la ejecución del proyecto.
- Realizar el control, seguimiento e inspección ambiental de las actividades desarrolladas en obra, verificando el cumplimiento de las medidas y procedimientos establecidos.
- Gestionar y hacer seguimiento al presupuesto destinado a las actividades ambientales, de acuerdo con las necesidades y avance del proyecto.
- Mantener actualizada la programación de las actividades ambientales, de acuerdo con el avance de la obra y los requerimientos identificados.
- Diligenciar y mantener actualizada la bitácora ambiental, formatos, registros y demás soportes requeridos durante la ejecución del proyecto.
- Identificar y tomar medidas preventivas frente a posibles incidentes o situaciones que puedan generar impactos ambientales, informando oportunamente sobre su ocurrencia y las acciones implementadas.
- Coordinar y supervisar las actividades de la Brigada de Orden, Aseo y Limpieza (BOAL), incluyendo las relacionadas con limpieza, organización y manejo de residuos en las áreas de trabajo.
- Verificar que el personal vinculado a la obra reciba las inducciones, capacitaciones y socializaciones ambientales requeridas antes y durante la ejecución de las actividades.
- Mantener comunicación permanente con el equipo técnico y operativo de obra para coordinar las actividades de gestión ambiental y el cumplimiento de las obligaciones establecidas.
- Participar en reuniones, comités y visitas de seguimiento convocadas por la interventoría, supervisión o autoridades competentes.
- Elaborar y presentar los informes ambientales y soportes de seguimiento requeridos por la interventoría, supervisión y demás entidades competentes.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST	Código: CA

- Atender y dar respuesta a los requerimientos, observaciones y solicitudes realizadas por la interventoría, supervisión y autoridades ambientales relacionadas con la ejecución del proyecto.
- Hacer seguimiento a las acciones correctivas y preventivas derivadas de hallazgos ambientales identificados durante las inspecciones y actividades de seguimiento.

Especialista SST:

- Programa, ejecutar y controlar el cumplimiento del programa de seguridad y salud en el trabajo.
- Coordinar y supervisar las actividades desarrolladas por los inspectores SST y demás personal encargado de la gestión de seguridad y salud en el trabajo en obra.
- Mantener comunicación permanente con la dirección y residencia de obra sobre el estado, cumplimiento y necesidades asociadas a la gestión SST del proyecto.
- Diseñar, implementar y mantener actualizado el plan de emergencias y contingencias de la obra, garantizando una atención oportuna ante cualquier situación de riesgo o emergencia.
- Formular e implementar estrategias orientadas a la prevención y control de incidentes, accidentes de trabajo y afectaciones a terceros derivadas de las actividades constructivas.
- Elaborar y ejecutar programas de capacitación, inducción y sensibilización en Seguridad y Salud en el Trabajo dirigidos al personal vinculado al proyecto.
- Elaborar todos aquellos procedimientos aplicables a la obra de acuerdo al análisis de riesgos.
- Realizar inspecciones a los frentes de obra para evidenciar condiciones o actos inseguros, orden, aseo, señalización etc.
- Cumplir con la programación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- Organizar los recursos necesarios para la implementación del programa de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- Verificar que se realice la inducción en seguridad y salud en el trabajo a todos los trabajadores.
- Asesorar y conformar el comité paritario de salud en el trabajo.
- Llevar el control y seguimiento de los indicadores de accidentalidad, incidentes y ausentismo laboral, realizando los respectivos análisis y acciones de mejora
- Participar activamente en reuniones, comités SST, inspecciones y demás espacios de seguimiento relacionados con la seguridad y salud en el trabajo del proyecto.

Residente de Obra

- Apoyar y garantizar el cumplimiento de las medidas, programas y controles ambientales y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) establecidos para el desarrollo del proyecto.
- Informar oportunamente al personal ambiental y SST sobre cualquier condición, acto inseguro, hallazgo o no conformidad identificada en los frentes de trabajo que pueda generar afectaciones ambientales, riesgos laborales o incumplimientos normativos.
- Participar y apoyar la ejecución de los programas asociados a la gestión ambiental y SST del proyecto, incluyendo el manejo de RCD, manejo de residuos peligrosos (RESPEL), orden y aseo, capacitaciones, señalización y demás actividades requeridas durante la etapa constructiva.
- Verificar que las actividades constructivas se desarrollen conforme a los lineamientos técnicos, ambientales y de seguridad definidos para la obra.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST	Código: CA

- Promover el cumplimiento de las condiciones de orden, aseo, señalización y seguridad dentro de las áreas de intervención del proyecto.

Especialista Forestal:

- Liderar y realizar seguimiento a la implementación de las medidas, programas y actividades relacionadas con el manejo de vegetación, cobertura vegetal y paisajismo requeridas para el desarrollo del proyecto.
- Brindar soporte técnico en la gestión y trámite de permisos, autorizaciones y requerimientos relacionados con el componente forestal ante la autoridad ambiental competente.
- Verificar que las autorizaciones, resoluciones y demás actos administrativos emitidos por la autoridad ambiental se ajusten a las necesidades y alcance del proyecto
- Cumplir todas las obligaciones ambientales y paisajísticas contempladas en los pliegos de condiciones.
- Realizar seguimiento a las actividades de manejo silvicultural y demás intervenciones sobre la cobertura vegetal que sean requeridas para el proyecto.
- Coordinar la implementación de medidas de protección y conservación de individuos arbóreos y áreas verdes que no sean objeto de intervención
- Mantener actualizados los registros, soportes e informes relacionados con el componente forestal y paisajístico del proyecto.
- Participar en reuniones, comités ambientales, visitas técnicas y demás espacios de seguimiento convocados por la interventoría, supervisión o autoridad ambiental competente.

Biólogo:

- Implementar las acciones de manejo, prevención, control y monitoreo de avifauna requeridas durante la etapa constructiva, conforme a los lineamientos ambientales aplicables al proyecto.
- Realizar acompañamiento técnico a las actividades constructivas que puedan generar afectación sobre la fauna presente en el área de influencia del proyecto.
- Atender y dar cumplimiento a los requerimientos, medidas y obligaciones establecidas por la autoridad ambiental competente respecto al componente fauna y avifauna.
- Coordinar y ejecutar las actividades de rescate, ahuyentamiento, monitoreo y manejo de fauna que sean requeridas durante la ejecución de la obra.
- Verificar la correcta implementación de las medidas de protección de fauna definidas para el proyecto y reportar oportunamente cualquier afectación o hallazgo identificado en campo.
- Participar en reuniones, visitas técnicas y comités ambientales relacionados con el seguimiento del componente fauna durante la ejecución del proyecto.
- Garantizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales asociadas al componente fauna establecidas para la ejecución de la obra.

Brigada de Aseo y Limpieza

La Brigada de Orden, Aseo y Limpieza (BOAL) estará conformada por personal de obra debidamente identificado, con el fin de apoyar las actividades relacionadas con el mantenimiento de condiciones adecuadas de limpieza, organización, señalización y seguridad dentro de las áreas de obra.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST	Código: CA

- Mantener los frentes de obra en adecuadas condiciones de orden, limpieza y aseo durante la ejecución de las actividades constructivas.
- Garantizar que la señalización instalada en obra permanezca visible, limpia y en buenas condiciones de funcionamiento.
- Revisar, ajustar y reemplazar la demarcación, aislamiento y señalización de las áreas de trabajo cuando presenten deterioro o pérdida de visibilidad.
- Apoyar la demarcación, señalización y aislamiento de las zonas destinadas al cargue, descargue y acopio temporal de materiales, residuos y escombros generados en obra.
- Participar en las actividades de clasificación, organización y manejo adecuado de residuos sólidos y materiales reciclables generados durante la ejecución de la obra.
- Verificar permanentemente el estado y estabilidad de cerramientos, aislamientos y elementos de protección instalados en la obra.
- Promover el adecuado uso de los elementos de protección personal por parte del personal que desarrolla actividades en obra.
- Utilizar y mantener en adecuado estado las herramientas menores y elementos requeridos para el cumplimiento de sus funciones, tales como palas, barras, cepillos, bolsas, elementos de aseo y demás equipos necesarios para las actividades de orden y limpieza.

Capacitaciones

En la fase constructiva se realizarán capacitaciones periódicas tanto por el residente ambiental.

Control Documental

Durante la ejecución del proyecto, el contratista de obra deberá garantizar el adecuado control, almacenamiento y actualización de toda la documentación generada en obra, con el fin de asegurar la trazabilidad de la información, el seguimiento de las actividades ejecutadas y el cumplimiento de los requerimientos contractuales y normativos aplicables.

La documentación deberá permanecer disponible en el campamento u oficina de obra, organizada en carpetas físicas y digitales, incluyendo como mínimo la siguiente información:

- **Carpeta de Materiales de Construcción**

Contendrá los registros y soportes relacionados con el control de materiales utilizados en la obra, incluyendo formatos de seguimiento, certificados de adquisición, remisiones, facturas y demás documentos que acrediten el origen y uso de los materiales empleados durante la ejecución del proyecto.

- **Carpeta de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición – RCD**

Contendrá los formatos y soportes asociados al manejo, control, aprovechamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición generados en obra. Así mismo, incluirá certificaciones de disposición final, planillas de transporte, registros de aprovechamiento y demás soportes relacionados con la gestión integral de RCD.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST	Código: CA

- **Carpeta de Maquinaria, Equipos y Vehículos**

Contendrá la información y soportes correspondientes a la maquinaria, equipos y vehículos vinculados al proyecto, incluyendo listados, registros de movilización, formatos de abastecimiento de combustible, certificados de emisiones, licencias, tarjetas de propiedad y demás documentación requerida para su operación.

- **Carpeta de Seguridad Social y Gestión Laboral**

Contendrá los registros y soportes relacionados con afiliaciones al sistema de seguridad social, exámenes médicos ocupacionales, pagos de aportes, nómina, parafiscales y demás documentos asociados al personal vinculado al proyecto. Esta información deberá mantenerse organizada y disponible para consulta y seguimiento.

- **Carpeta de Seguimiento SST**

Contendrá los registros y soportes derivados de las actividades del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), incluyendo investigaciones de incidentes y accidentes, registros de inducción y capacitación, entrega de elementos de protección personal, inspecciones, formatos de seguimiento y demás evidencias relacionadas con la gestión SST del proyecto.

- **Carpeta de Registro Fotográfico**

Se deberá mantener un registro fotográfico periódico de los diferentes frentes de obra, evidenciando la implementación de las medidas ambientales y SST del proyecto. Como mínimo, deberá incluir registros relacionados con:

  - Señalización, cerramientos y manejo peatonal.
  - Manejo de excavaciones y zonas de riesgo.
  - Acopio de materiales y manejo de RCD.
  - Operación de maquinaria y vehículos.
  - Manejo de vegetación y componente forestal.
  - Implementación de medidas de SST.
  - Actividades de capacitación e inducción.
  - Actividades de aprovechamiento y disposición de residuos.

- **Carpeta Otros Documentos**

Contendrá copia de los documentos contractuales, actas de comité, requerimientos de interventoría, formatos adicionales exigidos y demás documentación técnica, ambiental y SST relacionada con la ejecución del proyecto.

Toda la documentación anteriormente mencionada deberá permanecer debidamente organizada y almacenada en un archivador o espacio destinado para tal fin, con acceso restringido al personal considerando que se contará con documentación original.

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST	**Código: CA**

Adicionalmente, el contratista deberá mantener respaldo digital actualizado de toda la información, garantizando el escaneo, almacenamiento y conservación de los soportes generados durante la ejecución de la obra, con el fin de asegurar su disponibilidad, trazabilidad y adecuada conservación.

RECURSOS	**PERSONAL RESPONSABLE**
Papelería (carpetas, legajadores, separadores, impresiones) para el adecuado archivo de la documentación ambiental y SST.	Residente de obra Residente ambiental Biólogo Forestal BOAL-Brigada de Orden y Aseo
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	Registros fotográficos Informes mensuales Actas de comité

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Conformación equipo de gestión ambiental y SST	Se realizará seguimiento al equipo mínimo que haga parte de la gestión ambiental y SST	100%	$\frac{N°de\ persona\ del\ equipo\ de\ gestion\ ambiental\ y\ SST\ activo\ en\ el\ mes}{N°\ de\ personas\ requeridas\ para\ el\ equipo\ de\ gestion\ ambiental\ y\ SST} * 100\%$	Mensual
Actualización de la normativa aplicable	Actualizar el marco normativo conforme a las normas emitidas en el mes y que apliquen en el proyecto	100%	$\frac{N°\ de\ normas\ actualizadas\ para\ el\ proyecto}{N°\ de\ normas\ nuevas\ actualizadas\ emitidas\ por\ entidades} * 100\%$	Mensual
Elaboración de informes ambientales	Elaboración y radicación oportuna de los informes mensuales ambientales y SST	100%	$\frac{N°\ de\ informes\ ambientales\ y\ sst\ presentados}{N°\ total\ de\ informes\ contractuales} * 100\%$	Mensual
Cumplimiento del plan de capacitaciones	Revisión en el cumplimiento de las capacitaciones programadas	>90%	$\frac{N°\ de\ capacitaciones\ realizadas}{N°\ de\ capacitaciones\ programadas} * 100\%$	Mensual

COMPONENTE A – CUMPLIMIENTO A OBLIGACIONES AMBIENTALES Y SST				**Código: CA**
Cobertura del personal capacitado	Evidenciar la asistencia y participación del personal vinculado al contrato	>90%	$\frac{N° \ de \ personas \ capacitadas}{N° \ de \ personas \ vinculadas} * 100\%$	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	ene-27	feb-27	mar-27	abr-27	may-27	jun-27	jul-27	ago-27
Conformación equipo de gestión ambiental ySST	X	X	X	X	X	X	X	X
Actualización de la normativa aplicable	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaboración de informes ambientales	X	X	X	X	X	X	X	X
Cumplimiento del plan de capacitaciones		X	X	X	X	X	X	X
Cobertura del personal capacitado		X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE B1 – MANEJO AMBIENTAL DE CAMPAMENTOS FIJOS Y/O TEMPORALES Y CENTRO DE ACOPIO								Código: CB1
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	

OBJETIVO:

Establecer las medidas de manejo ambiental tendientes a la corrección, prevención, mitigación y compensación de dichos impactos que son ocasionados por la instalación de infraestructura temporal durante el desarrollo del Contrato

ACCIONES A DESARROLLAR

El proyecto deberá de contar con un campamento fijo en un lugar cercano al punto de intervención del presente proyecto. Igualmente, para la ejecución del contrato, se instalarán campamentos temporales, carpas móviles, áreas de acopio de materiales según las necesidades de obra, dotados de los implementos que permitan la ejecución de las diferentes actividades contractuales y cumplimiento de la normativa ambiental.

Oficina / Campamento

La infraestructura destinada para oficina o campamento contará, como mínimo, con dos (2) unidades sanitarias fijas, considerando la disponibilidad de un (1) baño por cada quince (15) trabajadores, debidamente separados para hombres y mujeres. Adicionalmente, dispondrá de zona de cafetería, sala de juntas y espacios acondicionados para oficinas administrativas.

Las instalaciones estarán dotadas con escritorios, equipos de cómputo, sillas, archivadores, extintores, camilla de emergencias, botiquín de primeros auxilios, señalización preventiva e informativa, dos (2) puntos ecológicos para la adecuada segregación de residuos, papeleras individuales y carteleras informativas correspondientes a Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

Asimismo, se garantizará la disponibilidad de los servicios públicos de agua potable, energía eléctrica e internet. El campamento contará con un área de recepción dotada con sillas de espera, cartelera informativa del proyecto, buzón de sugerencias y personal encargado de la atención y gestión de las Peticiones, Quejas y Reclamos (PQR) presentadas por la comunidad.

Elementos autorizados para almacenamiento

En las instalaciones de la oficina o campamento únicamente se permitirá el almacenamiento de la señalización requerida para la ejecución de la obra, así como de insumos y elementos de papelería necesarios para el desarrollo de las actividades administrativas.

Restricciones de almacenamiento

No se permitirá el almacenamiento de combustibles, sustancias peligrosas, materiales de construcción, residuos ni cualquier otro elemento asociado directamente a las actividades constructivas de la obra.

Carpas móviles

Se dispondrá de carpas móviles destinadas al acopio temporal de materiales requeridos para la ejecución de la obra, así como áreas para el parqueo de maquinaria, equipos y vehículos. En estas zonas se implementarán las medidas ambientales y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) necesarias para garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente.

COMPONENTE B1 – MANEJO AMBIENTAL DE CAMPAMENTOS FIJOS Y/O TEMPORALES Y CENTRO DE ACOPIO	Código: CB1

Estos espacios estarán destinados al servicio de los trabajadores, quienes contarán con las condiciones básicas requeridas para el desarrollo de sus actividades, incluyendo áreas de vestier, puntos de hidratación y espacios adecuados para el consumo de agua.

De igual manera, las carpas móviles estarán dotadas con los elementos e implementos necesarios para el bienestar y desempeño seguro de los trabajadores, los cuales se relacionan a continuación:

- Señalización.
- Camilla.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Punto ecológico
- Silla
- Kit control de derrames
- Cartelera informativa

En caso de que los campamentos temporales sean instalados en espacio público, se realizará un registro fotográfico previo y posterior a su instalación, con el fin de evidenciar las condiciones iniciales y finales del área intervenida. Una vez finalizadas las actividades, las zonas utilizadas deberán ser restituidas en condiciones iguales o superiores a las encontradas inicialmente.

Cuando se requiera la conexión a servicios públicos domiciliarios, esta deberá gestionarse de manera legal y formal ante las respectivas empresas prestadoras de los servicios, garantizando el cumplimiento de la normatividad vigente.

Los campamentos temporales y, cuando aplique, el campamento fijo, deberán contar con las condiciones necesarias de seguridad, salud en el trabajo y señalización, con el propósito de prevenir riesgos, controlar el acceso a las áreas de trabajo y garantizar condiciones seguras para trabajadores, visitantes y comunidad en general.

Los sitios destinados al acopio temporal de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y de materiales de obra ubicados en las proximidades de los campamentos móviles deberán permanecer debidamente señalizados y delimitados mediante cerramiento con malla, barreras físicas o cinta de seguridad, según corresponda. Adicionalmente, estos acopios deberán mantenerse cubiertos para evitar la dispersión de partículas por acción del viento y minimizar posibles afectaciones al entorno.

La ubicación de las áreas de almacenamiento y acopio se definirá en sitios estratégicos que no interfieran con la movilidad ni con las actividades de la comunidad, manteniendo una distancia prudente respecto a drenajes, sumideros y demás elementos del sistema hídrico, con el fin de prevenir riesgos de contaminación ambiental.

Puntos de acopio para los Residuos de Construcción y Demolición

Los sitios destinados al acopio temporal de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) serán ubicados en áreas previamente definidas y autorizadas, garantizando condiciones adecuadas de seguridad, orden y manejo ambiental.

Estos sitios deberán permanecer debidamente delimitados, señalizados y, cuando sea necesario, cubiertos para evitar la dispersión de materiales por acción del viento o la lluvia. Asimismo, se

COMPONENTE B1 – MANEJO AMBIENTAL DE CAMPAMENTOS FIJOS Y/O TEMPORALES Y CENTRO DE ACOPIO	Código: CB1

implementarán medidas de control para prevenir el arrastre de sedimentos hacia sumideros, redes de drenaje o cuerpos de agua cercanos.

Los RCD deberán clasificarse y almacenarse de manera organizada, favoreciendo su aprovechamiento, reutilización o disposición final. No se permitirá la mezcla de residuos aprovechables con residuos ordinarios o peligrosos.

Los acopios temporales deberán mantenerse en condiciones adecuadas de limpieza y orden, evitando la acumulación excesiva de materiales. El tiempo de permanencia de los residuos en el frente de obra será el mínimo necesario para su evacuación y transporte hacia los sitios de aprovechamiento, tratamiento o disposición final autorizados.

El transporte de los RCD deberá realizarse en vehículos autorizados, garantizando que la carga se encuentre cubierta y asegurada para evitar pérdidas de material durante el recorrido. Los gestores encargados de su aprovechamiento o disposición final deberán contar con las autorizaciones y permisos exigidos por la autoridad competente.

RECURSOS	PERSONAL RESPONSABLE
• Cinta de seguridad para delimitar áreas de trabajo y acopios de materiales para obra y RCDs. • Polisombra para el cerramiento. • Lonas de protección para sitios de almacenamiento y acopios de materiales de construcción.	• Ingeniero Residente de Obra • Residente Ambiental • BOAL- Brigada de Orden y Aseo
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	Registro fotográfico

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Campamento / Oficina	Identificar la cantidad de campamentos o oficinas conforme a las necesidades del proyecto	100 %	$\frac{N° \text{ de campamentos instalados en el m}}{N° \text{ de campamentos requeridos en el m}} * 100\%$	Mensual
Unidades sanitarias	Identificar la cantidad de unidades sanitarias	100 %	$\frac{N° \text{ unidades sanitarias activas en el}}{N° \text{ unidades sanitarias tequeridas en e}} * 100\%$	Mensual
Puntos ecológicos	Identificar la cantidad de puntos ecológicos	100 %	$\frac{N° \text{ de puntos ecologicos activos en el}}{N° \text{ de puntos ecologicos requeridos en}} * 100\%$	Mensual

COMPONENTE B1 – MANEJO AMBIENTAL DE CAMPAMENTOS FIJOS Y/O TEMPORALES Y CENTRO DE ACOPIO				**Código: CB1**
	instalados conforme a las necesidades del proyecto			
Desmantelamiento de campamentos y áreas de acopio temporal	Implementar las medidas establecidas durante la etapa de desmantelamiento de campamentos o oficinas y áreas de acopio temporal	100 %	$\frac{N° \text{ de campamentos o oficinas fijas y } \text{desmantelados}}{N° \text{ de campamentos o oficinas fijas y } \text{desmantelados}} * 100\ \%$	Una vez se realice desmantelamiento de campamentos o oficinas y puntos de acopio

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	ene-27	feb-27	mar-27	abr-27	may-27	jun-27	jul-27	ago-27
Campamento / Oficina	X	X	X	X	X	X	X	X
Unidades sanitarias	X	X	X	X	X	X	X	X
Puntos ecológicos	X	X	X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento de campamentos y áreas de acopio temporal	X							X

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN								Código: CB2
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	

OBJETIVO:

Describir las medidas ambientales, para el manejo adecuado de los materiales utilizados para las actividades constructivas (arenas, agregados, concretos, asfaltos, prefabricados, ladrillos, materiales pétreos, hierro, etc.) y los residuos de construcción y demolición generados, evitando que impacten negativamente al medio ambiente y afecten los recursos agua, aire y suelo.}

ACCIONES A DESARROLLAR

A continuación, se presentan las medidas de manejo ambiental que deberán implementarse durante las actividades de almacenamiento, transporte, cargue, descargue y utilización de materiales de obra. El control, seguimiento y verificación de las acciones descritas deberán realizarse de manera permanente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable y prevenir posibles afectaciones al entorno.

Proveedores

La selección de proveedores para el suministro de materiales de obra se realizará con base en el listado de proveedores autorizados del IDU, garantizando que las fuentes de abastecimiento cumplan con los requisitos legales, técnicos y ambientales exigidos por la entidad.

Nombre	Tipo de material	N° Registro IDU
Ingenieros GF SAS	Agregados pétreos	12
Doble a Ingeniería SAS	Agregados pétreos	25
Tequia Gonzalez Fanny Isabel	Agregados pétreos	68
MINER GROUP SAS	Agregados pétreos	87
DROMOS PAVIMENTOS SAS	Agregados pétreos	295
Gravillera Albania SA	Agregados pétreos	429
INCOMINERIA SAS	Agregados pétreos	455
INDUSTRIAS ASFÁLTICAS SAS	Agregados pétreos	475
TRITURADOS TGS A	Agregados pétreos	484
GRAVAS Y CONCRETOS	Agregados pétreos	492
Mario Alberto Huertas Cotes	Agregados pétreos	572
GRAVAS Y CONCRETOS SA	Agregados pétreos	583
GARZON ROMERO G SAS	Agregados pétreos	617

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	**Código: CB2**

INDUSTRIAS ASFÁLTICAS SAS	Agregados pétreos	627
JULIANA ALICIA GÓMEZ DE FRANCO	Agregados pétreos	688
INGENIERÍA Y TRANSPORTES LAMD SAS	Agregados pétreos	708
LADRILLERA SAN JOAQUIN SAS	Ladrillo y Productos de Arcilla	138
ARCILLAS DE COLOMBIA SA	Ladrillo y Productos de Arcilla	139
LADRILLERA OVNDOLI SA	Ladrillo y Productos de Arcilla	336
LADRILLERA SANTA FE SA	Ladrillo y Productos de Arcilla	451
GRUPO INDUSTRIAL EL TREBOL SAS	Ladrillo y Productos de Arcilla	563
CEMEX COLOMBIA SA	Concreto Hidráulico	14
HOLCIM (COLOMBIA) SA	Concreto Hidráulico	22
CONCRETOS ARGOS SAS	Concreto Hidráulico	27
CEMEX COLOMBIA SA	Concreto Hidráulico	31
CONCRETOS ARGOS SAS	Concreto Hidráulico	362
CEMEX COLOMBIA SA	Concreto Hidráulico	474
CONCRETOS ARGOS SAS	Concreto Hidráulico	496
CONCRETOS ARGOS SAS	Concreto Hidráulico	497
CONCRETOS ARGOS SAS	Concreto Hidráulico	498
CEMEX COLOMBIA SA	Concreto Hidráulico	501
CEMEX COLOMBIA SA	Concreto Hidráulico	502
CEMEX COLOMBIA SA	Concreto Hidráulico	503
Mario Alberto Huertas Cotes	Concreto Hidráulico	573

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	Código: CB2

CONCREMACK SAS	Concreto Hidráulico	609
CONCRETOS Y PREFABRICADOS DEL SUR SAS	Concreto Hidráulico	610
HORMIGON URBANO SAS	Concreto Hidráulico	632
INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES TRANSCONCRETO SAS	Concreto Hidráulico	636
CONCREMOVIL SAS	Concreto Hidráulico	641
HOLCIM (COLOMBIA) SA	Concreto Hidráulico	662
CONCREMOVIL SAS	Concreto Hidráulico	727
PISOS INDUSTRIALES JCR SAS	Concreto Hidráulico	746
CONCRETOS ARGOS SAS	Concreto Hidraulico	747

Los proveedores deberán cumplir con la normatividad vigente aplicable a su actividad y asegurar que los materiales suministrados cuenten con las especificaciones técnicas requeridas para la ejecución del proyecto. Asimismo, deberán garantizar que las actividades de cargue, transporte y descargue se desarrollen bajo condiciones que prevengan la generación de impactos ambientales, tales como la emisión de material particulado, derrames, pérdidas de carga, contaminación de cuerpos de agua o afectaciones a la comunidad y al espacio público.

Como parte del seguimiento ambiental del proyecto, se mantendrá actualizado el registro de proveedores utilizados durante la ejecución de la obra, junto con los soportes que evidencien su inclusión dentro del listado autorizado por el IDU, cuando aplique.

Medidas de manejo para agregados pétreos (arenas, gravas, triturados, bases granulares y recebos)

Los materiales pétreos utilizados durante la ejecución de la obra deberán provenir de fuentes legalmente autorizadas y ser manejados de manera que se prevenga la generación de impactos ambientales asociados a la dispersión de material particulado, arrastre de sedimentos y afectación de los sistemas de drenaje.

Para tal fin, se implementarán las siguientes medidas de manejo:

- Los sitios destinados al acopio temporal de agregados pétreos estarán debidamente delimitados, señalizados y cubiertos con materiales impermeables que eviten la dispersión de partículas por acción del viento o la lluvia.
- Los materiales almacenados se ubicarán sobre superficies protegidas mediante plástico, geotextil u otro elemento que evite el contacto directo con el suelo y prevenga su contaminación o deterioro.

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	Código: CB2

- Los acopios temporales no podrán permanecer en los frentes de obra por un período superior a dos (2) días. Por lo tanto, el suministro de materiales se programará de acuerdo con las necesidades operativas del proyecto, manteniendo únicamente la cantidad requerida para un máximo de dos jornadas de trabajo.
- Las áreas de acopio temporal serán delimitadas mediante sacos de fibra rellenos, barreras de contención u otros elementos equivalentes, con el fin de controlar la escorrentía superficial durante eventos de lluvia y reducir el transporte de sedimentos hacia las vías, sumideros o cuerpos de agua cercanos.
- En los sumideros y estructuras de drenaje localizados en las proximidades de los sitios de almacenamiento temporal se instalarán barreras de protección o sistemas de retención de sedimentos, con el propósito de evitar la obstrucción de las redes de drenaje y minimizar la contaminación.
- Se realizará inspección diaria de los sitios de acopio para verificar el estado de las coberturas, la delimitación del área, las condiciones de limpieza y la efectividad de las medidas implementadas para el control de sedimentos y material particulado.
- En caso de presentarse derrames o dispersión de material fuera de las áreas autorizadas, se efectuará de manera inmediata la recolección y limpieza correspondiente, garantizando la restitución de las condiciones iniciales del área afectada.

Transporte de materiales de construcción

Con el fin de prevenir impactos ambientales asociados a la emisión de material particulado, generación de ruido, contaminación del suelo, afectación de la movilidad y deterioro del espacio público, el transporte de materiales de construcción deberá cumplir con las siguientes medidas de manejo:

- Los vehículos de transporte de materiales no podrán ser cargados por encima de la capacidad autorizada por el fabricante. La interventoría realizará verificaciones periódicas para garantizar el cumplimiento de esta disposición.
- Toda carga deberá transportarse debidamente cubierta con elementos de protección que eviten la dispersión de materiales durante el recorrido. Asimismo, los vehículos deberán transitar únicamente por las rutas autorizadas y cumplir con las restricciones de movilidad establecidas por las autoridades competentes.
- No se permitirá la utilización de extensiones o modificaciones en los contenedores, platones o carrocerías que incrementen artificialmente la capacidad de carga de los vehículos.
- Los vehículos deberán cumplir con la normatividad ambiental vigente en materia de emisiones atmosféricas, niveles de ruido y control de fugas de fluidos, garantizando adecuadas condiciones técnico-mecánicas que eviten derrames de aceite hidráulico, aceite de motor, combustible, refrigerante u otras sustancias contaminantes.
- Será obligatorio el uso de alarmas de reversa en todos los vehículos y equipos que así lo requieran. Dicho sistema deberá operar de manera automática y permanente durante las maniobras de retroceso.
- Antes de abandonar el frente de obra, los vehículos deberán verificar que el contenedor, platón o carrocería se encuentre completamente limpio en su parte externa, evitando la caída de materiales sobre las vías públicas y áreas aledañas.
- No se permitirá el lavado de vehículos, maquinaria ni equipos auxiliares dentro de las áreas del proyecto, en espacio público o sobre la vía pública. Estas actividades deberán realizarse

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	Código: CB2

únicamente en sitios autorizados que cuenten con las condiciones adecuadas para el manejo de aguas residuales y residuos asociados.

- Se implementará un sistema de limpieza manual de llantas para las volquetas y demás vehículos que ingresen o salgan de los frentes de obra, con el fin de remover lodo, sedimentos y otros materiales adheridos que puedan ser transportados hacia las vías públicas y generar material particulado una vez se sequen.
- En caso de presentarse derrames, pérdida de carga o dispersión de materiales durante el transporte, el responsable deberá realizar de manera inmediata las labores de recolección y limpieza correspondientes, garantizando la restitución de las condiciones originales del área afectada.

Inspecciones

Con el fin de garantizar el cumplimiento de las medidas ambientales, de seguridad y de mantenimiento establecidas para el proyecto, se realizarán inspecciones periódicas a las áreas operativas y a los elementos de control implementados en obra.

Como mínimo, se efectuará una inspección mensual a los campamentos temporales, áreas de acopio de materiales, kits de control de derrames e instalaciones eléctricas provisionales, verificando su estado, funcionamiento, condiciones de seguridad, limpieza, señalización y cumplimiento de los requisitos establecidos en la normatividad vigente.

Los hallazgos identificados durante las inspecciones deberán registrarse y gestionarse mediante las acciones correctivas y preventivas correspondientes, garantizando su seguimiento y cierre oportuno.

Prohibiciones

Con el propósito de prevenir riesgos ambientales y de seguridad, durante la ejecución de la obra se deberán cumplir las siguientes prohibiciones:

- Se prohíbe el lavado de vehículos, volquetas, mezcladoras de concreto, maquinaria, equipos y herramientas en los frentes de obra, espacio público o zonas aledañas, con el fin de evitar vertimientos que puedan generar contaminación del suelo, redes de drenaje o cuerpos de agua. Estas actividades únicamente podrán realizarse en sitios autorizados y acondicionados para tal fin.
- No se permitirá la preparación o mezcla de concreto, mortero u otros materiales directamente sobre el suelo natural ni sobre superficies duras existentes. Para estas actividades se deberán utilizar recipientes, bateas, formaletas, lonas impermeables u otros sistemas que impidan el contacto directo con el terreno y faciliten la recolección de residuos.
- Se prohíbe dejar expuestas puntas de varillas, elementos metálicos o cualquier material que represente riesgo de accidente para trabajadores, peatones o comunidad en general. En caso de no ser posible su retiro inmediato, estas deberán protegerse, señalizarse y delimitarse adecuadamente hasta su eliminación definitiva.
- Se prohíbe la disposición temporal o permanente de materiales, residuos o equipos en zonas no autorizadas, andenes, áreas verdes, sumideros o espacios que afecten la movilidad peatonal y vehicular.
- Se prohíbe la quema de residuos, materiales sobrantes o cualquier otro elemento generado durante la ejecución de la obra.

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	**Código: CB2**

RECURSOS	**PERSONAL RESPONSABLE**
• Kit control de derrames • Cinta de seguridad • Señalización • Lonas para el cubrimiento de acopios de materiales de construcción. • Equipo para el lavado de llantas de volquetas	• Ingeniero Residente de Obra • Residente Ambiental
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	Informe de seguimiento de materiales de obra y RCD

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	**Descripción**	**Meta**	**Formula**	**Periodicidad**
Volumen de material utilizado en obra	Verificar el volumen certificado vs el volumen utilizado del material utilizado en el mes	100%	$\frac{Volumen\ de\ material\ certificado\ en\ el\ mes}{Volumen\ de\ material\ utilizado\ en\ el\ mes} * 100\%$	Mensual
Proveedores de materiales vigentes	Verificar que los proveedores que suministraron materiales en el mes cuenten con los permisos minero-ambientales vigentes	100%	$\frac{Proveedores\ de\ materiales\ con\ permisos\ vigentes\ en\ el\ mes}{Proveedores\ que\ suministraron\ materiales\ en\ el\ mes} * 100\%$	Mensual
Verificación de condiciones óptimas de los puntos de acopio	Verificar que los sitios seleccionados para acopio de material y RCD cuenten con las medidas ambientales establecidas	100%	$\frac{N°\ de\ acopios\ de\ RCD\ en\ óptimas\ condiciones\ en\ el\ mes}{N°\ de\ acopios\ activos\ en\ el\ mes} * 100\%$	Mensual
Manejo ambiental en los sitios de almacenamiento de materiales	Sitios de almacenamiento de materiales de construcción con medidas ambientales adecuadas.	100%	$\frac{N°\ de\ sitios\ de\ almacenamiento\ de\ materiales\ con\ medidas\ de\ manejo\ ambiental\ implementadas}{N°\ de\ sitios\ de\ almacenamiento\ de\ materiales\ totales} * 100\%$	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

COMPONENTE B2 – MANEJO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						**Código: CB2**		
Actividad	**ene-27**	**feb-27**	**mar-27**	**abr-27**	**may-27**	**jun-27**	**jul-27**	**ago-27**
Volumen de material utilizado en obra	X	X	X	X	X	X	X	X
Proveedores de materiales vigentes	X	X	X	X	X	X	X	X
Verificación de condiciones	X	X	X	X	X	X	X	X
óptimas de los puntos de acopio	X	X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE B3 – MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS								
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	

OBJETIVO:

Implementar las medidas ambientales propuestas en la presente ficha para el manejo adecuado, clasificación, acopio y disposición final de los residuos sólidos, aprovechables y no aprovechables, residuos peligrosos y los RCD generados durante el desarrollo de la obra, de tal forma que no ocasionen afectación a los recursos naturales.

ACCIONES A DESARROLLAR

Medidas de manejo de residuos sólidos

Con el fin de promover una adecuada gestión integral de los residuos sólidos generados durante la ejecución del proyecto, se implementarán acciones orientadas a la prevención, reducción, separación en la fuente, aprovechamiento y disposición final adecuada de los residuos, en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Previo al inicio de actividades, todo el personal vinculado al proyecto recibirá una inducción ambiental en la que se abordarán los lineamientos para el manejo adecuado de residuos sólidos. Esta capacitación incluirá estrategias para la minimización de residuos, el uso eficiente de los recursos, el ahorro de papel y la adopción de buenas prácticas ambientales, tales como el uso de botellas reutilizables para agua, pocillos personales para bebidas calientes y la reducción de elementos desechables de un solo uso. Estos lineamientos serán reforzados periódicamente mediante capacitaciones, campañas de sensibilización y actividades de educación ambiental.

Tanto en la oficina, carpas móviles y frentes de obra se dispondrán puntos ecológicos debidamente señalizados para facilitar la separación en la fuente y la correcta clasificación de los residuos generados. Los puntos ecológicos estarán conformados por recipientes identificados de acuerdo con el código de colores establecido en la normatividad vigente:

- **Caneca blanca:** destinada a residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, papel y cartón limpios y secos.

COMPONENTE B3 – MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS	Código: CB3

- **Caneca negra:** destinada a residuos no aprovechables, tales como papel higiénico, servilletas usadas, residuos contaminados, empaques sucios y demás residuos ordinarios no reciclables.
- **Caneca verde:** destinada a residuos orgánicos aprovechables, tales como cáscaras de frutas, verduras, restos de alimentos crudos y otros residuos biodegradables.

El personal encargado del proyecto será responsable de la recolección, inspección y traslado de los residuos desde los puntos ecológicos hacia las áreas de almacenamiento temporal.

Los residuos no aprovechables y orgánicos serán almacenados temporalmente en recipientes adecuados y entregados al prestador del servicio público de aseo, de acuerdo con los horarios y frecuencias establecidas para su recolección.

Los residuos aprovechables serán trasladados a un área de acopio temporal de mayor capacidad, la cual deberá contar con condiciones adecuadas de orden, limpieza, señalización, delimitación, ventilación y protección contra la lluvia, el viento y el ingreso de animales. Esta zona será ubicada estratégicamente para no interferir con la circulación de personal, equipos o el desarrollo de las actividades constructivas.

Los residuos metálicos y demás materiales susceptibles de aprovechamiento, tales como sobrantes de acero, puntillas, alambres, mallas metálicas, señalización metálica, elementos de soldadura y chatarra en general, serán almacenados de manera independiente en el área de acopio definida para tal fin y posteriormente entregados a gestores autorizados o destinados a procesos de aprovechamiento, dejando el respectivo registro documental de control y trazabilidad.

Se realizarán inspecciones periódicas a los puntos ecológicos y áreas de almacenamiento temporal con el fin de verificar la correcta separación de residuos, el estado de los recipientes, las condiciones de limpieza y el cumplimiento de las medidas establecidas en el presente programa.

Manejo de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos (RESPEL) generados durante la ejecución del proyecto serán gestionados de acuerdo con la normatividad ambiental vigente, con el fin de prevenir riesgos para la salud humana y evitar afectaciones al suelo, al recurso hídrico y a los demás componentes ambientales.

Los residuos peligrosos deberán ser segregados desde su generación y depositados en recipientes adecuados, resistentes, debidamente identificados y rotulados de acuerdo con sus características de peligrosidad. Estos recipientes permanecerán cerrados y en buenas condiciones, evitando fugas, derrames o contaminación cruzada con otros tipos de residuos.

Los residuos tales como envases contaminados, trapos impregnados con aceites o combustibles, filtros, absorbentes utilizados en la atención de derrames, aerosoles, luminarias, baterías, residuos electrónicos y demás residuos clasificados como peligrosos, serán almacenados temporalmente en recipientes identificados con la leyenda “Residuos Peligrosos – RESPEL (Tipo de residuo**)”** y trasladados al área de acopio temporal destinada para tal fin.

El área de almacenamiento temporal de RESPEL contará como mínimo con señalización visible, acceso restringido, cubierta para protección contra la lluvia, piso impermeable, sistema de contención para posibles derrames, ventilación adecuada y elementos para la atención de emergencias ambientales.

COMPONENTE B3 – MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS	**Código: CB3**

Los residuos peligrosos almacenados temporalmente como aceites serán entregados periódicamente a gestores autorizados para su transporte, aprovechamiento, tratamiento o disposición final, conservando los certificados y soportes que evidencien la trazabilidad de la gestión realizada.

Los sitios de acopio temporal de RESPEL no podrán ubicarse sobre zonas blandas, zonas verdes, áreas de protección ambiental, rondas hídricas ni superficies que puedan favorecer la infiltración de sustancias contaminantes, con el fin de prevenir impactos al suelo, aguas superficiales y aguas subterráneas.

Adicionalmente, en las áreas donde se manipulen o almacenen sustancias peligrosas se dispondrá de kits para el control y atención de derrames, los cuales deberán mantenerse operativos y disponibles para su uso inmediato en caso de emergencia

Acopios materiales y RCD

Los sitios destinados al acopio RCD serán ubicados en áreas previamente definidas y autorizadas, garantizando condiciones adecuadas de seguridad, orden, limpieza y manejo ambiental de igual forma deberán permanecer debidamente delimitadas, señalizadas y protegidas mediante cerramientos, que impidan el acceso no autorizado y minimicen la dispersión de materiales hacia las áreas circundantes y los materiales y RCD deberán mantenerse cubiertos para evitar la generación de material particulado y el arrastre de sedimentos por acción del viento o la lluvia.

Los RCD susceptibles de aprovechamiento se deberán separar desde su generación y almacenados de forma independiente para facilitar su reutilización, reciclaje o entrega a gestores autorizados. Los residuos que no puedan ser aprovechados serán transportados y dispuestos en sitios autorizados, conservando los respectivos soportes de transporte y disposición final.

No se permitirá el almacenamiento de materiales ni de RCD sobre zonas verdes, andenes, vías públicas o áreas que afecten la movilidad peatonal y vehicular. Asimismo, los acopios deberán ubicarse a una distancia prudente de sumideros y estructuras de drenaje para prevenir afectaciones a la calidad del agua y al sistema de alcantarillado.

Se realizarán inspecciones periódicas a las áreas de acopio para verificar las condiciones de orden, limpieza, señalización, estabilidad de los materiales almacenados y cumplimiento de las medidas ambientales implementadas.

Una vez finalizadas las actividades, las áreas utilizadas para el almacenamiento temporal de materiales y RCD deberán quedar completamente limpias y en condiciones iguales o mejores a las encontradas inicialmente.

RECURSOS	**PERSONAL RESPONSABLE**
• Puntos ecológicos • Puntos de acopio para RESPEL y sustancias peligrosas. • Puntos de acopio de residuos reciclables. • Señalización	• Residente de Obra • Especialista/ Residente Ambiental • BOAL- Brigada de Orden y Aseo

COMPONENTE B3 – MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS	**Código: CB3**
• Cinta de seguridad • Lonas para el cubrimiento de acopios de RCD • Equipo para el lavado de llantas.	
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS DE CUMPLIMIENTO**
	• Registros fotográficos • Seguimiento al aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición de las obras de infraestructura. • Control de materiales. • Control de residuos de construcción y demolición – RCD. • Planilla control disposición de residuos de construcción y demolición. • Certificados de RCDs otorgados por los gestores • Formatos Reciclaje • Certificados entrega de Reciclaje • Certificados entrega de Residuos peligrosos

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Puntos ecológicos	Identificar la cantidad de puntos ecológicos instalados conforme a las necesidades del proyecto.	100%	$\frac{N° \text{ de puntos ecologicos activos en el mes}}{N° \text{ de puntos ecologicos requeridos en el mes}} * 100\%$	Mensual
Manejo de RCDs	Verificar el volumen de RCDs generados Vs cantidad reportada en las certificaciones	100%	$\frac{Volumen \text{ de RCDs certificados en el mes}}{Volumen \text{ de RCDs generados en el mes}} * 100\%$	Mensual
Manejo de RESPEL	Verificar el volumen de RESPEL generado en el trimestre Vs volumen de RESPEL certificado	100%	$\frac{Volumen \text{ de RESPEL certificado en el trimestre}}{Volumen \text{ de RESPEL generados en el trimestre}} * 100\%$	Trimestral

COMPONENTE B3 – MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS				**Código: CB3**
Manejo de residuos reciclables	Verificar el volumen de reciclaje generados en el trimestre Vs volumen de reciclaje reportado en las certificaciones	100%	$\frac{Volumen\ de\ residuos\ reciclables\ certificados}{Volumen\ de\ residuos\ reciclables\ generados} * 100\%$	Trimestral
Quejas y reclamos de la comunidad	Presentar 0 quejas por manejo inadecuado de residuos solidos	>90%	$Quejas\ y\ reclamos\ de\ la\ comunidad$ Por manejo inadecuado de residuos sólidos $= 0$	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	ene-27	feb-27	mar-27	abr-27	may-27	jun-27	jul-27	ago-27
Puntos ecológicos	X	X	X	X	X	X	X	X
Manejo de RCDs	X	X	X	X	X	X	X	X
Manejo de RESPEL			X			X		
Manejo de residuos reciclables			X			X		
Quejas y reclamos de la comunidad	X	X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE B4 – CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS								Código: CB4
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**		**Mitigación**		**Compensación**	

OBJETIVO:

Identificar las principales fuentes de emisión de contaminación atmosférica causadas por el desarrollo de las obras del Contrato, de tal modo se implementen las medidas ambientales propuestas para evitar dispersión del material particulado y emisión de gases contaminantes que causen efectos adversos a la calidad de aire de Bogotá y efectos perjudiciales a la salud de los trabajadores y de la comunidad aledaña al proyecto. Adicionalmente se pretende realizar seguimiento a la generación de ruido el cual se encuentre dentro de los niveles máximos permitidos por la normativa ambiental emitida por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial.

ACCIONES A DESARROLLAR

El proyecto no requerirá la instalación de planta de asfalto u otro tipo de planta que requiera el trámite del permiso de emisiones atmosféricas. En este sentido, los insumos de material para la obra que requieran este trámite serán obtenidos a través de proveedores que cumplan con la normatividad ambiental vigente.

A continuación, se presentan las medidas a implementar para el control del material particulado y ruido ambiental que pueda generarse durante el desarrollo de las obras.

Cerramiento frente de obra y dispersión de material particulado

Como medida para controlar el material particulado que se disperse de las actividades constructivas, se contempla el uso de polisombra en los frentes de obra. Esta medida ayuda a que este material particulado no se disperse y evite afectación a la comunidad aledaña y personal de obra

Vías de acceso limpias

Considerando el tránsito de volquetas y vehículos para la provisión de materiales constructivos y la recolección de RCDs, se dispondrá de un sistema que realice el lavado a las llantas de las volquetas para que no dispersen el material generado por excavaciones y material granular utilizado para las obras, que al transitar puede quedar depositado en las diferentes vías y ocasionar dispersión generando molestias y afectación a la comunidad del área de influencia, peatones y demás personal que transite por el área. El procedimiento para mantener las vías limpias se realizará a través de un barrido especial con cepillos de alta densidad para el retiro del material de gran tamaño, posterior a ello mediante limpieza manual de llantas realizada por el BOAL el cual retirará el material particulado de menor tamaño.

RECURSOS	PERSONAL RESPONSABLE
• Poli sombra y parales • Plástico y/o geotextil • Compresor mecánico. • Equipo para el lavado de llantas.	• Ingeniero Residente de Obra • Profesional Forestal • Residente SST • Residente Ambiental • Biólogo • BOAL- Brigada de Orden y Aseo
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	• Registro fotográfico • Formato Control uso del agua en obra

COMPONENTE B4 – CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	**Código: CB4**

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Quejas y reclamos por parte de la comunidad	Mantener a 0 quejas y reclamos de la comunidad producto de emisiones de material particulado	>90%	$Quejas\ y\ reclamos\ de\ la\ comunidad\ por\ afectaciones\ por\ materiale\ particulado = 0$	Mensual
Quejas y reclamos por parte de la comunidad	Mantener a 0 quejas y reclamos de la comunidad producto del ruido ambiental	>90%	$Quejas\ y\ reclamos\ de\ la\ comunidad$ Producto de ruido ambiental = 0	Mensual
Seguimiento de la humectación	Realizar las humectaciones requeridas a materiales y RCD en obra	>90%	$\frac{N°\ de\ humectaciones\ realizadas\ en\ el\ mes}{N°\ de\ humectaciones\ requeridas\ en\ el\ mes} * 100$	Mensual
Verificación volquetas carpadas	Verificar que las volquetas que transportan materiales RCD estén debidamente carpadas	100%	$\frac{N°\ vehiculos\ carpados}{N°\ de\ vehiculos\ utilizados} * 100\%$	Mensual
Seguimiento de la humectación	Realizar las humectaciones requeridas a materiales y RCD en obra	>90%	$\frac{N°\ de\ humectaciones\ realizadas\ en\ el\ mes}{N°\ de\ humectaciones\ requeridas\ en\ el\ mes} * 100$	Mensual
Verificación volquetas carpadas	Verificar que las volquetas que transportan materiales RCD estén debidamente carpadas	100%	$\frac{N°\ vehiculos\ carpados}{N°\ de\ vehiculos\ utilizados} * 100\%$	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	ene-27	feb-27	mar-27	abr-27	may-27	jun-27	jul-27	ago-27
Quejas y reclamos por parte de la comunidad	X	X	X	X	X	X	X	X
Quejas y reclamos por parte de la comunidad	X	X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE B4 – CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS								**Código: CB4**
Seguimiento de la humectación	X	X	X	X	X	X	X	X
Verificación volquetas carpadas	X	X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE B5 – MANEJO INTEGRAL DE CUERPOS DE AGUA Y SUMIDEROS								**Código: CB5**
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**		**Mitigación**		**Compensación**	

OBJETIVO:

Proteger las obras hidráulicas existentes como sumideros, redes de alcantarillado en el área de intervención

ACCIONES A DESARROLLAR

A continuación, se presentan las medidas de manejo ambiental, tendientes a la protección los cuerpos de agua y obras hidráulicas presentes o cercanas al área del proyecto:

Protección de sumideros y alcantarillas

Durante la presente fase se realizó la identificación de los sumideros y alcantarillas existentes en el área de intervención, con el fin de establecer su ubicación espacial y condiciones generales. En la cartografía del punto de intervención, el símbolo identifica la ubicación de los sumideros, contando un total de dos sumideros identificados.

No obstante, previo al inicio de las labores constructivas, se deberá realizar nuevamente el inventario de sumideros y alcantarillas, verificando y actualizando su ubicación, cantidad y condiciones físicas, con el propósito de establecer el estado previo al inicio de la obra y contar con información actualizada para el seguimiento durante la ejecución del proyecto

Cabe precisar, que los materiales utilizados para construcción como arenas, cemento, etc. y los acopios de RCDs, estarán cubiertos y protegidos de agentes climáticos como lluvias y fuertes vientos, evitando la dispersión del material particulado y sumideros del área de intervención, sin embargo, como mayor medida de construcción, estos serán protegidos con malla sintética y las cajas de inspección se protegerán mediante tablones para evitar ingreso y colmatación de cualquier tipo de residuo o material constructivo o de RCD.

Igualmente, las áreas de acopio temporal de material granular serán acordonadas con sacos de fibra rellenos con el fin de dar manejo adecuado de las aguas de escorrentía durante los eventos de lluvia e impida o reduzca el arrastre de sedimentos a los sumideros u otras obras de manejo de aguas.

Igualmente se dispondrán de barreras en los sumideros cercanos a los sitios de almacenamiento y acopios temporales de materiales con el fin de retener los sedimentos que puedan ser arrastrados por la lluvia.

Una vez finalicen las actividades constructivas en el área, se retirará la malla y/o tablón y se tomará registro fotográfico del estado final.

Los sumideros serán limpiados mensualmente en época seca y semanalmente en época de lluvias. Es decir, los meses más lluviosos que corresponden a: abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y

COMPONENTE B5 – MANEJO INTEGRAL DE CUERPOS DE AGUA Y SUMIDEROS	Código: CB5

noviembre se realizarán limpiezas semanales y durante los meses secos diciembre, enero, febrero, marzo y julio se realizará limpieza mensual.

RECURSOS	PERSONAL RESPONSABLE
• Poli sombra • Plástico y/o geotextil	• Director de Obra • Residente Ambiental
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	• Formato de Inventario Inicial y Final de Sumideros y Obras Hidráulicas (con registro fotográfico). • Lista de Chequeo de Verificación y Protección de Sumideros. • Planilla de Registro de Limpieza y Mantenimiento Periódico de Sumideros. • Formato de Reporte y Atención de Derrames Accidentales

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Limpieza de sumideros	Realizar seguimiento a los sumideros que requieren ser limpiados en el mes	100%	$\frac{N° \text{ de sumideros limpios en el mes}}{N° \text{ de sumideros que requieren limpieza en el mes}} * 100\%$	Mensual
Protección de sumideros	Realizar verificación y protección a sumideros intervenidos en el mes	100%	$\frac{N° \text{ de sumideros protegidos en el mes}}{N° \text{ de simideros que requieren proteccion en el mes}} * 100\%$	Mensual
Derrames accidentales	Atención a los derrames presentados en el mes	100%	$\frac{N° \text{ de derrames atendidos en le mes}}{N° \text{ de derrames presentados en el mes}} * 100\%$	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	ene-27	feb-27	mar-27	abr-27	may-27	jun-27	jul-27	ago-27
Limpieza de sumideros	X	X	X	X	X	X	X	X
Protección de sumideros	X	X	X	X	X	X	X	X
Derrames accidentales	X	X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE C1 – MANEJO DE LA VEGETACIÓN								Código: CC1
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	X

OBJETIVO:

Establecer e implementar las medidas de manejo ambiental necesarias para la vegetación objeto de remoción y para las zonas verdes y especies arbóreas que permanecerán dentro o en cercanía al área de influencia del proyecto, con el fin de prevenir, mitigar y compensar los impactos generados sobre los componentes de flora y paisaje. Lo anterior mediante la protección de la cobertura vegetal existente, la ejecución de buenas prácticas de manejo durante las actividades constructivas y la compensación del aprovechamiento forestal a través de procesos de arborización y restauración bajo criterios ecológicos.

ACCIONES A DESARROLLAR

Actividades previas al inicio de las actividades constructivas:

- Realizar la identificación, localización y señalización de los individuos arbóreos, arbustivos y demás coberturas vegetales presentes dentro del área de intervención y en las zonas aledañas que requieran protección.
- Delimitar y demarcar las áreas autorizadas para intervención, así como las zonas de protección de la vegetación que permanecerá en el proyecto.
- Verificar el estado fitosanitario de los individuos vegetales objeto de conservación y de aquellos autorizados para aprovechamiento forestal.
- Gestionar y obtener los permisos, autorizaciones o actos administrativos requeridos por la autoridad ambiental competente para el aprovechamiento forestal, traslado, poda o cualquier otra intervención sobre la vegetación.
- Socializar con el personal de obra las medidas de manejo ambiental, los procedimientos de protección de la vegetación existente.
- Realizar el inventario y registro fotográfico de la vegetación existente antes del inicio de las actividades constructivas, como soporte para el seguimiento y control ambiental del proyecto.
- Verificar que las actividades de intervención vegetal se desarrollen conforme a las especificaciones técnicas, ambientales y normativas aplicables.

Actividades durante la ejecución de las obras

- Ejecutar las actividades de tala, poda, traslado o manejo silvicultural únicamente sobre los individuos autorizados.

COMPONENTE C1 – MANEJO DE LA VEGETACIÓN	Código: CC1

- Mantener en buen estado las medidas de protección instaladas para la vegetación a conservar.
- Evitar el almacenamiento de materiales, disposición de residuos, vertimiento de sustancias o tránsito de maquinaria sobre las zonas verdes protegidas.
- Realizar el manejo adecuado del material vegetal generado, priorizando su aprovechamiento cuando sea técnicamente viable.
- Efectuar inspecciones periódicas para verificar el estado de la vegetación protegida y la efectividad de las medidas implementadas.

Actividades posteriores a la construcción

- Retirar los elementos temporales de protección una vez finalicen las actividades que representen riesgo para la vegetación.
- Ejecutar las medidas de compensación forestal y arborización establecidas para el proyecto.
- Realizar mantenimiento y seguimiento a los individuos plantados durante el periodo definido por la autoridad ambiental o por el proyecto.
- Evaluar la efectividad de las medidas implementadas y documentar los resultados obtenidos.
- Consolidar los registros y soportes de cumplimiento para la elaboración de los informes ambientales correspondientes.

RECURSOS	PERSONAL RESPONSABLE
• Elementos para actividades de tala. • Pintura de color rojo. • Malla azul de cerramiento, parales en madera. • Elementos de señalización SST.	• Profesional Forestal • Residente Ambiental
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	• Formato de actividades de tala. • Formato de inspección de actividades de manejo de vegetación. • Formato de actividades de arborización y mantenimiento.

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Tala de arboles	Realizar el control de los árboles talados, que cuenten con el permiso respectivo	Realizar la tala de solo árboles autorizados.	(N° de árboles talados con autorización previa / N° total de árboles talados en obra) × 100	Cuando se requiera

COMPONENTE C1 – MANEJO DE LA VEGETACIÓN				**Código: CC1**
Bloqueo y Traslado de árboles	Realizar de manera adecuada el bloqueo y traslado.	Realizar el 100% de los bloqueos requeridos por el proyecto	(N° de árboles bloqueados y trasladados según protocolo / N° total de árboles autorizados para traslado) × 100	Cuando se requiera
Conservación de árboles a permanecer.	Verificar y garantizar la protección física, aislamiento y buen estado de conservación de los árboles a mantener.100% de árboles a conservar protegidos y sin afectaciones por la obra	Verificar y garantizar la protección física, aislamiento y buen estado de conservación de los árboles a mantener.100% de árboles a conservar protegidos y sin afectaciones por la obra	(N° de árboles a conservar protegidos e intactos / N° total de árboles a conservar en el área de obra) × 100	Cuando se requiera
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN				
Solo se realizarán las actividades cuando se requiera en el contrato de obra				

COMPONENTE B6 – MANEJO DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS								**Código: CB6**
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	X

OBJETIVO:

Prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales negativos derivados de la operación, tránsito y mantenimiento de vehículos y maquinaria (emisiones atmosféricas, generación de ruido, riesgo de fugas/derrames de hidrocarburos y afectación a la movilidad).

ACCIONES A DESARROLLAR

Inspección y Control Técnico-Mecánico:

• Todo vehículo o maquinaria que ingrese a la obra debe contar con la certificación vigente de Revisión Técnico-Mecánica y de Gases expedida por un Centro de Diagnóstico Automotriz autorizado.

• Realizar inspecciones preoperacionales diarias mediante lista de chequeo antes del inicio de actividades para verificar frenos, luces, fugas de fluidos, orugas/llantas y sistemas hidráulicos.

Mantenimiento y Abastecimiento:

• Queda estrictamente prohibido realizar labores de mantenimiento preventivo/correctivo o lavado de maquinaria dentro del frente de obra. Estas actividades se realizarán exclusivamente en talleres y lavaderos externos autorizados.

• En caso de reparaciones de emergencia en sitio, se usará obligatoriamente una bandeja recolectora impermeabilizada y un kit antiderrames siguiendo el siguiente protocolo.

COMPONENTE B6 – MANEJO DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS	**Código: CB6**



Fuente: Consorcio Preservar,2026.

Operación y Tránsito:

• La velocidad máxima de circulación dentro de la vía de acceso será de 20 km/h.

• Apagado obligatorio de motores cuando los vehículos o maquinaria permanezcan estacionados o en tiempos de espera superiores a 5 minutos.

• Transitar con volquetas y transportadores de material con la carga cubierta en su totalidad por carpa o lona impermeable y ajustada, manteniendo un borde libre mínimo de 30 cm.

RECURSOS	**PERSONAL RESPONSABLE**
• Señalizaciones • Kit antiderrame • Poli sombra y parales	• Director de Obra • Residente Ambiental • Inspector SST • Operadores y Conductores
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	• Preoperacional diario de maquinaria y vehículos. • Certificados de Revisión Técnico-Mecánica y Gases.

COMPONENTE B6 – MANEJO DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS	**Código: CB6**
	• Planilla de control de ingreso de maquinaria. • Inspección ambiental de frentes de trabajo.

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	Descripción	Meta	Formula	Periodicidad
Inspección Preoperacional de Maquinaria	Realizar el control de los árboles talados, que cuenten con el permiso respectivo	100%	(N° de preoperacionales realizados en el mes / N° de preoperacionales programados) × 100	Mensual
Cumplimiento Certificaciones de Gases	Realizar de manera adecuada el bloqueo y traslado.	100%	(N° de vehículos con certificado vigente / N° total de vehículos operando en obra) × 100	Mensual
Atención de Derrames Accidentales	Control y atención inmediata de derrames causados por falla o fuga de fluidos de maquinaria.	100%	(N° de derrames atendidos conforme a protocolo / N° total de derrames presentados) × 100	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	ene-27	feb-27	mar-27	abr-27	may-27	jun-27	jul-27	ago-27
Inspección Preoperacional de Maquinaria	X	X	X	X	X	X	X	X
Cumplimiento Certificaciones de Gases	X	X	X	X	X	X	X	X
Atención de Derrames Accidentales	X	X	X	X	X	X	X	X

COMPONENTE B7 – MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS EN OBRA								**Código: CB7**
Tipo de medida	**Corrección**		**Prevención**	**X**	**Mitigación**	**X**	**Compensación**	X

OBJETIVO:

Prevenir la contaminación del suelo, cuerpos de agua y redes de alcantarillado público mediante la adecuada recolección, tratamiento preliminar, manejo y disposición final de las aguas residuales domésticas, no domésticas y residuos líquidos peligrosos (oleosos) generados en la obra.

ACCIONES A DESARROLLAR

Manejo de Aguas Residuales Domésticas:

- Instalación de baterías sanitarias portátiles en cantidad suficiente (mínimo 1 unidad por cada 15 trabajadores), ubicadas en sitios accesibles, sobre colectores impermeables y alejadas de cuerpos de agua o sumideros.
- Contratación del servicio de limpieza, succión y disposición final de lodos sanitarios con una empresa ambientalmente autorizada, la cual entregará el certificado respectivo.
- Se prohíbe la disposición de aguas residuales domésticas en el suelo, en redes de drenaje de aguas lluvias, sumideros, cunetas, cuerpos de agua superficiales, zonas verdes o cualquier otro punto no autorizado.
- Las baterías sanitarias deberán recibir mantenimiento y limpieza periódica, garantizando condiciones higiénicas adecuadas y evitando reboses, malos olores o fugas.
- Se realizará inspección frecuente del estado de funcionamiento de los sanitarios portátiles, verificando su estabilidad, limpieza, nivel de llenado y ausencia de derrames.
- Se implementará señalización visible en el área de ubicación de los sanitarios, indicando su uso exclusivo para el personal autorizado y las prohibiciones ambientales aplicables.
- El personal de obra recibirá capacitación sobre el uso adecuado de los sanitarios portátiles, el manejo higiénico de residuos y la prohibición de vertimientos no autorizados.
- En caso de presentarse fugas, reboses o derrames, se activará de inmediato el procedimiento de atención de incidentes ambientales, incluyendo contención, limpieza y reporte al responsable ambiental de obra.
- Se llevará registro de las actividades de mantenimiento, succión, transporte y disposición final de los residuos generados, como soporte del seguimiento ambiental del proyecto.
- Cuando la obra cuente con conexión temporal o definitiva a red sanitaria autorizada, se verificará que las descargas se realicen únicamente al sistema aprobado y conforme a la normativa vigente.

Manejo de Residuos Líquidos Peligrosos (RESPEL):

- Disposición de aceites usados, agua con hidrocarburos o lubricantes en tambores o canecas herméticas, rotuladas e instaladas dentro del acopio temporal de RESPEL con dique de contención.

- Entrega de residuos líquidos peligrosos exclusivamente a un gestor ambiental con licencia para transporte y tratamiento/disposición final, exigiendo el manifiesto de carga y certificado final.

COMPONENTE B7 – MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS EN OBRA	**Código: CB7**

- Se prohíbe la disposición de cualquier tipo de líquido en redes de drenaje de aguas lluvias, sumideros, cunetas, cuerpos de agua superficiales, zonas verdes o cualquier otro punto no autorizado.

RECURSOS	**PERSONAL RESPONSABLE**
• Señalizaciones • Kit antiderrame • Poli sombra y cinta amarilla de cerramiento.	• Director de Obra • Residente Ambiental • Residente SST
COSTOS ASOCIADOS	**REGISTROS ASOCIADOS**
	• Certificados manejo aguas baños portátiles. • Manifiestos de transporte y certificados de disposición final de RESPEL líquidos. • Registro de inspección técnica de trampas de grasa y desarenadores. • Registro de atención de contingencias por derrames líquidos.

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Nombre	**Descripción**	**Meta**	**Formula**	**Periodicidad**
Mantenimiento de Baños Portátiles	Verificar la frecuencia y ejecución de limpiezas/succiones programadas para baños portátiles.	100%	(N° de mantenimientos ejecutados a baños / N° de mantenimientos programados) × 100	Mensual
Certificación de Residuos Líquidos Peligroso	Garantizar que el 100% de los residuos líquidos oleosos o peligrosos retirados cuenten con certificado de disposición final.	100%	(N° de certificados de disposición recibidos / N° de entregas realizadas a gestor) × 100	Mensual

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividad	**ene-27**	**feb-27**	**mar-27**	**abr-27**	**may-27**	**jun-27**	**jul-27**	**ago-27**
Mantenimiento de Baños Portátiles	X	X	X	X	X	X	X	X
Certificación de Residuos Líquidos Peligroso	X	X	X	X	X	X	X	X

8.10 CONCLUSIONES

- En términos generales, la evaluación ambiental del escenario con proyecto evidencia una predominancia de impactos irrelevantes, con 30 de los 37 impactos identificados en esta categoría, incluyendo 2 impactos de carácter positivo. Los 7 impactos restantes corresponden a impactos moderados. Por lo anterior se refleja que los impactos asociados a la ejecución de las obras presentan, en su mayoría, un impacto ambiental irrelevante dentro del área de intervención.

- Las principales afectaciones ambientales identificadas durante la ejecución de las obras están relacionadas con la generación de material particulado, ruido y emisiones atmosféricas por el uso de maquinaria. Estas afectaciones se presentan en un área urbana altamente intervenida y corresponden principalmente a efectos asociados a las actividades constructivas.

- Frente al escenario sin proyecto, se mantiene la condición actual de inestabilidad del terreno y el movimiento en masa que afecta las viviendas ubicadas en la parte alta del sector. En este sentido, la ejecución de las obras, además de generar impactos puntuales durante la etapa constructiva, contempla un efecto favorable asociado a la mejora de la estabilidad del terreno y la disminución de las condiciones de riesgo sobre las viviendas y la comunidad del área de intervención.

- La zona de intervención del proyecto se encuentra localizada en suelo urbano, de acuerdo con la clasificación establecida en el Decreto Distrital 555 de 2021. Esto corresponde con las condiciones actuales del sector, caracterizado por un entorno urbano intervenido y con presencia de viviendas en el área de influencia de la obra.

- De acuerdo con las cantidades estimadas, los principales materiales requeridos corresponden al acero de refuerzo y concreto, mientras que los movimientos de tierra contemplan principalmente excavación en material común, excavación en roca y demolición controlada del muro existente. Estas actividades representan los principales componentes constructivos considerados dentro de la intervención.

- La revisión del área de intervención permite establecer que no se presenta traslape con áreas de interés ambiental ni con áreas destinadas a la protección ambiental. En este sentido, la intervención se desarrolla en un sector clasificado como suelo urbano y no se superpone con áreas que cuenten con figuras de protección ambiental identificadas para el área de estudio.

9 ANEXOS

A_CARTOGRAFIA

A.1.01_Contrato
A.1.02_Informe
A.1.03_Rinex
A.1.04_Calculos
A.1.05_Equipos_ET
A.1.06_Cert_Equipos
A.1.07_Crudos_Lev
A.1.08_Calculos_Lev
A.1.09_Nivelación
A.1.10_Verti_IGAC
A.1.11_Profesional
A.1.12_Reg_Foto
A.1.13_Planos
A.1.14_Otros
A.1.15_Metadatos
A.1.16_Aprobación_Otros

B_GEOLOGIA

B.1 Fotogeologia

C_AMBIENTAL_FORESTAL

2. FUN
2.1 Ficha 1
2.2 Ficha 2
2.3. Registro Fotográfico
2.4 Carteras
3. Cartografía
4. Memoria técnica
5. Fauna
7. Compensación
9. Fotocopia TP

E_GEOTECNIA

E.1 Plan Exploración
E.2 Registros de la exploración
E.3 Resultados de Laboratorio
E.4 Geofísica
E.6 Modelos
E.7 Amenaza
E.8 Diseño geotécnico

G_VULNERABILIDAD y RIESGO

G.1 Formatos de levantamiento en campo
G.2 Matriz Evaluación

J_DISEÑO ESTRUCTURAL

J.1 Memorias

K_GESTION PREDIAL

1. Documento técnico
Anexo 1- Resumen predial
Anexo 2- Plano predial
Anexo 3 – GDB
Anexo 4 - Información catastral
Anexo 5 - Anexos jurídicos -vur
Anexo 6 - Planos urbanísticos
Anexo 7 - Análisis de costos
Anexo 8 - Fichas prediales
Ortofoto

L_PRESUPUESTO_PES

L.1_Presupuesto
L.2_Especificaciones Técnicas
L.3_Cronograma
L.4_Proceso Constructivo

10 PLANOS

A-1. Planta Topográfica Porvenir
A-2. Perfiles Topográficos Porvenir
B-1. Mapa Geológico Local Porvenir

PES-B-02 Perfiles Geológicos - Porvenir de la Estancia II_V1
B-3. Mapa Geomorfológico Porvenir
C-1. Cobertura del Suelo
C-2. USO DEL SUELO
D-1. Mapa de Clima
E-2. Mapa Zonif Geotéc Detalle Porvenir
F-1. Mapa Zonif Amenza Escenario Actual
F-2. Mapa Zonif Amenza Escenario Futuro
G-1 Elem_Expuestos_Porvenir Estancia II
G-2. Vulnerabilidad_Actual_Porvenir Estancia II
G-3. Vulnerabilidad_Futura_Porvenir Estancia II
H-1. Mapa de Riesgo_Actual_Porvenir Estancia II
H-2. Mapa de Riesgo_Futuro_Porvenir Estancia II
I-1. Estructural planta perfil - E-01-M CONT PORVENIR
I.2.E-02 DETALLES ESTRUCTURALES
I-3. Porvenir_Diseño_Obras Hidráulicas
I-4. Propuesta Obras Urbanismo
J-1. Loc Instrumentación Geotécnica Porvenir
J-2. Gestión Predial
K.1. Mapa Zonif Amenza Obra Porvenir
K-2. ZONIFIC VULNERABILIDAD FISICA OBRAS
K-3. ZONIFIC RIESGO CON OBRAS
L-1. Inventario Forestal-Tratamiento